ПРОБЛЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИИ И СТЕПЕВЕДЕНИЯ

Том V



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ОРЕНБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ СТЕПИ

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИИ И СТЕПЕВЕДЕНИЯ

Том V

ПРОБЛЕМЫ СТЕПНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ: ОПТИМИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНЫХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ОРЕНБУРГ · 2025

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
URAL BRANCH
ORENBURG FEDERAL RESEARCH CENTER
INSTITUTE OF STEPPE

PROBLEMS OF THE GEOECOLOGY AND STEPPE SCIENCE

Volume V

PROBLEMS OF STEPPE NATURE MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF MODERN CHALLENGES: OPTIMIZATION OF THE INTERACTION OF NATURAL AND SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

ORENBURG · 2025

УДК 502.5:911.2
ББК 20.1:26.82
П78

Авторский коллектив:
А.А. Чибилёв, С.В. Левыкин, В.М. Павлейчик, Е.В. Барбазюк, Р.М. Безбородникова, Т.В. Березина, Д.В. Григоревский, О.А. Грошева, Ю.А. Гулянов, С.А. Дубровская, Г.Х. Дусаева, Н.В. Дусаева, Г.В. Казачков, О.Г. Калмыкова, Н.О. Кин, Е.Н. Кузьмина, Т.В. Лебедева, Н.П. Левыкина, Д.С. Мелешкин, К.В. Мячина, Ю.А. Падалко, В.П. Петрищев, Д.Г. Поляков, О.С. Руднева, А.Г. Рябуха, Р.В. Ряхов, Е.З. Савин, Ж.Т. Сивохип, А.А. Соколов, О.В. Сорока, Л.М. Туктамышева, А.А. Чибилёв (мл.), А.Н. Щавелев, Э.Р. Языкбаев, И.Г. Яковлев

Ответственный редактор
академик РАН *А.А. Чибилёв*

Рецензенты:
член-корреспондент РАН, доктор географических наук *А.А. Тишков*
доктор биологических наук *А.В. Филиппова*

Проблемы геоэкологии и степеведения. Том V. Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем [Электронный ресурс] / Под ред. академика РАН А.А. Чибилёва. Оренбург: ИС УрО РАН, 2025. 396 с. URL: https://orensteppe.org/sites/default/files/problemi_geoekologii_i_stepevedeniy_tom_5_2025.pdf

ISBN 978-5-6051209-3-3

Коллективная монография подготовлена по результатам выполнения темы государственного задания Института степи УрО РАН «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» (2021-2025), относящейся к приоритетному направлению развития науки, технологий и техники Российской Федерации «Рациональное природопользование». Исследование направлено на разработку системы адаптивного природопользования в степных и лесостепных регионах России и Евразии в условиях климатических и антропогенных изменений. Полученные результаты базируются на знаниях, полученных в ходе оценки основных вызовов устойчивому экологическому и социально-экономическому развитию, современного состояния ландшафтов и биоты, последствий хозяйственной деятельности и тенденций изменения климата. На их основе разработаны концептуальные основы сбалансированного развития природных и социально-экономических систем, обеспечивающего их адаптацию к современным вызовам и глобальным изменениям.

Книга рассчитана на научных работников, специалистов, преподавателей, аспирантов и студентов географических, биологических и экологических специальностей.

Problems of geoecology and steppe studies. Volume V. Problems of steppe nature management in the context of modern challenges: optimizing the interaction of natural and socio-economic systems [Electronic resource] / Ed. Academician of RAS A.A. Chibilev. Orenburg: IS UB RAS, 2025. 396 p. URL: https://orensteppe.org/sites/default/files/problemi_geoekologii_i_stepevedeniy_tom_5_2025.pdf

The collective monograph was prepared based on the results of the implementation of the state assignment of the Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, "Problems of steppe management in the context of current challenges: optimization of interaction between natural and socio-economic systems" (2021-2025). This research is related to the priority areas of scientific, technological and technological development of the Russian Federation "Rational Use of Natural Resources". The goal is to develop a system for adaptive management of nature in the steppes and forest-steppes of Russia and Eurasia, considering both climatic and human factors. The research results are based on knowledge gained through assessment of key challenges to sustainable environmental and socioeconomic development, the current state of landscapes and biota, effects of economic activity, and trends in climate change. Based on these concepts, the conceptual foundations for balanced development of natural and socio-economic systems were developed, ensuring their adaptation to modern challenges and global changes. The book is intended for researchers, specialists, teachers, graduate students, and students of geographical, biological, and environmental specialities.

Team of authors:
A.A. Chibilev, S.V. Levykin, V.M. Pavleychik, E.V. Barbazyuk, R.M. Bezborodnikova, T.V. Berezina, D.V. Grigorevsky, O.A. Grosheva, Yu.A. Gulyanov, S.A. Dubrovskaya, G.Kh. Dusaeva, N.V. Dusaeva, G.V. Kazachkov, O.G. Kalmykova, N.O. Kin, E.N. Kuzmina, T.V. Lebedeva, N.P. Levykina, D. S. Meleshkin, K.V. Myachina, Yu.A. Padalko, V.P. Petrishchev, D.G. Polyakov, O.S. Rudneva, A.G. Ryabukha, R.V. Ryakhov, E.Z. Savin, Zh.T. Sivokhip, A.A. Sokolov, O.V. Soroka, L.M. Tuktamysheva, A.A. Chibilev (Jr.), A.N. Shchavelev, E.R. Yazykbaev, I.G.Yakovlev

Editor-in-Chief
Academician of RAS *A.A. Chibilev*

Reviewers:
Corresponding Member of RAS, Doctor of Geographical Sciences *A.A. Tishkov*
Doctor of Biological Sciences *A.V. Filippova*

© Авторы, 2025
© ИС УрО РАН, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие **8**

Глава 1. Последствия реализации аграрных мегапроектов как вызов устойчивому экологическому и социально-экономическому развитию степных регионов Северной Евразии *(Левыкин С.В., Гулянов Ю.А., Казачков Г.В., Яковлев И.Г., Грошева О.А., Левыкина Н.П.)* **14**

1.1. Степные аграрно-социальные мегапроекты и их последствия 14

1.1.1. Концепции обустройства степных агроландшафтов и управления стоком в аграрно-социальных мегапроектах 14

1.1.2. Целинный мегапроект и земельная реформа как глобальный эксперимент самовосстановления степей Северной Евразии 20

1.2. Целинные кампании XXI века 28

1.3. Географические аспекты постаграрного и постселитебного наследия степей: динамика, трансформация, проблемы и перспективы реставрации 31

1.4. История и специфика земледельческого освоения степного региона на примере Оренбургской области 41

1.5. Агроэкологические трансграничные проблемы мигрирующей волго-уральской популяции сайги 47

1.6. Культурная, этическая и нравственная проблемы отношения общества к степи 54

1.7. Современные климатические и технологические вызовы устойчивому земледельческому использованию сельскохозяйственных угодий 61

Глава 2. Проблемы устойчивого экологического и социально-экономического развития степных регионов России в условиях климатических и антропогенных изменений **72**

2.1. Современное состояние ресурсов речного стока и проблемы гарантированного водообеспечения в бассейне реки Урал *(Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А.)* 72

2.1.1. Пространственно-временные закономерности многолетней динамики речного стока 72

2.1.2. Современные тенденции внутригодового распределения речного стока 80

2.1.3. Пространственная дифференциация водно-ресурсного потенциала 89

2.1.4. Региональные особенности использования водных ресурсов 96

2.2. Российско-Казахстанские трансграничные водоемы: типология, динамика, хозяйственное значение. Анализ многолетней динамики русловых деформаций среднего течения р. Урал *(Падалко Ю.А., Чибилёв А.А.)* 103

2.3. Степные пожары как вызов устойчивому экологическому развитию степных регионов Северной Евразии 111

2.3.1. Региональные особенности развития пожаров в степях Северной Евразии *(Павлейчик В.М., Падалко Ю.А.)* 111

2.3.2. Метеоклиматические условия и факторы формирования пожароопасных обстановок в Заволжско-Уральском регионе *(Павлейчик В.М., Языкбаев Э.Р.)* 116

2.3.3. Особенности реализации пожароопасных обстановок *(Павлейчик В.М., Языкбаев Э.Р.)* 121

2.3.4. Динамика запасов надземной фитомассы и интенсивность продукционно-деструкционных процессов в степных фитоценозах «Буринской степи» (заповедник «Оренбургский») после пожара *(Дусаева Г.Х., Калмыкова О.Г., Дусаева Н.В.)* 125

2.4. Ландшафтное и биологическое разнообразие степных регионов как индикаторы устойчивого развития 131
2.4.1. Посткриогенные образования в рельефе степной зоны Заволжско-Уральского региона *(Рябуха А.Г., Поляков Д.Г.)* 131
2.4.2. Современное состояние флор степных и лесостепных боров Русской равнины на южном пределе распространения *Pinus sylvestris* L. в условиях природно-климатических и антропогенных изменений *(Кин Н.О.)* 141
2.4.3. Природные и антропогенные факторы современного состояния авифауны степного и лесостепного Предуралья *(Барбазюк Е.В.)* 146
2.4.4. Популяционные показатели, численность и пространственное распределение степного сурка на участках заповедника «Оренбургский» *(Сорока О.В.)* 151
2.5. Арахноэнтомозы как экологический фактор риска для домашних и диких животных *(Кузьмина Е.Н.)* 157
2.6. Проблемы устойчивости плодовых насаждений в степных регионах. Устойчивые виды рода *Malus* Mill. в Оренбургском регионе *(Савин Е.З., Березина Т.В.)* 163

Глава 3. Природно-техногенные геосистемы как фактор формирования современных экологических и социально-экономических вызовов 181
3.1. Анализ состояния климаторегулирующих параметров в исходных и природно-техногенных геосистемах Волго-Уральского степного региона *(Мячина К.В., Щавелев А.Н., Безбородникова Р.М., Ряхов Р.В., Дубровская С.А.)* 181
3.1.1. Изменения вещественно-энергетических потоков в исходных и природно-техногенных степных геосистемах 181
3.1.2. Пространственно-временная динамика поглотительной способности степных равнинных ландшафтов в отношении диоксида углерода по сравнению с горно-лесостепными и горно-лесными ландшафтами 188
3.2. Методические подходы к геоинформационному анализу структурно-динамических особенностей формирования геоэкологической ситуации антропогенных ландшафтов степного региона *(Ряхов Р.В.)* 194
3.2.1. Геоинформационные методы анализа пространственной информации 194
3.2.2. Оценка структуры и динамики агроландшафтов 196
3.2.3. Динамика структуры ландшафтов на объектах недропользования 198
3.2.4. Дифференциация природно-антропогенной структуры Оренбургской области 202
3.3. Техногенные геосистемы рудных месторождений Оренбургской области: вторичная разработка и экологическая рекультивация *(Петрищев В.П.)* 209
3.3.1. Морфологическая структура техногенных ландшафтов медноколчеданных месторождений Оренбургской области 210
3.3.2. Факторы ландшафтной дифференциации природно-техногенных комплексов Блявинского месторождения 215
3.4. Геоэкологическая оценка потенциала комфортности и перспектив развития урбогеосистем степной зоны геоинформационными методами *(Дубровская С.А., Ряхов Р.В.)* 219
3.4.1. Разработка геоинформационного индекса потенциала комфортности городской среды 219
3.4.2. Варианты перспективного экологического развития городов степной зоны России 222

Глава 4. Современные экономико-географические проблемы пространственного развития степных регионов России **233**
4.1. Социально-экономическая устойчивость степных регионов к современным вызовам пространственного развития 233
4.1.1. Анализ глобальных рисков и тенденций влияния современных вызовов на пространственное развитие регионов степной зоны России *(Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Мелешкин Д.С.)* 233
4.1.2. Анализ уровня социально-экономической устойчивости степных регионов России к современным вызовам пространственного развития *(Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Мелешкин Д.С.)* 240
4.1.3. Дифференциация регионов степной зоны России по индикаторам устойчивого развития *(Чибилёв А.А. (мл.), Лебедева Т.В.)* 245
4.1.4. Использование природно-ресурсного потенциала и межрегиональная асимметрия устойчивого развития субъектов степной зоны России *(Чибилёв А.А. (мл.), Лебедева Т.В.)* 255
4.2. Оценка демографического потенциала регионов степной зоны России 262
4.2.1. Анализ демографической устойчивости регионов степной зоны России с учетом современных вызовов и изменений социально-экономической системы *(Руднева О.С., Соколов А.А.)* 262
4.2.2. Демографический потенциал регионов степной зоны как основа пространственного развития в условиях современных вызовов *(Руднева О.С.)* 265
4.2.3. Анализ репродуктивного поведения и прогноз рождаемости в степных регионах России *(Чибилёв А.А. (мл.), Туктамышева Л.М.)* 273
4.2.4. Пространственные особенности и закономерности современных демографических процессов в степных регионах России *(Руднева О.С., Соколов А.А.)* 283
4.3. Современное состояние и проблемы развития социально-экономического и природно-экологического каркасов степных субъектов Российской Федерации 290
4.3.1. Пространственно-временная связанность социально-экономического опорного каркаса регионов степной зоны в условиях современных вызовов *(Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В.)* 290
4.3.2. Опорный каркас транспортной инфраструктуры степной зоны России: современное состояние, проблемы модернизации и перспективы развития *(Соколов А.А., Руднева О.С.)* 298
4.3.3. Оценка степени интеграции элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов регионов степной зоны Европейской России *(Чибилёв А.А. (мл.), Лебедева Т.В.)* 302

Глава 5. Сценарии, принципы и механизмы адаптации степного землепользования к антропогенным и климатическим изменениям *(Левыкин С.В., Гулянов Ю.А., Казачков Г.В., Яковлев И.Г.)* **313**
5.1. Генеральные принципы степного землепользования: от классики к современности 313
5.2. Фундаментальные принципы институциональных основ оптимизации степного землепользования 317
5.3. Алгоритм адаптации степного землепользования к антропогенным и климатическим изменениям 327

5.4. Роль природоподобных агротехнологий в повышении адаптивности к изменяющемуся климату и смягчении экологической напряженности в агроландшафтах 333
5.5. Перспективные направления использования геоинформационных систем для повышения устойчивости полевых агроценозов, сохранения и рационального использования природных ресурсов 343

Заключение **352**

Список литературы **367**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Научные исследования по теме государственного задания «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» (2021-2025) относятся к приоритетному направлению развития науки, технологий и техники Российской Федерации «Рациональное природопользование» и направлены на актуализацию сведений об экологических и социально-экономических проблемах степных и лесостепных регионов Северной Евразии.

Актуальность проводимых исследований обусловлена тем, что степная и лесостепная зоны Северной Евразии имеют исключительно важное социальное, продовольственное, природоохранное и стратегическое значение для России и сопредельных стран. В связи с этим на фоне негативных климатических и антропогенных изменений в ближайшей перспективе следует ожидать нарастание проблем степного природопользования: а) антропогенная фрагментация и деградация условно-естественных и эталонных степных ландшафтов в результате воздействия различных видов антропогенной нагрузки, уничтожение очагов повышенного ландшафтного и биологического разнообразия; б) стихийное формирование обширных антропогенно-модифицированных пустошей на неиспользуемых землях, активизация природных пожаров и связанные с ними риски возникновения кризисных экологических и техногенных ситуаций; в) снижение плодородия земель в результате применения почвозатратных технологий; г) эколого-гидрологические проблемы, связанные с ростом потребностей в воде, регулированием речного стока и климатическими изменениями; д) проведение необоснованных мелиоративных мероприятий, особенно в связи с реализацией и незавершенностью природно-хозяйственных мегапроектов XX века; е) загрязнение природной среды, формирование техногенных ареалов загрязнения.

Перечисленные экологические проблемы сопровождаются дальнейшим развитием таких социально-экономических вызовов, как сжатие освоенного пространства; межрегиональные контрасты, приводящие к формированию депрессивных регионов; слабая инфраструктурная обустроенность; отсутствие сбалансированности природно-экологического и социально-экономического каркаса; формирование очагов экологических рисков.

Наиболее актуальной экологической проблемой остается продолжительное и повсеместное освоение пространства и природных ресурсов, сопровождающееся трансформацией ландшафтов, сокращением биологического разнообразия, ухудшением качества окружающей среды. Разработка долгосрочных планов развития степных регионов возможна лишь при наличии комплексного представления об эволюции, особенностях функционирования, структуре и динамике ландшафтов и биоты, а также об их отклике на внешние природные и антропогенные воздействия. Многолетние тенденции в изменении региональных климатических условий находят отражение в необходимости трансформации сложившихся систем использования водных и почвенно-биологических ресурсов. Оптимизация пространственной структуры, нормирование сельскохозяйственного и промышленного производства должны опираться на создание природно-экологического каркаса как основы устойчивого развития. Анализ комплекса параметров социально-экономического развития регионов степной зоны России, выявление причин их дифференциации позволит рассмотреть проблему целостности социально-экономического пространства, оценить направление и дать прогноз динамике и тенденциям происходящих процессов. Помимо степных и лесостепных регионов России, исследованиями охвачены трансграничные природные системы (в т.ч. речные бассейны), оценен опыт природопользования и особенности

формирования природно-хозяйственных систем в различных субъектах РФ, а также в приграничных регионах Республики Казахстан.

Заметим, что активная деятельность по охране природы конца XX века, несмотря на существенные результаты, не привела к коренному перелому негативных тенденций. Наряду с решением конкретных проблем выявляются новые, но по мере развития технологий и общего развития цивилизации появляются и новые возможности их решения. Фундаментальная наука играла и играет важнейшую роль в этих процессах. Российская академия наук, отметившая в 2024 г. свое трехсотлетие, традиционно уделяет большое внимание решению экологических и технологических проблем человечества.

На фоне роста количества личного автотранспорта, развития робототехники, компьютеризации и цифровизации всех сфер жизни продолжаются исследования по использованию возобновляемых источников энергии, однако главным источником энергии, как и во второй половине XX века, остаются углеводороды, использование которых является мощным источником поступления углекислого газа в атмосферу и, как следствие, влияния на климат. Соответственно, основные нефтедобывающие страны, в т.ч. Россия, несут особую ответственность за соблюдение и развитие экологически безопасных технологий добычи и переработки. В 2020-е годы к проблемам изменения климата добавилась проблема пандемий, которая, в свою очередь, обостряет спрос на сельхозпродукцию. Страны стремятся увеличивать запасы продовольствия, особенно главного продовольственного сырья: зерна, масличного сырья, которые производятся в основном в степной зоне.

Население планеты в 2022 г. превысило 8 млрд человек. Рыночный спрос на основные коммерческие культуры способствовал росту их валовых сборов, которые в мире приближаются к 3 млрд т. Россия также наращивает валовые сборы зерновых, которые уже превышают 150 млн т. Помимо роста культуры земледелия и технологий, в степной зоне повсеместно активизировалась распашка залежных земель и даже остатков целинных земель, в т.ч. в поймах рек.

В России разработан целый ряд государственных программ и проектов, как по восстановлению темпов экономического роста, росту производства зерновых и экспортного потенциала, так и направленных на охрану окружающей среды. Для степеведения важно то, что Россия поддерживает объявленное ООН Десятилетие восстановления экосистем, прежде всего на сельскохозяйственных землях, причем эти усилия прикладываются на фоне одновременно реализуемой «Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» (утверждена Постановлением Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731). Наиболее актуальной задачей фундаментальной науки является, с одной стороны, научное сопровождение этих важнейших для судеб степей проектов с разработкой рекомендаций по рациональному степному землепользованию, эффективному и устойчивому сохранению и восстановлению ландшафтного и биологического разнообразия степей как наиболее пострадавших и уязвимых, с другой стороны – решение такой фундаментальной проблемы, как совмещение проектов экономического роста и природоохранных проектов.

Сегодня как никогда актуально углубление двустороннего сотрудничества двух крупнейших степных стран мира, России и Казахстана, в сферах науки, торговли, туризма, промышленности, сельского хозяйства. Особую важность имеет развитие российских и казахстанских школ степеведения, их привлечение к разработке научных основ построения «зеленой» экономики и достижению устойчивого землепользования.

Поставленные задачи и соответствующие им результаты сгруппированы по тематическому признаку в соответствующие главы и разделы.

Глава 1 «**Последствия реализации аграрных мегапроектов как вызов устойчивому экологическому и социально-экономическому развитию степных регионов Северной Евразии**» обобщает результаты исследований, направленных на оптимизацию степного природопользования и разработку мер по снижению неблагоприятных последствий климатических изменений.

Вводный раздел содержит сведения об этапах освоения степей Северной Евразии и связанных с ними этапах формирования степеведческой науки. Уточнено место степеведения в системе научных и практических дисциплин, определен перечень основных задач. Более подробно этапы и особенности земледельческого освоения целинных степей рассмотрены на примере Оренбургской области, а особенности расселения – на примере Тюльганского района. Решению одного из непрогнозируемых кризисов охраны природы посвящена разработка концептуальных основ интеграции основных мигрирующих популяций сайгака в современный агроландшафт в рамках «Стратегии сохранения сайгака в РФ». Нашла дальнейшее развитие концепция эколого-экономической эффективности земледелия в свете государственной программы вовлечения земель в пахотный оборот, известной как «Целина-2». Проблемам оптимизации земледельческого освоения степных регионов посвящены разделы, связанные с развитием представлений, научным обоснованием и оценкой роли природоподобных агротехнологий в повышении адаптивности к изменяющемуся климату и смягчении последствий его изменений. Указывается необходимость совершенствования методических и технологических подходов к использованию геоинформационных систем для повышения эффективности использования природных ресурсов в агротехнологиях степных и лесостепных регионов РФ. Особое внимание было уделено изучению и новой оценке последствий реализации крупнейших аграрно-социальных мегапроектов в степях Евразии, включая прогноз последствий современных при различных сценариях: негативном, умеренном, позитивном. На фоне и с учетом современных тенденций изменения климата в степной зоне, прежде всего аридизации, разработаны сценарии, принципы и механизмы адаптации степного землепользования и дальнейшего развития современных интенсивных природоподобных технологий степного земледелия.

Глава 2 «**Проблемы устойчивого экологического и социально-экономического развития степных регионов России в условиях климатических и антропогенных изменений**» посвящена решению важных для степных регионов Евразии и РФ проблем изучения и сохранения ландшафтного и биологического разнообразия, вопросам многообразных последствий изменения климата, а также выявлению морфолого-генетической и динамической структуры степных ландшафтов.

Вводный раздел обобщает результаты одного из постоянных научных направлений института, раскрывающие проблемы изучения водного режима рек степных регионов, выявления причин пространственно-временной неоднородности стока и разработки систем оптимального использования водных ресурсов. Полученные результаты географо-гидрологических исследований относятся, главным образом, к трансграничному бассейну р. Урал. Также заложено начало аналогичных изысканий по бессточной области Урало-Эмбенского междуречья. С учетом трансграничного (российско-казахстанского) положения речных бассейнов продолжены исследования русловой динамики – проведен анализ многолетней динамики русловых деформаций на реках Урал, Тобол и их притоках, а также положения государственных границ по акваториям многочисленных озер юга Западной Сибири.

Продолжающиеся пирогеографические исследования были направлены на выявление региональных (широтно-зональных и секторальных) особенностей формирования пожарных обстановок и многолетней динамики травяных пожаров в степях, лесостепях и пустынях Северной Евразии. Значительный блок исследований был посвящен оценке вклада метеорологических условий в реализацию пожарных

обстановок, а также выявлению современных тенденций в региональном климате. Также тематике степных пожаров посвящены многолетние мониторинговые исследования растительного покрова на заповедном участке Буртинская степь.

Ряд направлений был связан с изучением островных боров – оценена их роль в качестве факторов формирования и сохранения фиторазнообразия степных и лесостепных ландшафтов Северной Евразии. На примере Бузулукского бора продолжена оценка флористического разнообразия естественных лесных сообществ и искусственных насаждений, расширен спектр дендрохронологических изысканий, выявлены факторы сокращения численности ключевых видов орнитофауны. На основе ретроспективных данных по Буртинской степи оценено современное состояние популяции, уровень воспроизводства и многолетняя динамика численности степного сурка в условиях заповедного режима. Ландшафтоведческое направление представлено выявлением диагностических признаков почв, сформировавшихся в условиях криогенеза, особенностей температурного режима «меловых полигонов», морфолого-динамических аспектов образования эоловых форм рельефа. Значимое практическое применение имеют разноплановые исследования в части поиска форм плодовых культур, адаптированных к экстремальным условиям степей Заволжья.

Глава 3 «**Природно-техногенные геосистемы как фактор формирования современных экологических и социально-экономических вызовов**» содержит результаты, отражающие оценку угроз со стороны отдельных видов техногенного воздействия на ландшафты и изучение некоторых геоэкологических последствий функционирования природно-техногенных геосистем степной и лесостепной зон.

Открывает главу раздел, посвященный анализу состояния климаторегулирующих параметров исходных и природно-техногенных геосистем Волго-Уральского степного региона. Исследовалась трансформация элементов вещественно-энергетических потоков, с анализом пространственной автокорреляции ряда климаторегулирующих характеристик и многофакторным моделированием концентрации одного из основных средообразующих параметров – атмосферного диоксида углерода. Для выявления особенностей поглотительной способности степных ландшафтов в отношении диоксида углерода изучались равнинные ландшафты Южного Предуралья в центральной части Оренбургской области в сравнении с предгорными лесостепными и горнолесными ландшафтами низкогорий и среднегорий Северного Кавказа (Чеченская Республика).

В следующем разделе предлагается авторский алгоритм методических подходов, позволяющий осуществить геоинформационный анализ структурно-динамических особенностей формирования геоэкологической ситуации в антропогенных ландшафтах степного региона. Используется комплекс методов обработки данных дистанционного зондирования Земли с последующей тематической классификацией и кластеризацией территории региона.

Третий раздел охватывает аспекты геоэкологического анализа состояния техногенных геосистем рудных месторождений в аспекте экологической оптимизации недропользования и включает изучение морфологической структуры медно-колчеданных месторождений и факторов их ландшафтной дифференциации. Сопоставляются и классифицируются по структурным признакам техно-геосистемы медно-колчеданных месторождений восточной части Оренбургской области; с использованием геохимического профилирования, георадарной съемки и данных дистанционного зондирования выявляется динамика компонентов техногенных геосистем рудных месторождений.

В четвертом разделе главы представлены авторские подходы и результаты геоэкологической оценки потенциала комфортности и перспектив развития урбогеосистем степной зоны. Систематизированы теоретико-методологические основы

и разработан алгоритм оптимизации ландшафтного обустройства урбогеосистем степной зоны на основе геоинформационных методов.

Глава 4 «**Современные экономико-географические проблемы пространственного развития степных регионов России**» обобщает результаты исследований, направленных на выявление и оценку современных угроз устойчивому социально-экономическому развитию. Основой этих исследований являются формирующаяся база данных по тематическим показателям, единая картографическая основа и разнообразные методы анализа и интерпретации полученных данных. Это во многом позволяет задействовать для решения поставленных задач полимасштабный подход и осуществлять исследования от макрорегионального (степные регионы РФ) до местного (муниципального) уровня.

В разделе «Социально-экономическая устойчивость степных регионов к современным вызовам пространственного развития» большое внимание уделено формированию методологической базы для исследования, выбору основных социально-экономических показателей, определяющих риски отрицательной динамики рассматриваемых вызовов. Для визуализации полученных результатов составлена картосхема влияния негативных процессов по блокам вызовов исследуемой территории в разрезе регионов-субъектов РФ. Определен уровень социально-экономической устойчивости рассматриваемых регионов на основе разработанной методики оценки интегрального показателя устойчивости, который представляет собой совокупность индексов по каждой группе выделенных факторов, определяющих вызовы пространственному развитию.

Для анализа тенденций влияния современных вызовов на региональные процессы трансформации дана комплексная оценка дифференциации регионов степной зоны России по индикаторам устойчивого развития (апробирована методика рейтинговой оценки регионов по индикаторам целей устойчивого развития, выделены однородные кластеры субъектов и установлены экзогенные переменные, оказывающие существенное влияние на эти индикаторы). Определено влияние природно-ресурсного потенциала на формирование межрегиональной асимметрии устойчивого развития степных регионов через разработанную рейтинговую оценку в динамике (2011, 2015 и 2019 гг.).

В разделе «Оценка демографического потенциала регионов степной зоны России» представлен анализ демографической устойчивости регионов степной зоны с учетом изменений социально-экономической системы и итоги исследования демографического потенциала регионов степной зоны как основы пространственного развития, обеспеченного влиянием экономических, геопространственных факторов и рисков демографической дестабилизации. Рассмотрено репродуктивное поведение населения как методика прогнозирования динамики естественного воспроизводства населения при повышении демографического потенциала рассматриваемых регионов. В итоге представлен комплексный анализ демографической ситуации с сегментацией территорий на ареалы с различной степенью изменения численности населения.

В разделе «Современное состояние и проблемы развития социально-экономического и природно-экологического каркасов степных субъектов Российской Федерации» представлено исследование пространственно-временной связности опорного каркаса степных регионов через анализ коэффициентов притяжения узлов к ядру. Охарактеризованы ключевые социально-экономические показатели территории в их взаимосвязи с показателями развития автомобильной транспортной сети. Выполнен картографический анализ пространственно-временной связности опорного каркаса степных регионов, что позволило диагностировать территориальные различия и сформулировать предложения по оптимизации действующей транспортной сети. Комплексный анализ определил особенности развития транспортной инфраструктуры

степной зоны России, включая оценку видов сообщения и их пространственного развития.

Для анализа интеграции социально-экономического (СЭК) и природно-экологического (ПЭК) каркасов разработаны оптимизированные для степной зоны методики их оценки. Представлены критерии интеграции и проведена статистическая оценка субъектов (включая ранжирование и кластерный анализ по показателям за 2018-2022 гг.). В итоге сформирована матрица парных коэффициентов корреляции критериев интеграции для западной части степной зоны.

Глава 5 **«Сценарии, принципы и механизмы адаптации степного землепользования к антропогенным и климатическим изменениям»** содержит концептуальные основы степного землепользования, актуализированные с позиций современных вызовов. Авторами приводятся основные положения разрабатываемой Стратегии рационального природопользования и устойчивого развития степных и лесостепных регионов России, основанной на конвергенции геоботанического и ландшафтоведческого подходов. Значительный блок посвящен проблемам адаптации степного землепользования к антропогенным и климатическим изменениям, в том числе перспективам использования геоинформационных систем для повышения устойчивости полевых агроценозов.

ГЛАВА 1. ПОСЛЕДСТВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ АГРАРНЫХ МЕГАПРОЕКТОВ КАК ВЫЗОВ УСТОЙЧИВОМУ ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМУ РАЗВИТИЮ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ *(Левыкин С.В., Гулянов Ю.А., Казачков Г.В., Яковлев И.Г., Грошева О.А., Левыкина Н.П.)*

1.1. СТЕПНЫЕ АГРАРНО-СОЦИАЛЬНЫЕ МЕГАПРОЕКТЫ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

1.1.1. Концепции обустройства степных агроландшафтов и управления стоком в аграрно-социальных мегапроектах

Климатический вызов обостряет дефицит воды в засушливых регионах; на большей части постсоветского пространства не удается принципиально увеличить урожайность зерновых, сохраняются тенденции высоких затрат пространства, почв и воды на единицу продукции. Наметилась устойчивая тенденция к опреснению Северного Ледовитого океана за счет увеличения стока сибирских рек, что угрожает перестройками океанских течений с непредсказуемыми глобальными климатическими последствиями, наблюдается подтопление лесостепи Западной Сибири. Нарастает контрастность переобводненности Арктики с вододефицитностью Заволжско-Уральского степного региона и Средней Азии. На этом фоне актуализируется идея перераспределения стока рек бассейна Ледовитого океана в Аральский бассейн (Межбассейновая…, 2020). Идея межбассейнового перераспределения пресных вод изначально российская, в этом году ее опубликованию исполняется 150 лет, и 35 лет закрытию советского мегапроекта переброски части стока Оби в Аральский бассейн (1968-1986 гг.) (Данилов-Данильян и др., 2016; Демченко, 1871).

В этой связи рассматриваем этот мегапроект в одной системе со «Сталинским планом преобразования природы» (реализация комплекса Докучаева-Костычева-Вильямса) как гипертрофию его водной компоненты. Опыт проектирования, реализации и оценка ландшафтно-экологических последствий, научного и иного наследия советских мегапроектов необходимы для понимания сути современного состояния агроландшафтов, научно обоснованной рационализации степного землепользования с адаптацией к климатическим изменениям и иным вызовам.

«Сталинский план преобразования природы» (далее – План) и проект перераспределения водного стока Оби в Аральский бассейн (далее – Переброска) оставили огромное научное наследие, запустили новый этап в развитии степеведения: не будучи внедренной, Переброска способствовала развитию фундаментальной науки вдоль предполагаемой трассы, в т.ч. в Оренбургской области – наиболее типичном степном регионе, модельном по последствиям мегапроектов.

После ряда «пшеничных горячек» конца XIX в. в степях Европейской территории России (ЕТР) наступил первый системный агроэкологический кризис, выразившийся в засухах, неурожаях и пыльных бурях. Последствия были столь масштабными, что произвели глубокое потрясение общественности, деятелей культуры, научного сообщества. В унисон Л.Н. Толстому, Д.И. Менделееву русский философ В.С. Соловьёв публично сравнивал степные засухи с нашествием Батыя (Соловьёв, 1914). Созрел социальный заказ на аграрно-социальный мегапроект по экологической реставрации пострадавших территорий. Передовая российская наука быстро предложила исчерпывающий ответ на этот вызов (Докучаев, 1952, 1953). В Российской Империи такой мегапроект не состоялся, дело ограничилось созданием ряда научных стационаров по агроэкологической оптимизации степных ландшафтов и поддержкой переселения крестьян за Волгу на лучшие угодья Западной Сибири и Казахстана в рамках «Столыпинской реформы» (1906-1913 гг.). То есть докучаевский

проект обустройства степей России, апробированный на стационарах, остался проектом, а реализовывалась целинная альтернатива. Проблема устойчивости и продуктивности земледелия решена не была, но остроту вызова удалось сгладить вплоть до возвращения засух в 1920-е и 1930-е гг.

Проведя коллективизацию и реализуя проект Сальской целины, руководство СССР столкнулось с проблемами устойчивости валовых сборов, влияния засух и пыльных бурь, не менее острыми, чем в XIX в. Нельзя не отметить, что наука, теперь уже советская, была готова к этому вызову. Основополагающее учение В.В. Докучаева было обогащено и развито использованием наследия П.А. Костычева, трудами В.Р. Вильямса по обоснованию оптимальной структуры севооборотов и сельхозугодий, дополнено исследованиями К.А. Тимирязева по реакции растений на засухи. В результате к середине 1930-х возник комплекс агрономических мероприятий – травопольная система земледелия – комплекс Докучаева-Костычева-Вильямса (далее – Комплекс), который и стал научной основой Плана с основными идеями лесонасаждений, восстановления структуры почвы, управления стоком, культуры земледелия (Конуров, 1950; О травопольной…, 1949).

Аграрный вызов в степной зоне был столь масштабным, что руководство, опираясь на Комплекс, разработало масштабный проект по аграрному обустройству основных сельскохозяйственных регионов страны – лесостепных и степных.

В данном исследовании к аграрно-социальным мегапроектам относим проекты, направленные на преодоление вызова сельскому хозяйству со стороны засух с увеличением валовых сборов как генеральным критерием успеха, планируемым и реальным сроком реализации порядка 10 лет, вовлечением от миллиона человек с охватом пространства порядка 100 млн га и трансформацией ландшафтов не менее 30 млн га: План, Целинный проект, Переброска, постсоветская Земельная реформа. Именно эти проекты оставили колоссальное ландшафтное, идеологическое и научное наследие, их последствия комплексные и взаимопроникающие, что имеет принципиальное значение для избегания ошибок прошлого в новых проектах обустройства России и степной зоны.

Мегапроектный подход имеет исторические и географические предпосылки. Чисто российские инженерные идеи мегапроектов возникли еще в XIX в., реализация имела место в советское время. Среди мегапроектов от ГОЭЛРО (1920-1935 гг.) до БАМа (1974-1984 гг.) с позиций степеведения наиболее важны План, Целинный проект, Переброска, постсоветская Земельная реформа, т.к. именно они определили современный облик и аграрную специализацию степной зоны, оставили бесценное научное наследие и опыт.

В данной работе как единую систему рассматриваем реализованный План и Переброску, оставшуюся проектом, близкие друг другу ориентацией на агроэкологическое обустройство уже освоенных земель, в основном пахотных, первостепенному вниманию водной компоненте. В этой связи еще раз подчеркнем, что основной труд В.В. Докучаева по обустройству степных ландшафтов акцентирован в первую очередь на управлении местным водным стоком и далеко не свободен от трансформизма. Идея Переброски, на наш взгляд, это тоже управление водным стоком, но уже межбассейновое. Сегодня в целом эти идеи не потеряли актуальности, но реализация требует учета всего предшествующего опыта мегапроектов в степной зоне.

План. План был построен на основе Комплекса как отклик на засуху 1930-х. Советское руководство решительно приступило к массовому внедрению нового комплекса: в 1938 г. принимается соответствующее постановление (Постановление СНК СССР…, 1938), исполнение начинается посадкой крупных площадей полезащитных лесополос в 1939 г., но прерывается войной.

После войны, в ответ уже на засуху 1946 года, План перезапускается (Постановление Совета Министров СССР…, 1948). Этот аграрно-социальный

мегапроект был ориентирован в основном на лесостепь и степь европейской части СССР, включая Оренбургскую область, но затронул и Алтайский край. С наших позиций сущность Плана двояка: смягчение неблагоприятных погодных условий лесостепей и степей, и рост культуры земледелия, его эффективности путем в первую очередь управления водной компонентой степей: построением сплошной сети ветроломных мегалесополос по берегам крупных рек и завершенного полезащитного лесомелиоративного каркаса, зарегулированием местного стока, доведения многолетних трав до четверти пашни.

Как и все советские аграрные проекты, План имел в своих целях социальную составляющую: улучшение условий труда сельских жителей, обеспечение их дополнительными ресурсами, в т.ч. водными и биологическими, смягчение климатических условий. План был рассчитан на 17-20 лет, в течение которых предполагалось создать крупнейшую в мире систему государственных лесополос протяженностью свыше 5 тыс. км и площадью 118 тыс. га; систему полезащитных лесополос площадью 5,7 млн га при помощи организации 570 лесомелиоративных станций; соорудить более 40 тыс. прудов; выделить четверть пахотных земель под многолетние травы с освоением в том числе целинных земель; усилить технологическую дисциплину и культуру земледелия (Делиникайтис, 1951; Каминский, 1951; О травопольной…, 1949). Как известно, с 1949 по 1953 г. плановые показатели были наполовину достигнуты: было создано 2,3 млн га лесополос, многолетние травы заняли четверть пашни, были созданы тысячи прудов и водохранилищ. Мегапроектная поспешность реализации сказывалась на качестве работ, на подборе лесных культур.

Оренбуржье, хотя и располагалось на юго-восточном краю ЕТР, по масштабам реализуемых мероприятий оказалось в эпицентре Плана. Были созданы основные элементы лесомелиоративного каркаса, в т.ч. одна из крупнейших государственных лесозащитных полос «Гора Вишнёвая – Каспийское море» (Мильков, 1950). Региональной спецификой было то, что основной объем создания лесополос планировалось выполнить непосредственно колхозами и совхозами (порядка 280 тыс. га), а за счет государственных средств – еще порядка 50 тыс. га, в основном в Бузулукском бору на землях лесного фонда. Соответственно, предполагалось высаживание порядка 330 тыс. га лесополос, которое было реализовано на 70%. В Оренбургской области основным ландшафтным наследием этого проекта можно признать систему из 90 тыс. га полезащитных лесных полос (Леса Оренбуржья…, 2000).

Нельзя не отметить, что в период наиболее активной фазы реализации Плана отечественная география, одобряя его, в целом указывала на необходимость обращать внимание на сохранение естественных лесных насаждений в степных регионах, уделять внимание аборигенным породам и естественным насаждениям не меньше, чем вновь создаваемым лесокультурам (Мильков, 1950).

Реализация этого проекта способствовала развитию фундаментальных наук, прежде всего связанных с лесоразведением. Для экспериментов по полупустынному лесоразведению был организован Джанибекский научный стационар. Со сменой политического руководства СССР План был быстро свернут: травопольная система подверглась критике и была фактически запрещена, закрылись лесомелиоративные станции и прекратился уход за лесопосадками. Уже к концу 1956 г. из 2,3 млн га посадок сохранилось не более 0,65 млн га. Так закончился основной этап практической реализации Плана (1949-1953 гг.), этот мегапроект оказался не завершенным практически наполовину, с быстрой потерей созданного, и был быстро заменен принципиально другим мегапроектом – Целиной (1954-1963 гг.).

Основным наследием Плана является лесомелиоративный каркас, но гигантизм проекта не способствовал качеству работ и продуманности подбора культур. Вместо адаптации местных пород к специфическим условиям произрастания в степи имело

место увлечение интродукцией карагача. Вместо мозаичного ландшафта степного типа был создан ландшафт, рассеченный полосами и стенами лесокультур, эффект которых неоднозначен. Показывая высокую приживаемость, тот же карагач недолговечен и оставляет после себя трудноудаляемый сухостой. Уроком этого проекта является следствие массовой интродукции карагача: показав себя очень цепкой породой, он при малейшей возможности занимает залежные земли, расселяясь из лесополос. В Оренбургской области это наблюдается в южной части Сырта и особенно в Предуралье по террасам р. Илек, покрытым почвами легкого мехсостава. Следовательно, оставленные Планом агролесомелиоративные комплексы требуют либо ухода, либо мониторинга и контроля самооблесения. Несомненно, с точки зрения охотничьего хозяйства лесополосы и карагачовые саванноиды – это продуктивные охотугодья, особенно по зайцу, лисице, куропатке и т.д., но важен экономический и агроэкологический баланс.

Быстрая распашка десятков миллионов гектар целинных и залежных земель в засушливых условиях степной зоны не только спровоцировала сильнейшие пыльные бури, но и к середине 1960-х принципиально обострила вододефицитность пахотных земель, прежде всего вновь распаханных, на Южном Урале, в Западной Сибири, Казахстане и Средней Азии. Новое руководство СССР отреагировало на новый агроэкологический вызов реанимацией на новом витке лесомелиоративной и водной компоненты Плана. Было решено усилить водную компоненту адекватно новому витку засух и принципиально увеличившимся объемам пашни. Дальнейшие действия советского правительства по противодействию засухам и масштабы мер борьбы с эрозией почв позволяют рассматривать период с конца 1960-х до середины 1980-х как своего рода ренессанс Комплекса, но без травопольной системы, с актуализацией идей межбассейнового перераспределения, причем без грубого трансформизма.

Переброска. Идея переброски стока Оби и Иртыша в бассейн Аральского моря старше идей В.В. Докучаева, созрела в эпоху всеобщего подъема после отмены крепостного права и активизации аграрной инициативы, в т.ч. переселения на новые земли, отличавшиеся вододефицитностью. Изначальная идея состояла действительно в развороте реки Обь на юг для полного заполнения впадин Аральского и Каспийского морей (Демченко, 1871). Этот проект изначально был утопией по двум причинам: из-за неподъемных для государства экономических затрат и из-за неотвратимой экологической катастрофы в нижней части бассейна Оби.

В дополнение к Плану в 1947 г. В.А. Обручев и Ш.Ч. Чокин поднимают вопрос о переброске части стока сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию, предложен и более радикальный проект поворота Оби в Аральский бассейн путем сооружения на ней водохранилища с затоплением 25 млн га (Давыдов, Цунц, 1955).

Руководство СССР, развивая лесомелиоративную и водную компоненты Плана, усилило водную компоненту межбассейновой переброской водных ресурсов. В 1968 г. Госплан и АН СССР приступили к разработке соответствующего проекта, а в 1970 г. был определен целевой показатель: 25 км^3 воды в год из Оби в Аральский бассейн, или порядка 7% ее годового стока. Разработка этого проекта в наибольшей степени активизировала фундаментальные географические исследования. В 1973 г. были созданы специализированные научные центры в Институте географии АН СССР, в Институте водных проблем, в 1974 г. создана правительственная комиссия, в 1978 г. организован «Союзгипроводхоз». Всего в проекте принимало участие 180 научных и научно-проектных организаций.

В Оренбуржье проектные работы начались под руководством член-корреспондента АН СССР А.С. Хоментовского в 1974 г. Проектные исследования способствовали комплексному изучению не только Оренбургской области, но и соседних областей Казахстана, что впоследствии послужило основой рассмотрения их как Оренбургско-Казахстанского экорегиона. Оренбургским коллективом было

запроектировано два варианта трассы отводного канала, проведены масштабные проектные работы. Уже в 1975 г. стало ясно, что межбассейновое перераспределение стока – не только дело будущего, но и при технологиях того времени сопряжено со слишком высокими экологическими издержками. Акцент был перенесен на управление местным стоком, была актуализирована идея 1932 года о Губерлинском водохранилище на р. Урал. В перспективе проектировалась переброска в р. Урал порядка 10 км^3 обской воды, то есть удвоение годового стока р. Урал, что позволило бы оросить порядка 1-1,2 млн га пашни. Отведением волжской воды предполагалось дополнительно оросить 150 тыс. га на юго-западе Оренбургской области. Планировалось за счет 1-1,2 млн га орошаемой пашни фактически удвоить валовые сборы основной сельскохозяйственной продукции, в т.ч. зерна с 5,2 до 9,2 млн т, сроки окупаемости капитальных вложений оценивались в 5-7 лет.

Общесоюзные предпроектные работы были завершены в 1983 г. и прошли государственную экспертизу со следующими показателями: объем перемещаемой воды – 27,2 км^3 в год, из них потери – 2,6 км^3 в год; в Россию – 4,9 км^3 в год; в Казахстан и Среднюю Азию – 19,7 км^3 в год; магистральный канал: длина – 2550 км, ширина – до 200 м., глубина – до 16 м; орошаемые земли – 4,5 млн га, в т.ч. в РФ (в основном в Оренбургской области) – 1,2-1,5 млн га, в Средней Азии – 3 млн га; затраты – 32,6 млрд рублей, в т.ч. канал – 13,8 млрд руб.; срок реализации – 15 лет; окупаемость за 6-7 лет (Данилов-Данильян, 2016; Лужков, 2008; Межбассейновая…, 2000).

Площади орошаемой пашни выглядят недостаточно значительными для проекта такого масштаба, тем более для РСФСР. Вместо запрашиваемых для Оренбуржья 10 км^3 воды в год для всей РСФСР было согласовано 4,9 км^3 для орошения 1,5 млн га с ростом валовых сборов порядка 4-5 млн т. Остальные 17 км^3 приходившиеся на Казахстан и Среднюю Азию должны были оросить всего 3 млн га. Общий эффект орошения в зерновом эквиваленте едва ли превысил бы 25 млн т. Это порядка 10% позднесоветского валового сбора зерновых, что сопоставимо с приростом валовых сборов по завершении основного этапа целинной кампании 1954-1963 гг.

Комплексные географические изыскания, проводившиеся оренбургскими учеными на протяжении почти десятилетия, в т.ч. вдоль основной трассы канала, позволили собрать богатейший фактический материал, уточнивший состояние степных и полупустынных ландшафтов т.н. Срединного региона страны и степной зоны, а также его почвенных и биологических ресурсов. В результате проектных работ был сделан вывод, что экологические издержки, связанные с деградацией, засолением и подтоплением земельных массивов, гибелью уникальных островных боров в Тургае и изменениями общего гидрологического режима затронутых территорий, подрывом биологических ресурсов, прежде всего осетровых, перевешивают положительный эффект – на тот момент проект выглядел экологически нерентабельным.

Участие в его разработке позволило накопить необходимый опыт для решения накопившихся экологических проблем. Именно в эти годы возникла идея создания Института степи АН СССР (или ее Уральского отделения). Так же во время полевых исследований по проектированию Губерлинского водохранилища в засушливом 1975 году в предгорьях Южного Урала была открыта Айтуарская степь, с которой возникла идея и начался процесс организации ГПЗ «Оренбургский» (Чибилёв, 1992б).

Итогом колоссальной исследовательской работы в Оренбуржье и других регионах РСФСР и КазССР стало пятидесятитомное технико-экономическое обоснование переброски части стока сибирских рек в районы Западной Сибири, Урала, Средней Азии и Казахстана. Отдадим должное всем многочисленным обсуждениям, дискуссиям и государственной экспертизе при Госплане СССР, в которой участвовали около ста видных ученых страны.

Как и все советские аграрно-социальные мегапроекты, запуск и сворачивание Переброски были сопряжены со сменой высшего советского руководства.

Эпоха Перестройки обострила общественную дискуссию о целесообразности такого проекта. На фоне начавшихся обостряться экономических проблем и ведомственных конфликтов проект в 1986 г. был официально закрыт (приостановлен).

Рассмотренные аграрно-социальные мегапроекты способствовали развитию фундаментальных географических исследований в степной зоне. Решением научных проблем в рамках государственных задач занимались десятки и сотни научных учреждений и научных коллективов, из которых впоследствии выросли региональные научные организации. Благодаря мегапроектам была осуществлена децентрализация фундаментальной науки, развилось экологическое сознание, на критике Переброски активизировалось природоохранное движение, научные и общественные дискуссии стали нормальным явлением, руководство приобрело опыт учета мегапроектных издержек и выбора предлагаемых наукой сценариев развития.

Допускаем, что если бы Переброска была реализована царским или республиканским правительством в первой трети XX в. при возможностях того времени, то отпала бы необходимость Целины, а План не был бы экстренной мерой в форме мегапроекта, а стал бы постоянной нормой землепользования. В этом случае, при всех неизбежных экологических издержках, была бы намного выше вероятность сохранения крупных массивов целинных степей на каштановых почвах до настоящего времени.

Если бы Переброска состоялась после целинного мегапроекта, то подведенная сибирская вода закрепила бы пахотное использование этих земель, но не под богару, а под орошение. Таким образом, эти земли были бы выведены из категории земледельческого риска, но Переброска привела бы их к масштабной деградации вследствие засоления. Землю все равно пришлось бы консервировать, но уже в качестве антропогенных степных солонцов, на восстановление которых потребовались бы десятилетия.

Не исключено, что обострение контрастности климата, дальнейшее опреснение Ледовитого океана, иссушение Центрального Казахстана и Средней Азии заставят вернуться к идеям масштабной лесомелиорации, управления местным стоком, межбассейнового перераспределения водного стока, что уже происходит в ряде стран, в т.ч. Китае и Казахстане. Сегодня с учетом всех тенденций и вызовов нельзя исключать актуализацию проекта переброски вод из Оби в Аральский бассейн. В случае актуализации это неминуемо будет глобальный межгосударственный мегапроект на новом технологическом уровне и в новых политических условиях. В данной работе мы показали, что даже советская Переброска – это далеко не поворот рек, но экологических издержек ожидалось больше, чем выигрышей. Поддержать реанимацию проекта в прежнем виде не считаем возможным, но готовы обсуждать варианты и сценарии дозированной доставки северных вод в Среднюю Азию по трубопроводам. Для достижения позитивного эффекта считаем принципиальным решение проблемы как земельной собственности, так и истинной ценности пресной воды на постсоветском пространстве. Каким бы способом ни поставлялась вода, она не должна быть средством компенсации издержек нерационального водопользования. Водоподведение для коммерческих сельхозкультур не должно приравниваться к гуманитарной помощи страдающим от безводья. Так же принципиальным является и то, что потенциальный мегапроект должен быть лишен политических и идеологических составляющих и, главное, не создавать ненужных природно-антропогенных систем, чуждых степям и биосфере в целом и приносящих мало положительного эффекта сельскому населению.

1.1.2. Целинный мегапроект и земельная реформа как глобальный эксперимент самовосстановления степей Северной Евразии

Мегапроектный подход имеет исторические и географические предпосылки. Чисто российские инженерные идеи мегапроектов возникли еще в XIX в., реализация имела место в советское время. Среди мегапроектов от ГОЭЛРО (1920-1935 гг.) до БАМа (1974-1984 гг.) мы с позиций степеведения рассматриваем аграрно-социальные в степной зоне. В этот же ряд мы включаем и постсоветскую Земельную реформу в силу охваченной территории и масштабности ландшафтных последствий.

Советский гигантизм и мегапроекты как его проявления – наследие русских революций начала XX века, когда резко менялись восприятие времени и представления о пространстве. Историческое время уплотняется, создается субъективное ощущение его ускорения, возникает острая потребность в пересмотре прежней системы ценностей, кажущейся архаичной. Такое отношение неминуемо распространяется как на географическое пространство, так и на природу. Гипертрофированная жажда перемен, крушение привычных штампов и шаблонов, жизненных адаптаций порождает ощущение «переброски реальности» – скачкообразного перемещения из одной реальности в другую. Отсюда принцип «есть у революции начало, нет у революции конца»; есть у перемен начало, нет у перемен конца, воплощением которого и стали мегапроекты (Россия 1917 года…, 2017).

Гигантизму и торжеству трансформизма в СССР способствовало наличие самого большого в мире мало освоенного пространства и ресурсов, среди которых особо выделялась степная зона, от Заволжья до Оби, остававшаяся в основном не распаханной. Исторические и географические предпосылки дополнились решимостью лидеров, возможностями мобилизующей идеологии и мобилизации крупных материальных и людских ресурсов.

Продолжая земледельческую экспансию на юго-восток, причем более рискованную, чем в XIX веке, СССР, так же как Российская Империя, неминуемо столкнулся с проблемой устойчивости валовых сборов и влиянием засух. Руководство регулярно предпринимало деятельные шаги для ответа на эти вызовы, но с собственных идеологических и трансформистских позиций – аграрно-социальными мегапроектами природо-преобразовательского характера. Проблема устойчивости земледелия и засух не была решена, один мегапроект со сменой лидера сменялся другим при незавершенности начатого либо закрывался.

Для лесостепной и степной зоны Евразии характерна особенность аграрного освоения: наиболее благоприятные для земледелия степные центральные регионы ЕТР осваивались поступательно на протяжении длительного времени, а более засушливые и рискованные южные и восточные регионы ЕТР, а также целинные земли за Уралом распахивались скачкообразно, в основном в рамках крупных проектов Российской Империи и СССР. Общеизвестны серия «пшеничных горячек» второй половины XIX века, Столыпинская аграрная реформа (1906-1931 гг.), Сальская целина (1930-е гг.) и целинный мегапроект (1954-1963 гг.). Именно эти проекты, особенно последний, имели наибольшие агроэкологические издержки и вызвали кризис ландшафтно-биологического разнообразия степей, который был наиболее выражен во второй половине 1980-х гг. С особой тщательностью были выбраны и распаханы степные фитоценозы на плакорах и полнопрофильных почвах, признанные наиболее типичными – зональными. Соответственно, титульные биологические виды оказались в критической ситуации, в т.ч. в статусе редких и исчезающих. Кризис степей был настолько глубоким, что научному и природоохранному сообществам представлялся необратимым. В тот период степь все чаще упоминалась как уже навсегда утраченный ландшафт, с большим трудом удавалось выявить последние участки степных экосистем в труднодоступных местах и в последний момент придать им природоохранный статус.

В позднее советское время проект экологической оптимизации степей с поэтапной консервацией малопродуктивной пашни не состоялся, и тем не менее степь получила уникальную возможность на восстановление, но исключительно за счет собственного потенциала. Степеведение в начале XXI века смогло наблюдать и изучать массивы вторичных степных экосистем, которые своим возникновением обязаны Земельной реформе 1990-х, по сути, контрпроекту по отношению к Целинному. В силу запущенных ею масштабных динамичных зачастую стихийных процессов в агроландшафтах с колебаниями валовых сборов и фактической структуры угодий эта реформа рассматривается в ряду аграрно-социальных мегапроектов. Фактически целинный мегапроект и Земельная реформа совокупно выполнили эксперимент глобального масштаба по выявлению потенциала самовосстановления степей. Этот эксперимент – последовательность из массовой распашки десятков миллионов гектар степей, поддержания их в распаханном состоянии, «сукцессионной коме», на протяжении 40 лет, и затем столь же массового и быстрого оставления в залежь без фитомелиорации – можно расценивать как исторический и географический феномен, при любой дальнейшей судьбе степей уже оставивший бесценное научное и природоохранное наследие, возможно, еще более значимое, чем наследие других аграрно-социальных мегапроектов.

Дальнейшая судьба степей, восстановившихся в этом эксперименте, вызывает опасения, т.к. в России и Казахстане реализован ряд неоцененных программ и проектов по быстрому введению залежных земель в оборот, в настоящее время эти процессы продолжаются. Постсоветские аграрные проекты вполне могут достигать мегапроектных масштабов: например, в Казахстане предложен амбициозный мегапроект «Восстановление мобильного пастбищного животноводства», в котором вторичные степи могут быть задействованы в качестве пастбищ. Сверхзадачей проекта является освоение и рациональное использование к 2050 году порядка 100 млн га естественных степных и пустынных пастбищ с доведением поголовья овец до 100 млн (Акыш и др., 2019). В России пока не удается запустить масштабный проект развития мясного животноводства, но стимулируется рост валовых сборов основных коммерческих полевых культур, в т.ч. за счет вовлечения в оборот залежных земель. В частности, в Оренбуржье в ближайшее время планируется повторно освоить от 0,25 до 0,4 млн га залежей, в число которых неизбежно попадут сформировавшиеся вторичные степи с набором краснокнижных видов. В свете современных проектных амбиций, финансовых и технических возможностей особое значение приобретает оценка ландшафтно-экологических последствий целинных проектов, земельной реформы и их совокупных последствий. Без опыта минувших проектов невозможно рациональное степное землепользование на научной основе, адаптированное к современным климатическим и иным вызовам.

Целина. Итак, наполовину реализованный мегапроект агроэкологической направленности сменился мегапроектом на основе конкурирующей идеи – Целиной. Этот момент известные позднесоветские природоохранные публицисты рассматривали как «волюнтаристическое нарушение хозяйственной преемственности» (Чивилихин, 2007). По мере изучения исторических вопросов этого проекта мы пришли к выводу, что он оказался не столько волюнтаристским, сколько стратегическим, решавшим целый комплекс проблем и стратегических вызовов за сельскохозяйственными рамками (Левыкин, Казачков, Чибилёва, 2015). Тем более идея Целины далеко не принадлежала Н.С. Хрущёву, с которым прочно ассоциируется, а была рождена народной мудростью еще во времена переселенческого движения за Волгу в XIX веке. Отчасти эта идея была реализована Столыпинской реформой, но после нее еще оставались значительные резервы пахотопригодных земель в Сибири и Казахстане. На эти резервы обратила внимание уже советская аграрная наука в начале 1930-х в лице Вавилова и Тулайкова, которые вполне рационально выступали за освоение 11-11,7 млн га черноземных почв на востоке степной

зоны. Им активно оппонировал Т.Д. Лысенко, предлагая опираться на создание новых, более продуктивных сортов, а не на расширение площадей (Рычков, 2013).

В 1941 году идея Целины приобрела особую актуальность: в связи с временной утратой основных житниц страны руководство поручило Институту географии АН СССР в трехмесячный срок обосновать новую в Северном Казахстане. Экспедиция во главе с директором Института географии А.А. Григорьевым уже в августе 1941-го приступила к полевым исследованиям, в октябре правительству был предоставлен первый отчет, работы продолжались до 1943 г. В результате была обоснована возможность распашки 13 млн га целинных земель с наилучшим биоклиматическим потенциалом, то есть позиции географии оказались близки позициям аграрных наук (Забелин, 1976).

Итак, к 1946 году, когда обострилась зерновая проблема, уже имелись два научно обоснованных сценария увеличения валовых сборов зерна: один – это внедрение комплекса Докучаева-Костычева-Вильямса, другой – освоение Целины по Вавилову-Тулайкову-Григорьеву на площади до 13 млн га. При всей трудности оценки стоимости возможных проектов того времени, распашка 11-13 млн га целинных земель с организацией нескольких сотен новых совхозов представляется вполне сопоставимой по масштабам с созданием 5-6 млн га лесопосадок и организацией 570 лесомелиоративных станций по «Сталинскому плану». То есть, в 1949 г. такой план освоения Целины был вполне посилен для СССР и сопоставим по затратам со «Сталинским планом».

В 1948 г. выбор был сделан в пользу системы Докучаева-Костычева-Вильямса, но со сменой руководства уже в 1954 г. резко возобладал противоположный сценарий, который был реализован в свойственной новому лидеру гиперболизации. По сути, волевым решением планы распашки сразу удвоились до 30 млн га, а с учетом будущих паров были доведены до 40 млн га. И этот план был перевыполнен за счет повышенных обязательств на уровне бригадиров и даже механизаторов. Таким образом, для введения земли в пахотный оборот оказалось достаточно инициативы низшего руководящего звена, а то и рядовых исполнителей, а впоследствии обратный процесс требовал министерской санкции.

Целинный мегапроект (1954-1963) свершился как наиболее масштабный и по объемам распашки: 43 млн га, из них 16 млн га в РСФСР, 25 млн га в КазССР, – и по срокам реализации: основные земли, свыше 36 млн га, были распаханы всего за три года, что трехкратно превысило научные обоснования (Развитие сельского хозяйства…, 1994; Республика Казахстан…, 2003). В РСФСР наибольшие масштабы распаханных земель были в Алтайском крае (2,9 млн га) и Оренбургской области (1,8 млн га) (40 лет освоению…, 1994), что так же стало как минимум двойным превышением научно обоснованного плана. Такие масштабы новой распашки обуславливались, с одной стороны, стратегической необходимостью, с другой – принципиальным неприятием лидером страны травопольной системы земледелия, представлявшейся нерациональным использованием пространства. Впоследствии это прочно закрепилось в сознании как «целинный синдром», сохраняющийся и сегодня. В свойственном тому времени гигантизме адаптивное животноводство и коневодство на естественных пастбищах представлялось архаичным, отсталым, не соответствующим наступающей космической эре.

Поэтому предлагаем понимание Целины как мегапроектных усилий по повсеместной ликвидации многолетних и степных трав с целью, по существу, конверсии почвенного гумуса в зерно, с фактической распашкой далеко не только целинных степей, но и посевов многолетних трав, пастбищ конезаводов, действительно волюнтаристической распашкой заповедников: Аскания-Нова, Наурзумский и т.д., земель научных стационаров. Фактически все усилия были направлены на ликвидацию степной дернины и принципа «долгой травы» в землепользовании.

Естественно, трехкратное превышение научно обоснованных площадей распашки не могло не сказаться в виде негативных агроэкологических последствий. Фактически, целинная степь была введена в своего рода ландшафтную кому, в которой пребывала более 40 лет. При этом все негативные последствия, прежде всего агроэкологические, оказались вызваны не столько самой по себе идеей, сколько трехкратным превышением обоснованного плана. Под распашку попали, и до сих пор официально числятся пахотными, потенциально малопродуктивные земли; титульный степной ландшафт целенаправленно выбран и тотально распахан. Таким образом, по масштабам и реальным целям Целина была комплексным стратегическим мегапроектом, по декларируемым целям – аграрно-социальным, по управлению – государственно-административным, по кадровому составу исполнителей – преимущественно молодежным.

Как и все мегапроекты, Целинный, мобилизуя ученых, тоже способствовал развитию фундаментальных географических исследований в степной зоне. Проблема заключалась в том, что о количестве пахотопригодных земель имелись главным образом общие сведения. Специфика восточного сектора степной зоны Евразии в том, что массивы полнопрофильных суглинистых почв зачастую чередуются с их солонцовыми и каменистыми комплексами. Необходимо было в кратчайшие сроки не только найти наиболее подходящие участки, но и выделить их в натуре. Так как степная растительность является наилучшим индикатором почвенного покрова, целинная эпопея заставила подробно изучить растительный покров степей в районах нового земледельческого освоения. В сжатые сроки, пусть поспешно, но удалось выявить основные массивы пахотопригодных земель и, самое главное – оставить для потомков описание уходивших в прошлое целинных степей.

Были сформированы десятки полевых научных отрядов, оперативно действовавшие в рамках Особой комплексной экспедиции по землям нового сельскохозяйственного освоения СОПС АН СССР (1954-1955 гг.), по сути, был совершен научный подвиг: порой ботаники работали непосредственно перед работающим трактором. Безусловно, отечественное степеведение обогатилось новыми знаниями по восточному сектору степной зоны Евразии, было издано большое количество научных трудов, в т.ч. серия географических атласов как отдельных степных регионов, так и целинного края в целом, что в итоге позволило сделать одно из крупнейших степеведческих обобщений ландшафтов азиатских степей, которые в последний момент удалось застать в целинном виде (Николаев, 1999; Растительность степей…, 1961). Четко работал конвергентный принцип: усилиями разных направлений рождались фундаментальные программы и методики по биокомплексному изучению степей (Программно-методические записки…, 1960).

Негативные последствия целинного мегапроекта проявились фактически сразу по его завершении и были признаны даже инициатором.

В ходе интервью газете «Нью-Йорк Таймс» от 23.02.1964 г. Н.С. Хрущёв признал, что часть бывших целинных земель, пострадавших от эрозии, будет переведена в пастбища, а государственные усилия будут перенаправлены в более благоприятные для земледелия регионы (Einaudi, 1964). По сути, это было намерением и разворота к завершению прерванного «Сталинского плана» и могло стать таковым, однако, именно в этот момент в стране снова произошла смена руководства. В результате, вместо принципиальной корректировки последствий целинного мегапроекта наступил период его инерции, к середине 1970-х было распахано еще более чем 5 млн га каштановых почв с одновременным ренессансом элементов «Сталинского плана» без принципиального для степей приоритета травосеяния и консервации малопродуктивной пашни.

Государственным ответом на постцелинный вызов стали в основном почвозащитные мероприятия, с 1966 по 1970 гг. выходит ряд государственных решений

о неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии, о перспективах развития мелиорации земель и перераспределения стока рек. Вновь ставятся планы крупномасштабного полезащитного лесоразведения, регулирования и накопления водного стока, развивающие идеи «Сталинского плана», внедряются почвосберегающие системы земледелия, оживают идеи «переброски рек» из Сибири в Среднюю Азию, советское время вступило в свое последнее двадцатилетие, которому так же была свойственна мегапроектность.

Земельная реформа. Уже к концу 1980-х в СССР сформировались социальные заказы на рыночный оборот земель, с которым связывались возможности достижения высокой эффективности сельского хозяйства, и на сохранение и восстановление почв и наиболее пострадавших экосистем, прежде всего степных, при этом сохранялась потребность в социальной справедливости с сильной оппозицией частной собственности на землю.

В 1992 г. приоритет был отдан скорее справедливой приватизации сельхозугодий, понимавшейся как безвозмездное равное распределение всех сельхозугодий страны между всеми сельскими жителями. Механизмом такого распределения стала чисто российская разновидность земельной собственности – земельный пай, представлявший собой право на оформление в частную собственность доли земли советского сельхозпредприятия. Сложный путь от права до реального владения был по ходу реформы дополнительно осложнен, и таким образом пай окончательно сделался виртуальным. Таким образом, в действительности была приватизирована не земля, а структура сельхозугодий. Сельские жители безвозмездно сделались обладателями доли структуры сельхозугодий и обрели трудно реализуемое право стать земельными собственниками.

Земельный пай законсервировал позднесоветскую структуру сельхозугодий, так как смена пропорций угодий разного вида неизбежно ущемляла права обладателей паев. Даже незначительное сокращение пашни в структуре сельхозугодий могло вызвать череду судебных разбирательств. Это породило следующие свойства земель:

– крайне затруднительное изменение вида использования и оборота сельхозугодий;

– невостребованность: заброс пашни без предварительной фитомелиорации;

– стихийная самоконсервация пашни с самовосстановлением степей.

Складывается впечатление, что попытка справедливой приватизации сельхозугодий (насколько приватизация сельскохозяйственных земель возможна в России в принципе) вылилась скорее в приватизацию позднесоветской структуры сельхозугодий. Такая приватизация мало соответствует декларировавшимся рыночным приоритетам, так как позднесоветская структура далеко не отвечала ни биоклиматическим, ни агроэкологическим параметрам, а тем более не была оптимальна с точки зрения размещения населения и технологических возможностей. Тем более, далеко не все жители сельской местности представляли себя в роли земельных собственников, тем более эффективных. Нонсенсом выглядит попытка приватизировать, тем более строить рыночный оборот официальной структуры земель вместо самих земель, хотя с точки зрения управления и контроля проще контролировать гектары, чем доходы и прибыли. Более того, эта структура, действительно бесплатно, была фактически навязана всем сельским жителям. Поэтому на постцелинном пространстве с наименьшим агроклиматическим потенциалом, особым риском богарного земледелия и меняющимся климатом как сам земельный пай, так и вся эта структура оказалась обузой для владельцев, затруднением для построения земельного рынка и официальным тормозом для оптимизации степного землепользования, но незапланированно сыграла исключительно важную роль для степных экосистем, позволив им реализовать свой восстановительный потенциал.

Приватизированная структура сельхозугодий вступила в противоречие с экономическими обстоятельствами и поэтому оказалась нарушенной. Обвал посевных площадей наступил не сразу с введением паевой системы, а после двух сильнейших засух 1996 и 1998 гг., которые оставили без семян и других ресурсов большое количество хозяйств в степной зоне. Массовый сброс пашни в России пришелся на рубеж тысячелетий и, по нашим оценкам, охватил 35-40 млн га, что сопоставимо с площадью всей поднятой в 1950-е Целины и минимум вдвое больше поднятой Целины в РСФСР. В Оренбуржье в 1999 г. отмечалось почти двукратное сокращение посевных площадей до 3 млн га. Затем в результате реализации ряда национальных аграрных проектов площадь залежей значительно сократилась, но, по разным оценкам, только в России залежные земли занимают от 16 до 35 млн га, в том числе в Оренбургской области порядка 0,8 млн га.

Поскольку приватизированная структура сельхозугодий не получила объективной ценности для сельских жителей, свойство невостребованности прошло социально безболезненно. Для степеведения и агроэкологии принципиален вопрос: насколько невостребованные земли являются избыточной распашкой целинного проекта? Насколько ареалы залежных земель совпадают с ареалами наименьшего биоклиматического потенциала и наименее продуктивными землями? Не является ли свойство невостребованности и самоконсервация объективно обусловленным фактором стихийной оптимизации постсоветских агроландшафтов?

Не получив ответа, констатируем, что правительства всех постсоветских государств как бы в оправдание за обвальное сокращение пашни предпринимают усилия для ее возвращения в оборот. В ряде случаев эти усилия оправданы хозяйственной целесообразностью: Россия и Казахстан вышли в лидеры на мировом рынке зерна, – но в тоже время под угрозой повторного переосвоения остаются миллионы гектаров залежей, потенциально малопродуктивных земель, на которых сформировались вторичные степные экосистемы и восстановились основные ресурсы титульных видов степей, прежде всего редких и хозяйственно ценных.

Ландшафтные последствия целинного мегапроекта оказались обратимыми только при реализации сопоставимого по масштабам контрпроекта на тех же территориях. В роли такого контрпроекта выступила приватизация советских сельхозугодий – земельная реформа 1990-х. При массовом и единовременном забросе пашни без фитомелиорации даже при небольшой вероятности стечения ряда необходимых условий возникает достаточно много очагов раскрытия потенциала самовосстановления степей, которые были нами изучены. Уникальность последовательности Целинного проекта и Земельной реформы в беспрецедентной масштабности, скорости реализации и пространственном совпадении обоих проектов. Совокупность последствий этих мегапроектов позволяет нам совокупно рассматривать их как единый мегаэксперимент по оценке потенциала самовосстановления степей.

Такой мегаэксперимент уникален, поэтому однозначно трактовать его сложно. Фактически мы наблюдаем нечто внешне похожее на «назад к природе», но в силу закона исторической необратимости «назад к природе» неосуществимо, разве что как следствие деградации, в данном случае – советского агроландшафта, но даже в этом случае целинной новая степь уже не будет. Трактовать наблюдаемое как «вперед к природе» тоже невозможно, не позволяет отсутствие сознательных усилий в данном направлении (Розенберг и др., 2009). Да, деградация сельского хозяйства как условие «назад к природе» имела место, но в данном случае в результате деградации одной природно-антропогенной системы скорее саморазвивается новая тоже природно-антропогенная, но принципиально более близкая к степи. Допускаем фундаментальную трактовку этого процесса как «трудами природы» от распавшегося агроландшафта ко вторичным степям или неостепям. Развитие этого сценария во «вместе с природой» с

нашей точки зрения является условием устойчивого развития постцелинного пространства.

Отдельно отметим, что невостребованность полей неизбежно распространилась и на полезащитные лесополосы, что не могло не сказаться на их состоянии. По нашему мнению, массовый распад лесополос можно рассматривать в качестве агроэкологического вызова, причем масштабы их потери сопоставимы с первыми годами сворачивания «Сталинского плана». В тоже время нельзя не отметить, что в ряде случаев на месте распавшихся лесополос быстро восстанавливается степная растительность, в том числе краснокнижные виды. Это тоже своеобразный агроэкологический, юридический и нравственный вызов, так как в этих случаях восстановление лесополос будет сопряжено с уничтожением мест обитания краснокнижных видов степей. Кроме того, последствия невостребованности сказались и на искусственных водоемах, большинство мелких спущены, их донья зарастают древесно-кустарниковой и полукустарниковой растительностью.

Целинный мегапроект имел три варианта. Первый, по Вавилову и Тулайкову, аграрно-рациональный, предложенный в начале 1930-х и предполагавший распашку 11-12 млн га в 1930 г.; второй, по Григорьеву, географически-рациональный, разработанный в 1941-1943 гг. и предполагавший распашку 13-15 млн га; третий, по Хрущёву, мобилизационный, предложенный в 1954 г. с распашкой 40 млн га и перевыполненный до 43 млн га.

Облик современных степных агроландшафтов Северной Евразии, структура, специализация и проблемы сельского хозяйства, весь комплекс агроэкологических проблем и реабилитационных успехов являются наследием аграрно-социальных мегапроектов, прежде всего Целинного (1954-1963 гг.): одни определили современные агроландшафты, другие создали научный потенциал для их изучения. Степные ландшафты Евразии в результате аграрно-социальных мегапроектов окончательно превратились в агроландшафты.

Взаимопроникающее влияние мегапроектов в наибольшей степени проявилось в Заволжско-Уральском степном регионе, в том числе в Оренбургской области, наиболее типичной для него и степной зоны в целом.

Земельная реформа 1990-х, пусть вопреки замыслу, но способствовала стихийному самовосстановлению степной растительности на залежах и деградирующих элементах лесомелиоративного каркаса.

По совокупности привлеченных материальных ресурсов, труда и энергии рассмотренные мегапроекты явились беспрецедентным стрессом для степной зоны, выведшим ее из долговременного равновесного состояния на востоке и создавшем целую систему новых ландшафтных элементов в Заволжско-Уральском регионе и к западу от него. Это стало уникальным экспериментом по активизации динамики степных ландшафтов и раскрытию их восстановительного потенциала, проявившего себя при реализации земельной реформы.

Глобальный эксперимент по самовосстановлению степей показал, что ландшафтные последствия целинного мегапроекта обратимы, но только в случае реализации сопоставимого по масштабам контрпроекта. Таким контрпроектом оказалась приватизация советских сельхозугодий – земельная реформа 1990-х. Массовый и единовременный заброс пашни без фитомелиорации, при котором даже при небольшой вероятности стечения прочих необходимых условий возникло достаточно много очагов раскрытия потенциала самовосстановления степей, которые были нами изучены (Левыкин, Нурушев, Казачков и др., 2017).

Ни в канун земельной реформы, ни к настоящему времени не произошла «децелинизация» идеологии степного землепользования, хотя еще инициатор целинного проекта признал необходимость его принципиальной корректировки.

Оценки аграрно-социальных мегапроектов, в наибольшей степени Целины и Земельной реформы, остаются дискуссионными и высоко политизированными, их вклад в развитие фундаментальной науки, прежде всего географии, остается недооцененным, как и последствия глобального эксперимента по самовосстановлению степных экосистем. Между тем для географии такие проекты являются единственной реальной экспериментальной базой, позволяющей предвидеть последствия будущих природопользовательских решений. Итоги таких экспериментов должны изучаться во всех их положительных и отрицательных подробностях, в том числе в динамике (Зворыкин, 1976). Для постсоветского пространства особое значение приобретает изучение динамичных процессов в ландшафтах после снятия с них сельскохозяйственной и промышленной нагрузки, причем эти процессы могут проявляться на пространствах, сопоставимых с ландшафтными зонами. В целом эти процессы проявляются в постиндустриальных странах, где сопровождаются активизацией исследований по ландшафтному планированию (Исаченко, 2005).

Считаем, что наш подход к оценке последствий основных аграрно-социальных мегапроектов поможет конвергентно рассмотреть проблему оптимизации степных агроландшафтов, в том числе достойно и по-хозяйски оценить ту колоссальную работу, которую провела сама природа по реабилитации степных экосистем. Роль географии видим в том, чтобы показать, как организовать и адаптировать степное пространство, превратив его из арены политически мотивированных мегапроектов в образцовую для биосферы природно-антропогенную зону, устойчивую в социально-экономическом развитии.

В заключение отметим, что в настоящее время в России реализуются национальные проекты в области сельского хозяйства и экологии. Мы предлагали, с учетом всей важности проблемы и особого значения степной зоны для продовольственной безопасности, депонирования углерода, восстановления титульных степных биологических видов и адаптации степного землепользования к климатическим изменениям и иным вызовам, инициировать специализированный степной национальный проект либо принципиально усилить степную составляющую действующих. Надеемся, степная проблематика все-таки выйдет на национальный проектный уровень, а Оренбуржье станет одним из пилотных регионов нового степного мегапроекта. Успешность реализации подобного рода проектов требует заимствовать лучшие достижения предшествующих аграрно-социальных мегапроектов, учесть все их издержки и ошибки, более детально изучить их наследие для принятия наиболее эффективных решений. Оценка уроков и последствий мегапроектов с позиций степеведения, надеемся, будет способствовать переходу от неоцелинных и трансформистских идей и стратегий к агроэкологической и социальной адаптации землепользования к климатическим изменениям и другим вызовам современности.

1.2. ЦЕЛИННЫЕ КАМПАНИИ XXI ВЕКА

Подобно тому как столыпинским реформам предшествовало переселенческое движение, современной Целине предшествовало больше полутора десятилетий государственных усилий, направленных на распашку залежей, образовавшихся в 1990-е. Уже в 2009 году, после ряда благоприятных для земледелия лет и реализации Национального проекта по сельскому хозяйству (2006-2007), на Зерновом форуме в Санкт-Петербурге на государственном уровне обсуждалась задача выхода России в лидеры по экспорту зерна, в том числе за счет возвращения в оборот залежных земель. В 2008-2010 гг. нами в модельной Оренбургской области и в сопредельных областях Казахстана фиксировались факты массовой распашки вторичных степей, что уже тогда давало повод говорить об очередной, на сей раз международной целинной кампании (Чибилёв, Левыкин, Казачков, 2012).

Глядя на современную Целину, мы вынуждены признать, что в 2012 году, пожалуй, погорячились: если и можно было говорить о новой Целине в отношении тогдашних распашек, во всяком случае российских, то разве что о региональной. В 2015 году мы констатировали существование десятков миллионов гектар залежей, тогда же мы отмечали, что ситуация в агропромышленном комплексе напоминает таковую перед хрущевской Целиной, когда был выбор генерального направления инвестиций в сельское хозяйство между староосвоенными регионами лесной зоны и залежными землями степной зоны. Отличием 2015 года от 1953-го мы признавали новые технологические возможности, развитое собственное производство минеральных удобрений, только работающее главным образом на экспорт, и наличие значительного экспортного потенциала зерна, то есть не было и тени нехватки продовольствия (Левыкин Казачков, Чибилёва, 2015). Здесь отметим еще одно отличие: уже к 1990 году крупных массивов подлинно целинных пахотопригодных земель практически не осталось, все распашки XXI века ориентированы в первую очередь на залежи.

Несмотря на десятки миллионов гектар залежей, мы в 2015 году испытывали серьезное беспокойство за судьбу развившихся на них вторичных степей, ведь наличие крупного залежного клина трактовалось государством как серьезная эколого-экономическая проблема, требующая государственного решения, – не вопросы рентабельности или эффективности сельского хозяйства, тем более устойчивости, а именно само по себе наличие залежей. Порядка 12 млн га залежей, в основном в степной зоне, признавались пригодными для введения в оборот в темпе порядка 1 млн га в год, то есть достаточно быстро, чтобы за 10-12 лет все эти залежи, в том числе покрывшиеся вторичными степями, оказались распаханы. При этом заросшие угодья в лесной зоне остались бы неосвоенными подобно тому, как в 1954 г. целинные земли степной зоны распахивались на фоне усугубления кризиса сельского хозяйства в Центральной России (Левыкин, Казачков, Чибилёва, 2015).

В 2018 году мы отмечали резкое ужесточение государственных требований к целевому использованию сельхозугодий, прежде всего пахотных, с примерами крупных штрафов за наличие залежей. Такая политика спровоцировала новый виток массовой распашки залежей. Признавая значимость целевого использования земель, мы обратили внимание на то, что это самое целевое использование задано позднесоветским землеустройством, в постцелинных регионах сложившемся в результате хрущевской Целины и включившем в пашню малопродуктивные в этом качестве угодья, причем структура угодий, согласно этому землеустройству, оказалась надежно закреплена в результате земельной реформы 1990-х. В этой связи мы утверждали, что первый шаг проведения земельных реформ должен был быть структурным, с отделением малопродуктивной пашни, а не простым разделом советского наследия между всеми сельскими жителями (Левыкин, Казачков, Яковлев и др., 2018).

В 2019 году, когда была принята «Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года» (Долгосрочная стратегия…, 2019), тенденция к возвращению в оборот залежей, особенно степных, казалось, приблизилась к остановке. Оптимистический сценарий, согласно которому валовое производство зерна достигает 150 млн т, предусматривал рост посевных площадей под ними лишь на 3-4 млн га. В приоритетных направлениях развития констатируется, что изменение климата позволит использовать ранее выпавшие из оборота земли в Нечерноземье. Среди мероприятий, которые должны обеспечить развитие зернового комплекса, предусмотрен широкий круг мер повышения культуры земледелия, его интенсификации, технического и научного обеспечения.

Всего через два года после «Долгосрочной стратегии» утверждена «Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» (О Государственной программе…, 2021), получившая известность как «Целина-2». Целью программы поставлено вовлечение в оборот земель сельскохозяйственного назначения площадью не менее 13,2 млн га – цифра поразительно близка к первоначальной цели хрущевской Целины, но ее предусматривается достичь к концу 2031 года, то есть за 10,5 лет. Финансовое обеспечение программы запланировано в размере 754 млрд рублей, из них 538,6 млрд руб. из федерального бюджета.

На первый взгляд, речь идет о достаточно постепенном вовлечении в использование 13,2 млн га сельхозугодий вообще, а не только пахотных земель, совпадающем с хрущевской Целиной лишь в цифре и не являющемся целинной кампанией, но наблюдаемая нами в поле практика реализации этой программы, а также опросные сведения показали шокирующие результаты. В постцелинных регионах количество пахотных земель уже к 2023 году превысило позднесоветский максимум, а ведь на позднесоветском максимуме под пашней в этих регионах было все технически пахотопригодное, даже малопродуктивное в качестве пашни. Такое стало возможным только за счет распашки кормовых угодий: отчасти это степные земли, считавшиеся непахотопригодными даже в хрущевскую Целину, отчасти даже пойменные сенокосы.

Уже в 2022 г. в России собран максимальный за всю историю урожай зерна – 153 млн т, рост глобальных потребностей в зерне мотивировал РФ к увеличению экспортного потенциала по зерновым, который в ближайшие годы прогнозируется на уровне порядка 60 млн т. И тем не менее, несмотря на рекордный экспорт, в 2023-2024 гг., судя по имеющимся у нас опросным данным и прессе, затоваренность элеваторов зерном негативно влияла на зерновой рынок (Аналитики предупредили…, 2024; Белая, 2024), что в какой-то степени аналогично ситуации 1956 года, когда рекордный урожай было некуда сложить.

РФ уже вышла в мировые лидеры по экспорту пшеницы, на которой традиционно специализируются степные регионы. Под давлением этих факторов бывшая степная зона эволюционирует в «новое старое качество» монотонного агроландшафта с высочайшей степенью распашки, но при том с выраженной экспортной ориентацией и распространением интенсивных технологий земледелия, доступностью кредитно-финансовых и иных ресурсов. В такой ситуации, при том, что пашня уже превысила позднесоветский максимум, экологические резервы популяций степной биоты с высокой степенью вероятности не сохранятся. Упрощение смены вида разрешенного использования сельхозугодий, в котором степеведение видело инструмент оптимизации структуры сельхозугодий, в силу приведенных выше факторов, наоборот, легализовало распашку кормовых угодий, маловостребованных из-за стагнации животноводства. Все это позволило нам говорить о переходе пространства, охваченного хрущевской Целиной, которое мы ранее рассматривали как постцелинное, в агроэкспортное пространство (Левыкин, Казачков, Яковлев, 2023).

Сложившаяся тенденция ведет к повтору ландшафтно-экологического кризиса степей, констатировавшегося в 1980-е (Чибилёв, 1992*б*) в новых условиях, причем последствия могут быть более трагичными, чем у предшествующего кризиса, вплоть до полной утраты степей вследствие потери самовосстановительного потенциала, как это случилось на ЕТР. По нашим наблюдениям, повторная перепашка вторичных степей снижает их потенциал самовосстановления. Возможно, это связано с климатом, исчерпанием запаса семян в почве и на окружающих участках, иными закономерностями экологии степного растительного покрова, возможно, пока не известными. Главной надеждой на сохранение степей остается не их высокий самовосстановительный потенциал, а то, что за Целиной почти всегда следует отступление пашни, что будет подробнее рассмотрено в следующем подразделе.

Предвидя повтор глубокого кризиса степей, не можем не сказать о том, что современная Целина начата в период действия в России целого ряда стратегических государственных актов, стратегий и проектов, так или иначе требующих сохранения степей. Так, например, Национальный проект «Экология» (2019-2024 гг.) содержит Федеральный проект «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма». Среди приоритетных видов – степные: сайгак, лошадь Пржевальского, дзерен, а их сохранение трудно представить себе без крупных степных участков (Паспорт федерального проекта…, 2018). Еще сложнее представить себе без таких участков реализацию «Стратегии сохранения сайгака в Российской Федерации» (утверждена распоряжением МПРЭ РФ от 11.08.2021 г. № 30-р), разработанной в целях реализации названного федерального проекта.

Исполнение Указа Президента РФ № 666 от 04.11.2020 г. «О сокращении выбросов парниковых газов» требует, а «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» (утверждена распоряжением Правительства РФ № 3052-р от 29.10.2021 г.) предусматривает использование потенциала депонирования углерода в агроландшафтах, в т.ч. на залежах, а потенциал депонирования углерода степными экосистемами известен из отечественных исследований (Курганова и др., 2019). Без использования этого потенциала трудно представить себе и реализацию Климатической доктрины РФ (утверждена указом Президента РФ № 812 от 26.10.2023 г.).

В России так же действует «Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации» (утверждена Указом Президента РФ № 145 от 28.02.2024 г.), в которой констатируется исчерпание резервов экономического роста за счет экстенсивной эксплуатации сырьевых ресурсов, а в качестве приоритетов и перспектив научно-технологического развития предусмотрены переход к экологически чистому и продуктивному агрохозяйству, «переход к развитию природоподобных технологий, воспроизводящих системы и процессы живой природы в виде технических систем и технологических процессов, интегрированных в природную среду и естественный природный ресурсооборот». То есть стратегией предусмотрено копирование природных систем в хозяйстве, в том числе степных, а не тотальная распашка последних остатков степей.

Одновременное действие «Целины-2» и перечисленных государственных документов со всей очевидностью требует ограничить экспансию пашни на последние сохранившиеся степи.

Не можем не обратить внимание на то, как в 70-летний юбилей хрущевской Целины и в разгар «Целины-2» постцелинное пространство, прежде всего на Южном Урале, и в Северном Казахстане, и в Сибири, напомнило о себе, словно специально к юбилею предупреждая о совершенных агроэкологических просчетах, невиданным паводком на степных реках. На р. Урал были подтоплены Оренбург и Орск, залиты десятки тысяч домохозяйств, ущерб исчисляется миллиардами рублей. Да, безусловно, последствия в основном ликвидированы, но стоит еще раз глубоко задуматься над масштабами и сроками покорения степей и возможным ответом биосферы.

1.3. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТАГРАРНОГО И ПОСТСЕЛИТЕБНОГО НАСЛЕДИЯ СТЕПЕЙ: ДИНАМИКА, ТРАНСФОРМАЦИЯ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕСТАВРАЦИИ

Современный этап развития страны сопровождается значительным изменением каркаса расселения, трансформацией природной среды, вследствие чего необходим комплексный подход к проблеме взаимодействия общества и природы. Процессы сжатия пространства и трансформации системы расселения масштабно воздействуют на изменение и эволюцию типов природопользования в регионе.

Упразднение населенных пунктов носило массовый характер начиная со второй половины XX века. Зачастую этот процесс сопровождался простым переселением населения и забрасыванием территории без каких-либо работ по рекультивации. В итоге на территориях бывших поселений сформировались своеобразные природно-антропогенные комплексы, с различной степенью вовлеченности в хозяйственную деятельность.

Процесс исчезновения населенных пунктов в последние десятилетия стал одной из существенных проблем в системе расселения. В первую очередь, официальное исчезновение поселений – это их упразднение в соответствии с Федеральным законом от 06.10.2003 г. № 131-ФЗ (ред. от 06.02.2023 г.) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (Федеральный закон…, 2003). В то же время встречаются ситуации, когда населенный пункт в официальных документах муниципалитетов, а также в статистических сборниках и т.д. существует, но по факту его нет (отсутствуют постоянные жители, строения разрушены или отсутствуют и т.д.). Такая ситуация возможна по причине отсутствия согласия зарегистрированных в нем жителей на упразднение и может возникнуть при невозможности получить данное согласие из-за фактического проживания данных жителей в других поселениях, но не снявшихся с регистрационного учета. В тех случаях, если населенный пункт официально не упразднен, он считается населенным пунктом без населения, хотя в переписях населения может значиться какое-то количество жителей. Абсурдность данного определения рассматривается рядом авторов в своих работах (Румянцев и др., 2018). В тоже время в статистических данных такие объекты присутствуют, что открывает дискуссионный вопрос об определении статуса таких поселений, так как на местности встречаются объекты, где нет уже явных признаков поселения (отсутствуют или разрушены все строения, отсутствует инфраструктура и т.д.), но в официальных документах данный объект является населенным пунктом, за частую с каким-то количеством населения. Так называемый процесс исчезновения, забрасывания сельских поселений является печальной современной тенденцией, которая характерна для многих регионов России.

Исчезнувшие и исчезающие сельские поселения рассматриваются с позиций ландшафтоведения, физической географии, образуя своеобразный природно-антропогенный комплекс в виде пост-селитебных ландшафтов, на примере которых возможно наблюдать за разнонаправленными изменениями в природопользовании. В тоже время рядом авторов отмечается (Панков, 2009), что ландшафтный подход в изучении сельских населенных пунктов не получил должного развития, тем самым подтверждая актуальность подобных направлений исследований.

Трансформация системы расселения и изменение структуры землепользования территории тесно связаны между собой, и хронологически их можно отнести к нескольким временным периодам, связанным с хозяйственным освоением территории и развитием технического и технологического потенциала. Как правило, это развитие способствовало как появлению, так и упразднению населенных пунктов. На территории Оренбургской области в ее современных границах за последние сто лет можно выделить несколько этапов: упразднение населенных пунктов в 1930-1940-х годах;

позже, с укрупнением колхозов и совхозов, произошло упразднение в 1970-1980-х годах; современный этап, связанный с переселением из деревень в крупные населенные пункты и города, этот процесс связан преимущественно с социально-экономическими факторами, в том числе естественной убылью населения, миграционным оттоком, отсутствием необходимой инфраструктуры и т.д. В то же время, в ходе реформ, направленных на укрупнение сёл, некоторые некрупные поселения не исчезли в прямом смысле слова, а вошли в состав соседнего, более крупного поселения. В настоящее время некоторые исчезнувшие сельские поселения представляют интерес как объекты туризма за счет сохранности исторически значимых объектов, как правило, старых сохранившихся церквей.

В первую очередь забрасываются наиболее удаленные объекты, среди которых часто присутствуют бывшие отделения колхозов и совхозов, ставшие в свое время самостоятельными поселениями и которые располагались крайне неудобно с логистической точки зрения.

Нами начато формирование реестра исчезнувших поселений на территории Оренбургской области. Данная работа проводилась в несколько этапов. На первом этапе для создания реестра использовались данные о существующих поселениях в соответствии с Постановлением Правительства Оренбургской области «О реестре (перечне) административно-территориальных единиц (населенных пунктов) Оренбургской области» (О реестре…, 2008) и данные ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», в частности «Реестр наименований географических объектов по Оренбургской области» (Реестр…, 2022). Из данного источника выбирались объекты с типом «урочище», данные по координатной привязке сопоставлялись с топографическими картами и космоснимками, при необходимости положение точки корректировалось с фактическим местом нахождения объекта. Далее по разномасштабным и разновременным топографическим картам проводилась детальная визуализация потенциальных объектов и также сравнение таких мест с общедоступными космоснимками максимального разрешения. Наиболее удобными для работы были снимки на базе web-сервисов GoogleMaps, YandexMaps, BingMaps, а также программный продукт SAS.Planet, в котором удобно собраны воедино спутниковые и ряд топографических карт. По данным спутниковых снимков нами было установлено, что за последние годы в разных районах Оренбургской области несколько населенных пунктов фактически прекратили свое существование несмотря на то, что по данным переписи населения 2010 года, результаты которой на данный момент наиболее доступны, численность населения составляла до 100-150 человек. Такие результаты говорят о необходимости сопоставления статистических данных переписи населения с фактическим состоянием на местности.

Важной методической составляющей обнаружения объектов по картам и космоснимкам является условный знак «кладбище» на топографических картах, что говорит о высокой вероятности нахождения на данном участке местности ИНП, особенно это актуально при визуализации объектов по снимкам, где не отмечается признаков населенных пунктов или они слабовыраженные.

Визуализация по снимкам позволяет оценить состояние бывших поселений и современные природно-антропогенные процессы, связанные с промышленно-хозяйственным освоением, использованием территории ИНП под сельскохозяйственные угодья, самозарастание лесными культурами и т.д.

Второй этап включал экспедиционные исследования на территории нескольких ключевых районов в разных частях области. В результате полевых экспедиционных выездов были обследованы исчезнувшие поселения в различных районах области – Тюльганском, Соль-Илецком, Асекеевском, Красногвардейском, Северном, Светлинском и др. В этих районах фиксировалось современное состояние бывших

поселений, ведение или отсутствие хозяйственной деятельности. Во многих случаях антропогенное воздействие либо полностью отсутствует, либо минимизировано и представлено в виде использования территории под сенокосно-пастбищные угодья. Но в ряде случаев отмечается преобразование поселений под пашню, использование территории бывших поселений под нефтегазодобычу (характерно для районов западной части области). Стоит отметить, что при проведении прикопок на месте бывших поселений часто, на внешне чистой природной территории, оказывается погребен мелкий строительно-бытовой мусор на глубине 10-30 см. Такие прикопки позволяют более точно установить места бывших поселений, места расположения улиц, домов, которые не всегда идентифицируются. Это, как правило, характерно для небольших поселений, которые исчезли в середине XX века или раньше, и на картах об их наличии свидетельствуют только условные обозначения кладбищ. Остатки более крупных поселений идентифицируются значительно легче, так как часто видны остатки фундаментов, культурные насаждения, а также прослеживаются по космоснимкам. Наличие условного знака «кладбище» на топографических картах практически со стопроцентной вероятностью говорит о расположении по близости исчезнувших поселений, но в то же время на местности кладбища не всегда идентифицируются. Это связано с их сохранностью и временем заброса поселения. Встречаются территории, где их идентификация на местности возможна лишь по наличию сплошной кустарниковой растительности на небольших участках прямоугольной формы и при онлайн сопоставлении с топокартами (для этих целей необходимо наличие интернета непосредственно «в поле» и соответствующих картографических ресурсов).

Для более детального изучения был выбран модельный район – Тюльганский, находящийся в центральной части области и во многом отражающий общую суть истории освоения и землепользования в регионе. На территории выбранного района проводились периодические мониторинговые исследования, включая как экспедиционную деятельность, так и аналитическую с использованием общедоступных космоснимков и картографического материала, а также архивных и статистических данных.

Датированная история заселения района по разным архивным материалам разнится и относится либо к концу XVI века, либо начинается с конца XVII – начала XVIII века, с появлением первых башкирских поселений в долине реки Яман-Юшатырь. В настоящее время там до сих пор существуют два башкирских села – Давлеткулово и Алабердино, а ниже по течению, но уже на территории Куюргазинского района Башкортостана – еще одно поселение. Следующие датированные факты появляются лишь во второй половине XVIII века, связанные с именем Тимашева. Появляются поселения на месте нынешних сел Ташла, Тугузтемир, Городки. Вторая волна заселения территории приходится на вторую половину XIX века – начало XX века. Сильный толчок к освоению и заселению, что характерно и для большей части Оренбургской области, дала столыпинская реформа. В этот период практически сформировалась устойчивая сеть поселений, была основана большая часть поселений в центральной и южной части района. Эти поселения были основаны переселенцами преимущественно с юго-западных и центральных регионов Российской Империи. Так как район не относился к целинным районам, то в этот период, в отличие от южных и восточных районов области, формирования поселений практически не было. С середины XX века произошло формирование лишь современного районного центра и ряда мелких поселений, связанных с разработкой буроугольного месторождения, а также хозяйственной деятельностью района, но фактически как полноценное поселение сохранился только районный центр (Тюльган).

К концу 1920-х годов на территории района в современных границах насчитывалось более 130 поселений различного типа (село, деревня, хутор и т.д.). Такое большое количество населенных пунктов связано с тем, что по официальным

статистическим данным до начала 1960-х годов к поселениям относили лесные кордоны и сторожки, мельницы, машинотракторные станции и фермы, железнодорожные будки, станы и т.д. На 1920-1930-е годы приходится пиковое значение числа поселений. В последующие годы их численность снижалась и к настоящему моменту, по официальным данным, составляет 42 населенных пункта, но фактически их 40, так как в официальной статистике присутствуют 2 поселения, которые физически на местности уже не существуют, отсутствуют все признаки поселения – это села Славянка и Советский *(рисунок 1.1)*. В это же время возникает правовой казус: по официальным данным, в том числе по переписи населения, по документам на официальном сайте района, эти территории являются населенными пунктами, но в то же время по данным Росреестра и информации на публичной кадастровой карте – это территории сельскохозяйственного назначения. Наличие такого явления можно объяснить законодательными сложностями признания поселений нежилыми. Такие поселения в некоторых источниках считают населенными пунктами с нулевой численностью (Румянцев и др., 2018). Необходимо отметить, что их можно разделить на две группы: первая – поселения, где не осталось признаков жилого поселения (наличие жилых домов, инфраструктуры) и те, которые еще физически сохранились, и население их покинуло в последние годы. В официальной статистике присутствуют и те и другие, и для их выявления необходим картографический анализ по современным космическим снимкам в совокупности с экспедиционным обследованием территории.

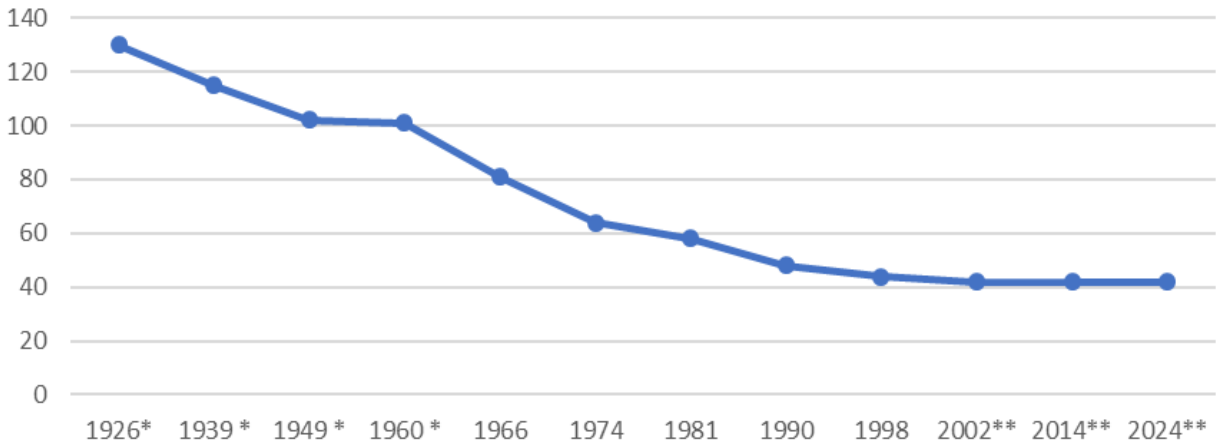


Рисунок 1.1. Количество населенных пунктов Тюльганского района.

*Условные обозначения: * – данные с учетом пересчета на современные границы района; ** – с учетом фактически несуществующих НП Славянка и Советский.*

К 1939 году насчитывалось 115 различных поселений (Административное и территориальное..., 1939), в период с конца 1940-х по начало 1960-х годов произошла временная стабилизация количества населенных пунктов (Административное и территориальное..., 1949), а после снова их количество начало уменьшаться. Наиболее массовое упразднение поселений пришлось на конец 1960-х – начало 1980-х годов (Оренбургская область…, 1960; Оренбургская область…, 1974; Оренбургская область…, 1981). Также в этот период из статистики численности населенных пунктов убрали фактически не являющиеся полноценными поселениями объекты – лесные сторожки, станы и прочие, указанные выше. Всего же, проанализировав данные статистически сборников и архивных материалов, установлено, что в разные годы на территории района существовало около 150 различных поселений, основанных и исчезнувших в разное время. Исходя из этих данных получаем, что при 40 физически существующих поселений только за последние 100 лет исчезло 90 поселений.

Из них точное местоположение удалось установить только у 59 объектов, еще около 10 поселений слились в разное время с более крупными селами. Сложности обнаружения остальных поселений связаны с отсутствием детальной картографической информации, а в справочниках по административно-территориальному делению указано только расстояние от головной усадьбы или центра сельсовета.

Для выявления потенциальных мест расположения не картированных исчезнувших поселений нами был проведен визуальный анализ расположения выявленных исчезнувших и существующих поселений относительно рек, расположения прудов, лесных колков, сельскохозяйственных угодий, для чего использовались общедоступные космоснимки 1969, 1975, 1980 годов на исследуемую территорию. По его итогу установлено, что практически рядом с каждым заброшенным поселением располагался один или несколько прудов, как правило, в верховьях небольших рек, в урочищах, визуально пригодных для размещения поселения. Таким образом, наличие искусственных водоемов в определенных урочищах может быть признаком нахождения некартированных исчезнувших поселений. При сравнении таких мест с современными космоснимками высокого разрешения на некоторые участки территории (на примере общедоступных космоснимков Google от мая 2024 года), можно визуально оценить неравномерность растительного покрова, в том числе прямоугольных форм, что может говорить о нахождении там старых кладбищ, следов антропогенных объектов, ям и т.д. По итогам визуальной оценки окончательное подтверждение или опровержение возможно установить только по результатам полевого обследования.

По картографическим данным удалось установить, что средняя площадь исчезнувших поселений составляла 0,35 км^2, а с учетом всех существовавших в разное время поселений плотность составляла одно поселение на 12 км^2. В настоящее же время плотность составляет одно поселение на 45 км^2, в тоже время средняя площадь поселения увеличилась до 0,75 км^2. Площади поселений рассчитывались на основе оцифрованных картографических и спутниковых данных и включают в себя непосредственно селитебные территории и не учитывают земли, используемые под сельскохозяйственные угодья, но входящие в состав поселения на основе открытых данных Росреестра.

Большинство исчезнувших поселений располагались в южной части района, что объясняется максимальной сельскохозяйственной освоенностью этой части района, примечательно, что именно эта часть вошла в состав современного района только в конце 1950-х – начале 1960-х годов. В ландшафтном отношении исчезнувшие поселения располагались в верховьях и средних течениях небольших рек, рядом с лесными массивами и были удалены от центральных усадеб и объектов инфраструктуры. Наличие водных ресурсов было одним из ключевых факторов в формировании поселений. При сравнении космических снимков 1970-х – 1980-х годов с современными заметна деградация ландшафтного облика на месте исчезнувших поселений. Так, берега рек и ручьев зарастают древесно-кустарниковой растительностью, в то время как при существовании поселения в этих местах древесно-кустарниковая растительность либо отсутствовала, либо была аккуратно рассредоточена по берегам *(рисунок 1.2).*

Отмечается снижение водности малых рек, пересыхание их верховьев, уменьшение количества родников и их исчезновение, а также увеличение количества бобровых плотин и, соответственно, небольших запруд. Этому способствовала, помимо отсутствия постоянного населения и пользования водоемами, активная экспансия сорных видов растительности как по берегам рек и ручьев, так и на территории исчезнувших и исчезающих поселений, в частности клена ясенелистного, вытесняющего традиционные виды растительности. Проблема экспансии клена и других сорных видов (Золотухин и др., 1999; Колтунова и др., 2017) в последние годы

становится все более актуальной, особенно в поймах рек, причем не только на территории исчезнувших поселений. Помимо пойм, клен активно распространяется по лесополосам, на месте садово-парковых насаждений на территориях поселений.

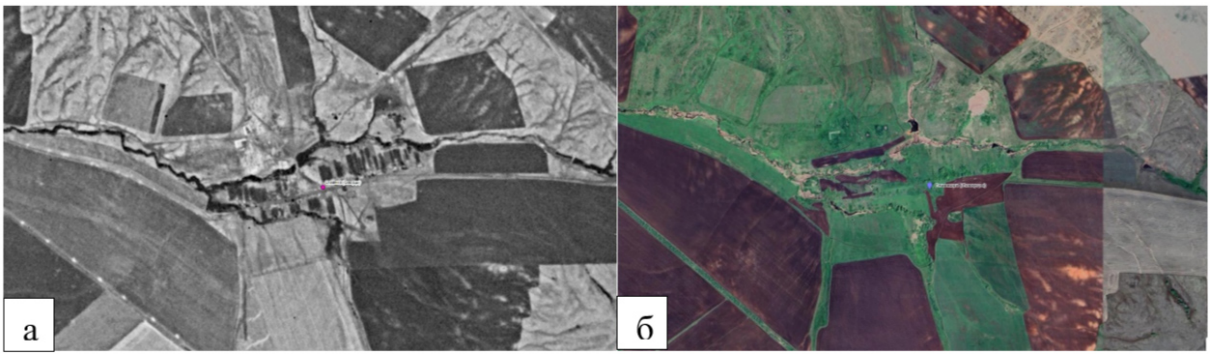


Рисунок 1.2. Изменение состояния водотоков и приречных территорий в окрестностях исчезнувшего поселения Славянка.

Условные обозначения: а – фрагмент космоснимка от 25.06.1975 г., б – фрагмент космоснимка от 24.05.2024 г.

На территории некоторых исчезнувших поселений в настоящее время отмечается распашка и вовлечение бывших селитебных земель в пахотный оборот *(рисунки 1.2, б; 1.3, а)*. По нашему мнению, данные действия не допустимы, так как уничтожают память о поселениях и в то же время не приносят максимальной отдачи. В результате полевых обследований на таких участках сельскохозяйственные культуры визуально значительно отличаются качеством и высотой в худшую сторону от других участков. Этот факт также подтверждается анализом космоснимков с использованием вегетационного индекса NDVI, где четко прослеживается неоднородность в структуре посевов на территориях бывших поселений, в отличие от угодий, всегда использовавшихся в растениеводстве *(рисунок 1.3, б)*.

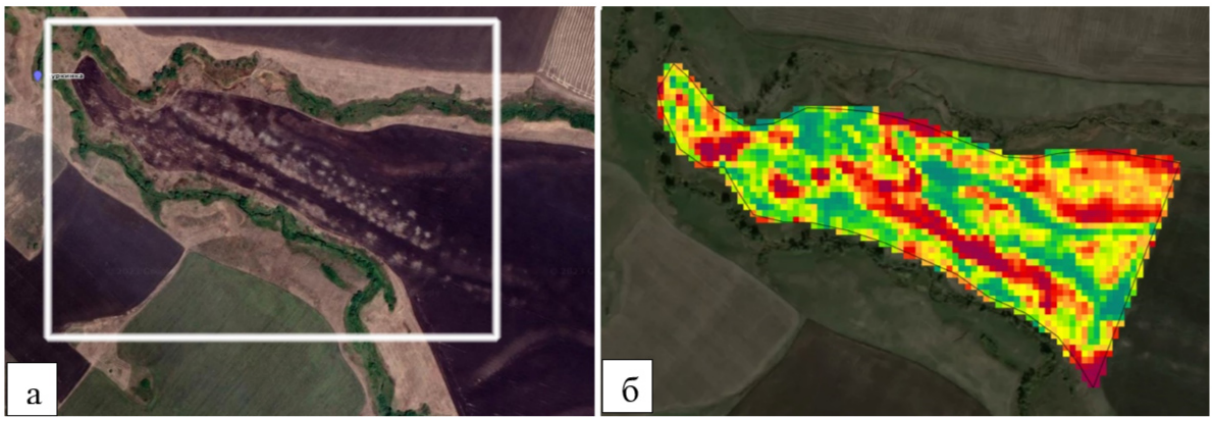


Рисунок 1.3. Распашка на территории бывшего поселения Буркинка.

Условные обозначения: а – фрагмент космоснимка в естественных цветах; б – неоднородность индекса NDVI.

Оптимальным с позиций природопользования видится использование территорий бывших поселений в качестве сенокосных угодий, что позволяет использовать территорию в сельском хозяйстве, не нарушая законодательство, так как подавляющее большинство таких территорий относится к землям сельскохозяйственного назначения и, соответственно, требуется вовлечение ее в сельскохозяйственный оборот. В настоящее время такое использование отмечается на

ряде территорий некоторых поселений. Также видится возможность совмещения использования с охотничьими угодьями или резерватами воспроизводства для некоторых представителей животного мира ввиду того, что исчезнувшие поселения являются хорошим рефугиумом для этого. Подобные примеры реализуются на примере Белгородской области (Артищев, 2013; 2019). Довольно часто бывшие поселения используются в качестве пастбищ, а также для стойлового содержания скота в летний период. На топографических картах можно встретить условные обозначения сельскохозяйственных объектов, таких как летник, машинно-тракторная станция, ферма и т.д., как раз на месте небольших бывших поселений. Этому способствует наличие водопоев на реках либо созданных прудах.

Ситуация, характерная для модельного района, также характерна и для большинства остальных районов области, да и многих муниципальных образований за пределами Оренбургской области. Во многих небольших сельских поселениях, которые в настоящее время находятся на грани исчезновения, проживает всего не более десяти-двадцати человек, преимущественно пенсионного возраста. В таких поселениях практически полностью отсутствует необходимая для жизни инфраструктура, что приводит к резкому оттоку молодого населения. Зачастую население мигрирует в более крупные населенные пункты как в пределах области, так и в другие населенные пункты страны.

Оценка современного состояния постселитебных территорий в различных районах области позволила разработать предварительную классификацию объектов, которая включает современное состояние объектов и характер природопользования.

Классификация исчезнувших поселений по степени сохранности включает следующие группы объектов:

1. *Утраченные полностью.* К таким объектам можно отнести затопленные при строительстве водохранилищ, утраченные при разработке месторождений полезных ископаемых, в частности карьерным способом, располагавшиеся на месте специальных объектов. Объекты данной группы невозможны для посещения и оценки их фактического состояния ввиду глубокой антропогенной трансформации местности. К таким можно отнести п. Шахты в Тюльганском районе *(рисунок 1.4)*, исчезнувшие поселения в Сорочинском районе на месте Сорочинского водохранилища, на востоке Оренбуржья на месте Ириклинского водохранилища и др.



Рисунок 1.4. Фрагмент топографической карты по состоянию местности на начало 1980-х годов и современного космоснимка на месте поселения Шахты.

2. *Утраченные без существенных следов существования.* Исчезнувшие поселения, где практически полностью отсутствуют видимые признаки поселений. Идентификация таких объектов возможна только по архивным данным и картографическому материалу. Как правило, такие поселения исчезли уже к середине XX века. Территория таких ИНП визуально похожа на естественные ландшафты, и отмечается существенное восстановление природных компонентов ландшафтов, в то же время на таких объектах зачастую отмечается сельскохозяйственное использование территории *(рисунок 1.5)*. На месте исчезнувших поселений расположены пахотные сельскохозяйственные угодья, также часто такие места используются под сенокосы и выпас скота.



Рисунок 1.5. Фрагмент космоснимка (слева) и фото современного состояния (справа), исчезнувшего в период между 1960 и 1974 годами поселения Камчатка в Северном районе Оренбургской области. Следы существования поселения на местности практически полностью отсутствуют.

3. *Утраченные, со следами существования.* Территории с различимыми признаками существования и функционирования населенных пунктов. В этой группе объектов автором выделяются три основные подгруппы:

– имеются трудно различимые следы строений. В большинстве случаев это трудно заметные ямы, всхолмления на месте построек, как правило, заросшие сорными видами растительности. Обычно расположение строений и улиц прослеживается с космических снимков *(рисунок 1.6);*

– имеются различимые следы строений. В таких ИНП помимо ям и всхолмлений, встречаются остатки фундаментов и строительных материалов;

– имеются неразрушенные строения. Такие населенные пункты, как правило, были оставлены относительно недавно, часто с хорошо сохранившимися строениями и внутренним убранством, различимыми объектами инфраструктуры, наличием садово-культурных насаждений и т.д. В то же время наиболее сохранившиеся дома часто разбирают на строительные материалы *(рисунок 1.7).*

Часто на местах таких ИНП встречаются остатки культурных насаждений, в то же время практически всегда рядом располагаются кладбища разной степени сохранности. Встречаются как хорошо сохранившиеся и ухоженные, так и кладбища с полностью поваленными надгробиями, зачастую с трудно различимой информацией и практически без ограждений, в то же время некоторые из них огораживают от диких животных и выпаса скота. Наличие насаждений и кладбища являются явным признаком того, что когда-то на данном месте был населенный пункт.



Рисунок 1.6. Фрагмент космоснимка исчезнувших поселений Жаильма Беляевского района (слева) и Кирпы (Саракташский район).



Рисунок 1.7. Пример сохранившихся строений и внутреннего убранства в заброшенных поселениях северо-западной части Оренбургской области (вверху) и фрагмент космоснимка поселения Криница в Ташлинском районе, где видны остатки строений и насаждений.

Особой подгруппой выделяются утраченные поселения, но с установленными памятными знаками. На их территориях часто проведены локальные работы по рекультивации и облагораживанию – оборудованы родники, проводится ежегодная расчистка территории от мусора, захламления и зарастания. ИНП на таких территориях можно отнести к культурным пост-селитебным ландшафтам. В таких случаях пост-селитебный ландшафт можно рассматривать как пример позитивного природно-антропогенного воздействия.

4. *Утраченные, но используемые в качестве объектов хозяйственной деятельности.* Здесь можно выделить две подгруппы. Первая группа – используемые в личном подсобном хозяйстве (пасеки, дачи, фермерские дома). Такие поселения можно назвать сезонно обитаемыми *(рисунок 1.8).*

Вторая – используемые в различных сферах промышленности, как правило для добычи природных ресурсов. В частности, объекты современного нефтегазового комплекса расположены в западных и центральных районах области с использованием инфраструктуры бывших поселений.



Рисунок 1.8. Пример использования бывших поселений
в качестве мест сезонного пребывания. Северный район Оренбургской области.

5. *Поселения, находящиеся на грани исчезновения (упразднения).* Во многих небольших сельских поселениях, которые в настоящее время находятся на грани исчезновения, проживает всего не более десяти-двадцати человек, преимущественно пенсионного возраста. В таких поселениях практически полностью отсутствует необходимая для жизни инфраструктура – отсутствие газификации домов, медицинских и образовательных учреждений, социальных объектов, что приводит к резкому оттоку молодого населения. Зачастую население мигрирует в более крупные населенные пункты.

На основе полученных данных в будущем возможно планирование мероприятий по рациональному природопользованию на территориях различных муниципалитетов области в соответствии с законодательством о правилах землепользования, а также актуализации данных о системе расселения в области, исключении исчезнувших поселений из официального реестра поселений.

1.4. ИСТОРИЯ И СПЕЦИФИКА ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОГО ОСВОЕНИЯ СТЕПНОГО РЕГИОНА НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

В ходе разработки концепции оптимизации степного землепользования с технологическим перевооружением земледелия, создания базы данных природоподобных технологий степного землепользования на примере модельного степного региона – Оренбургской области – были выявлены определенные закономерности, обусловленные специфическим совпадением ряда природных, исторических обстоятельств и приграничного положения своеобразных ворот в Азию.

Освоение этой контрастной во всех отношениях территории имеет почти трехсотлетнюю историю и начинается с государственных актов Российской Империи 1736-1744 годов масштабным заселением и земледельческим освоением приуральского «дикого поля» по государственной инициативе дворянством в качестве господствующего класса с закреплением за ним имений и трудовых ресурсов на самых выгодных условиях в наиболее благоприятной лесостепной части края (Мишанина, 2017). Отметим, что с момента образования в 1744 году Оренбургской губернии границы многократно пересматривались и стабилизировались только с образованием Оренбургской области в 1934 году и впоследствии менялись незначительно, главным образом внутри области с тенденцией к укрупнению районов.

Реализация государственной политики организации системы дворянских хозяйств была поддержана сооружением Самарской линии пограничных крепостей в 1730-е годы: Бузулук, Сорочинская, Новосергиевская, Переволоцкая, Оренбург (Мишанина, 2017; Стариков, 1891). Самарская линия обезопасила от набегов со стороны степных кочевников самые благоприятные для земледелия территории луговых и разнотравно-злаковых степей лесостепного северо-запада, который довольно быстро получил дворянскую специфику освоения многоплановым хозяйством с зерновым приоритетом. Аграрный дворянский стиль в Оренбуржье отличался прагматичным товарным хозяйством (Мишанина, 2017). По сути, дворянин и подчиненные ему крестьяне были первыми целинниками Оренбуржья, пришедшими в середине XVIII века по инициативе государства. Дворянин и землевладелец, по существу, возглавлял сельхозпредприятие – своеобразный аналог колхоза в иных исторических и политических обстоятельствах. Для степеведения особенно важно, что отдельные дворяне, например А.Н. Карамзин, не только занимались фундаментальным изучением природы лесостепной полосы, но и восстанавливали лесные насаждения и высказывали особую озабоченность уничтожением распашкой целинной степной растительности. Поэтому он и создал в своем имении заповедник целинной степи на площади 600 десятин, возможно это был первый в России дворянский степной заповедник (Мишанина, 2017).

Дворянская система землепользования достигла пика развития к 1860 году, тогда дворяне как класс составляли в среднем 1-1,5% населения Оренбургской губернии. По разным оценкам, в зависимости от вариаций расположения границ губернии, дворянство составляло более 7 тысяч человек. Размер имения варьировал в широких пределах от 50 до 10000 и более десятин (здесь и далее имеем в виду казенную десятину, равную 1,089 га) (Мишанина, 2017). Усредненный портрет усредненного помещичьего хозяйства Оренбуржья середины XIX века – комплексное хозяйство с приоритетом товарного зернопроизводства средней площадью 500 десятин с 30-50 работниками, что можно сопоставить с небольшой аграрной артелью или очень небольшим колхозом первой половины XX века.

Дворянское хозяйство к концу XIX века пришло в упадок, уступив место новым, более прогрессивным аграрным формациям, выполнив свою историческую миссию.

Другим важнейшим движением в аграрном освоении современной территории Оренбургской области было казачество. Первые казаки поселились в пойме р. Урал

ниже современного пос. Илек еще в конце XVI века (Карпов, 1911). Это были Яицкие (Уральские) казаки, которые не занимались товарным земледелием до начала XIX века. Они начинают распашку своих степных земель только в 1803-1806 годы по требованию реформы, проводившейся в крае князем Г.С. Волконским (Железнов, 1910). Н.А. Бородин относит начало развития земледелия в Уральском войске уже к 1820-1830-м годам (Бородин, 1891). К 1830-м годам осваивают наиболее плодородную северную часть своих владений. К концу XIX века Уральское войско обрабатывало около 500 тысяч десятин пахотной земли, из которой на посевные площади приходилось порядка 170 тысяч десятин. Примерно половина этих земель располагалась в юго-западных районах современной Оренбургской области. В его описании казачье земледелие предстает товарным переложно-залежным (блуждающим) зернопроизводством. На ранних этапах блуждающий характер был особенно выражен, хутора практически ежегодно перемещались от ранее распаханного участка к целинному. По мере сокращения количества целинных земель перемещения переориентируются на залежи и становятся реже, хутора превращаются в постоянные населенные пункты. Землей владела община, занимавшая порядка 20-50 десятин.

В середине XVIII века вдоль Самарской линии и юго-восточнее появляется Оренбургское казачье войско. С XIX в главной осью освоения для оренбургских казаков было среднее течение р. Урал: казачье земледелие распространялось на степные территории в центре, на юге и востоке области (Стариков, 1891). На 1852 год площадь земель Оренбургского войска оценивается в 4,4 млн га, из которых на современную Оренбургскую область приходится около 900 тысяч десятин, из них около 700 тысяч десятин (78%) пахотной (Отчет…, 1857). На конец XIX века станицы и поселки Оренбургского войска в пределах современной Оренбургской области занимали 3,2 млн десятин, из них 2,2 млн десятин (69%) пахотной. Землей распоряжалась станичная или поселковая община, семейные хозяйства занимались товарным зернопроизводством. Основными культурами были яровая пшеница и овес, валовые сборы которых в благоприятный год на конец XIX века можно оценить в 7,2 млн пудов пшеницы и 2,7 млн пудов овса, имея в виду значительные колебания год от года. При урожайностях того времени это порядка 180 тысяч десятин посевов только под пшеницей и порядка 45 тысяч десятин под овсом.

Отмена крепостного права при стремительном росте сельского населения способствовала интенсивному переселению из центральных регионов Российской Империи на целинные земли Южного Урала, Западной Сибири и Казахстана. Начиная с 1906 года государство организует и поддерживает переселенческое движение в ходе Столыпинской аграрной реформы. В Оренбургской области основная масса переселенцев прибыла в районы Предуралья и юго-восточного Зауралья. В тот период большая часть востока Оренбургской области относилась к Тургайской области и осваивалась со стороны Кустаная. Освоению способствовала деятельность специализированного Переселенческого бюро и ряда землеустроительных экспедиций. По нашим оценкам, в пределах современной Оренбургской области было выделено порядка 400 тыс. га. В результате переселенческого движения за 1885-1916 годы посевная площадь в области увеличилась почти в 2,2 раза, достигнув 2,5 млн га, из них посевы пшеницы – 1,6 млн га. В целом на Южном Урале в конце XIX века ежегодно засевалось от 20 до 45% пахотных земель (Всероссийская…, 1916; Статистические сведения…, 1895). По сути, Столыпинскую аграрную реформу можно признать первой крупной целинной кампанией России по масштабу вовлеченных переселенцев, количеству распаханных земель и степени преобразования восточных степей Евразии.

Отдельного внимания в переселенческом движении заслуживают немецкие (в советской трактовке) переселенцы 1890-х годов, большую часть которых составляли менониты – последователи отдельного направления протестантизма, чьи предки эмигрировали в Российскую Империю преимущественно из Нидерландов, но с 1921

года рассматриваемые советской властью как немцы. Менониты переселялись в Оренбуржье хорошо организованными общинами при активной поддержке со стороны общин на Украине, из которых они происходили. Менонитские колонии основывались на западе области в междуречье рек Ток и Самара. Католические и лютеранские немецкие общины заселяли центр и юг области. Немецкая и менонитская колонизация характеризовалась крепкими семейными товарными зерновыми хозяйствами, занимавшими порядка 40-80 десятин (Тюлюлюкин, 2006), ее результатом стали места компактного их проживания в центральной части области. Немецкие районы и хозяйства отличались более высокой культурой земледелия и быта.

В Советском периоде по инерции в начале существует многоукладное сельское хозяйство, унаследованное от Российской Империи, но уже в первые годы проводятся эксперименты с новыми моделями коллективных хозяйств: артели, кооперативы, коммуны, товарищества совместной обработки земли, колхозы. В связи с Гражданской войной посевные площади сокращаются с 1,1 млн га в 1917 до 0,36 млн га в 1923 году (Сельскохозяйственные районы…, 1927). С 1923 года сельское хозяйство вступило на путь восстановления и развития, что продолжалось до начала массовой коллективизации, посевная площадь увеличилась до 0,66 млн га в 1926 году. Это время можно рассматривать как первый период высокой динамичности агроландшафтов и посевных площадей. В этот период образовался первый в новой истории крупный залежный клин в степной зоне, доступный для изучения, были получены уникальные научные сведения по процессам самовосстановления степей и степных растительных сукцессий.

С позиций степеведения считаем принципиальным, что в первую треть XX в. в области господствовала переложно-залежная система земледелия, которая по мере сокращения земельных ресурсов эволюционировала от семипольной к трехпольной (Воронов и др., 1975). На 1927 г. в Оренбургской губернии зафиксированы четыре разновидности переложно-залежной системы и зачатки паровой системы в соотношении от 1:3 в западной и центральной части до 1:9 на востоке (Сельскохозяйственные районы…, 1927). Основываясь на рассмотренных выше сведениях о земледелии, считаем, что зафиксированная в оренбургском Зауралье доля посевных площадей не более 20% была характерна и в более раннее время.

Следующий период в аграрной истории края начинается с массовой коллективизации сельского хозяйства. К 1935 году этот процесс в Оренбургской области был практически полностью завершен, сельское хозяйство уже было организовано в детально изученные характерные для советского времени колхозы и совхозы, хотя еще сохранялись отдельные семейные хозяйства. Из 7 млн га имевшихся в области земель, официально признанных пахотными, колхозы засевали 2,5 млн га, совхозы 0,54 млн га. К 1935 году в Оренбургской области действовало 83 совхоза различной специализации (молочно-мясной, свиноводческой, овцеводческой, зернопроизводственной), в пользовании которых находилось в общей сложности 3,5 млн га угодий (Оренбургская область…, 1935), то есть совхозы распоряжались примерно четвертью территории области. Таким образом, идея совхоза не являлась новой для Целины 1950-х, хотя нужно признать, что в ту компанию она получила существенное дополнительное распространение.

В этой связи интересен пример совхоза Каинды-Кумакский, организованного на западе Адамовского района еще в 1929 году на площади около 164 тыс. га, но уже в 1932 г. разукрупненного до 90,5 тыс. га, а к 1935 году до 87,5 тыс. га (Оренбургская область…, 1935). Будучи организован в районе, который впоследствии будет признан целинным, совхоз Каинды-Кумакский может рассматриваться как прототип целинного совхоза, возникший за два десятилетия до Целины 1950-х. Однако, нельзя не отметить два нюанса: во-первых, имеющиеся данные позволяют утверждать, что совхоз возник на уже частично освоенной земледелием территории; во-вторых, в отличие от

целинных совхозов, засевавших практически все пахотопригодные земли, Каинды-Кумакский засевал всего 15% пашни (10,3 тыс. га из 67,3 тыс. га) (Оренбургская область…, 1935), и таким образом не вышел за пределы доли посевных площадей, характерной для Зауралья в более раннее время.

Середина 1930-х годов является важным историческим рубежом оренбургского аграрного землепользования, на котором Оренбургская область приобретает практически современные границы, проводится землеустройство, строгий учет пахотных земель и посевных площадей. Из 7 млн га пахотопригодных земель засевалось 3,1 млн га (Оренбургская область…, 1935), к 1940 году посевные площади достигли 3,6 млн га (Оренбургская область…, 1974). Во время Великой Отечественной войны произошло вынужденное сокращение посевных площадей на 20-30%, которые восстанавливались к началу 1950-х. Это был второй этап формирования крупного залежного клина, специфика которого в силу обстоятельств того времени не была изучена. Послевоенный период выделяется реализацией «Сталинского плана преобразования природы», в рамках которого была предпринята масштабная попытка реализации идей отечественных научных классиков (В.В. Докучаев, П.А. Костычев, В.Р. Вильямс) по обустройству степной зоны и противодействию засухам. После смены руководства СССР в 1953 году «сталинский план» был свернут, травопольная система земледелия попала под запрет. На этом фоне стартовал новый аграрный проект по освоению целинных и залежных земель в степных регионах страны, суть, специфика и последствия которого рассмотрены в наших предыдущих исследованиях (Chibilyov et al., 2023, Pazur et al., 2021).

В Оренбургской области к 1954 году насчитывалось порядка 2 млн га пахотопригодных целинных и залежных земель, расположенных в основном в восточных районах. Изначально планировалось освоить порядка 1 млн га, но по принятым встречным планам и сверх них было распахано более 1,8 млн га, из которых 1,3 млн га приходятся на т.н. целинные районы, в качестве каковых признаны те, где были созданы новые сельхозпредприятия, совхозы. Всего по области было создано свыше 40 совхозов, из них 10 целинных (40 лет освоению…, 1994).

Динамика и масштабы освоения целинных земель в разных частях области различались. Стоит отдельно выделить современный Светлинский район, в котором до 1954 году пашни практически не было, это был классический целинный район. В целом некоторое сокращение посевных площадей было отмечено в 1960-е годы после активизации ветровой эрозии, в основном в Адамовском районе и Домбаровском районах. Затем посевные площади стабилизировались с незначительными колебаниями вплоть до конца 1990-х годов.

К 1970 году практически все земли, которые были распаханы до Целины и вовремя нее, засевались. В тот период не было неиспользуемых земель, т.к. их наличие шло вразрез с государственной аграрной политикой. Стоит отметить постепенное увеличение посевов многолетних трав, прежде всего житняка. Таким образом, целинный мегапроект вплотную приблизил посевные площади к пахотнопригодным землям, поэтому 7 млн га пашни в 1935 году означают гораздо больше пространства для степей, чем 6,35 млн га пашни в 1970 году. Позднее этот показатель стабилизировался на уровне более 6 млн га (Оренбургская область…, 1974). В целом, в период максимальных посевных площадей зерновые занимали 4-4,7 млн га, пары – в пределах 0,8 млн га, остальная пашня занималась техническими культурами и кормовыми травами.

В 1980-е годы повсеместно реализовывался государственный проект по освоению земель коренного улучшения, по качеству значительно хуже полнопрофильных почв, но допускающих масштабную распашку. В области под многолетние травы планировалось освоить порядка 0,7-0,9 млн га таких земель, однако на практике именно эти земли стали основным фондом забалансовой пашни, которая

по разным оценкам составляла 0,6-0,8 млн га. Таким образом, в Оренбургской области к 1990 году было распахано порядка 7-7,3 млн га. Так или иначе, все земли, считавшиеся пахотнопригодными в 1930-е годы, к 1990 году были распаханы. До середины 1980-х годов безальтернативным принципом отечественного землеустройства и землепользования было: «пашня не может сокращаться, а может только прирастать». Вывод земель из пашни и их консервация применялись лишь в исключительных случаях полной утраты почвенного профиля. Во второй половине 1980-х годов на государственном уровне в процессе инвентаризации сельхозугодий СССР впервые была поставлена задача выявить и законсервировать малопродуктивную пашню. По данным землеустроительных дел из фондовых материалов Волгогирпозема, для этого была создана государственная комиссия по проведению инвентаризации, которая относила к низкопродуктивным следующие угодья: сильно смытые, неполноразвитые, песчаные почвы, солонцы и солонцово-степные комплексы с долей солонцов от 25%. Государственная комиссия инициировала проведение масштабных полевых исследований пахотных земель. По итогам первого тура исследований в области было выявлено порядка 300 тыс. га низкопродуктивной пашни, признанной подлежащей консервации. Практический вывод этих земель из оборота требовал сложной процедуры. В каждом хозяйстве объемы низкопродуктивной пашни согласовывались и утверждались собранием трудового коллектива. Решение собрания затем утверждалось руководством района и Облисполкомом, а после требовалось разрешение Совета Министров РСФСР, которое давалось с условием предварительного залужения выводимых из пашни земель и последующим присвоением статуса улучшенных кормовых угодий.

Общая картина земледельческого освоения области и его направлений, достигшего максимума к 1990 году, представлена следующим образом *(рисунок 1.9).*

Начиная с середины 1990-х годов, в результате проведения радикальных экономических и земельных реформ произошло обвальное сокращение посевных площадей – одно из самых значительных в истории аграрного освоения региона. На этот раз академической науке удалось изучить основные закономерности и факторы формирования структуры сельхозугодий и вторичных степных экосистем на постцелинном пространстве. Неиспользуемая пашня с конца 1990-х по 2018 год составляла порядка 1-1,3 млн га, на которых степные экосистемы восстановились до состояния вторичных степей на площади порядка 0,3-0,4 млн га, и впервые восстановление степей до такого состояния охватило огромные площади. Однако уже в конце второго десятилетия XXI века залежные земли начали активно осваиваться, в среднем по 40-50 тыс. га в год. Этот процесс активизировался в связи с выполнением «Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации». На начало 2024 года в Оренбуржье еще остается порядка 0,3-0,4 млн га залежных земель, основная масса которых сосредоточена в наименее благоприятных для земледелия районах Предуралья и сухостепного Зауралья. Общим итогом более чем 250-летнего земледельческого освоения Оренбургской области стала распашка практически всех технологически доступных степных земель площадью свыше 7 млн га, из которых не менее 2 млн га составляют потенциально малопродуктивные земли, основная масса которых выпала из оборота в конце 1990-х и в настоящее время переосваивается.

Факторы, тенденции и особенности современной динамики аграрного степного землепользования, закономерности выхода земледелия на новый исторический максимум в XXI веке, возникающие, в связи с этим проблемы и вызовы степного землепользования остаются важным приоритетом современного степеведения.

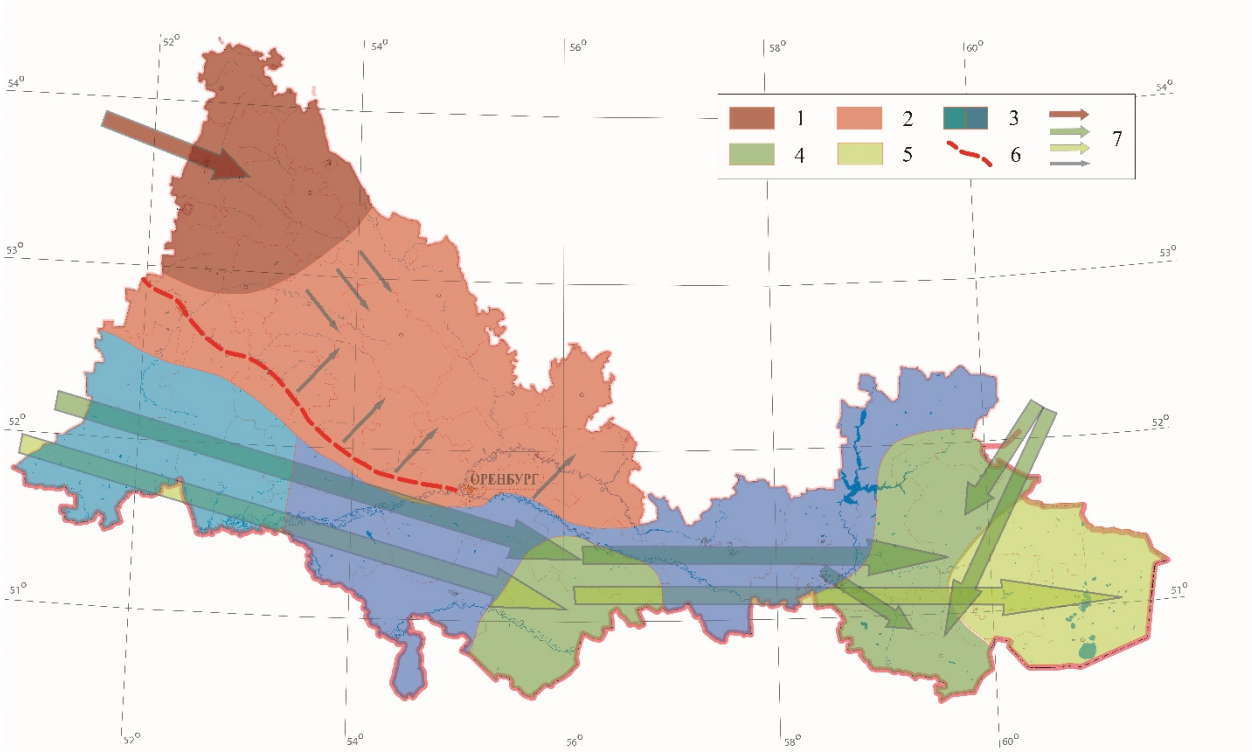


Рисунок 1.9. Районирование Оренбургской области по земледельческому освоению.

Условные обозначения: 1 – Лесостепной северо-западный район дворянского освоения (XVIII век); 2 – Северостепные и степные районы преимущественно переселенческого освоения (XVIII-XIX века); 3 – Степные и южностепные районы казачьего освоения: запад: Уральское войско (с начала XIX века), центр и восток: Оренбургское войско (XIX век); 4 – Южные и юго-восточные степные районы переселенческого освоения, поддержанного Столыпинской реформой (1906-1916 годы), частично со стороны Кустаная и Петропавловска, и доосвоения в ходе советской целинной кампании (1954-1963 годы); 5 – Восточные классические целинные сухостепные районы, освоенные в советскую целинную кампанию (1954-1963 годы); 6 – Самарская линия; 7 – Общие направления хода освоения.

1.5. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРАНСГРАНИЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МИГРИРУЮЩЕЙ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ САЙГИ

Одной из приоритетных задач степеведения является определение ведущих факторов и закономерностей динамики грассландов Голарктики. Евразийская степь динамична: одни и те же участки каждый год выглядят по-разному, непрерывно протекают разнонаправленные сукцессии, колеблются ресурсы титульных и охотничьих биологических видов. Для степных ландшафтов характерны резкие крупномасштабные флуктуации, такие как распашка целины, массовый заброс пашни, самовосстановление степей на залежах, резкие колебания численности титульных биологических объектов: саранчовые, грызуны, сайгак. Разрабатывая фундаментальные основы сохранения и восстановления ландшафтного и биологического разнообразия степей, степеведение отдает приоритет титульным степным объектам, а их интеграцию в современные агроландшафты признает наиболее перспективным средством. Одним из таких объектов является сайгак *Saiga tatarica* – важный элемент степных экосистем. После падения ресурсов в конце XX в. этот вид обрел наивысший природоохранный статус, но сохранил потенциал развития в охотничий вид и ландшафтообразующую роль на пастбищах.

Сайгак достаточно хорошо изучен, у него неоднократно фиксировались быстрые подъемы численности и массовые падежи, способные за несколько дней сократить популяцию на 150-200 тыс. голов, каковые были отмечены в 1981, 1984, 1988, 2015 гг. Вид находился на грани вымирания в 1920-х, наибольшего зафиксированного максимума достигал, по-видимому, в 1950-е и в 1970-е годы, по разным оценкам численность доходила до 1,5 млн голов (Абатуров и др., 2021; Данилкин, 2005; Жирнов, 1982; Мищенко и др., 2016; Фадеев и др., 1982). К началу XXI века из-за китайского спроса на рога вид вновь попал на грань вымирания вследствие браконьерства, но спустя 20 лет восстановил высокую численность в Казахстане. По версии Абатурова и др., к принципиальному сокращению ресурсов сайгака к началу XXI в. привела быстрая экспансия многолетних дерновинных злаков на пастбищные и залежные земли от Калмыкии до Казахстана, обусловленная в т.ч. сокращением животноводства (Абатуров и др., 2021). Существуют версии, предполагающие причиной основных падежей влажный май, когда не только активно развиваются мало поедаемые и ядовитые для сайгака растения, но и сайгак из-за увлажнения пастбищной растительности теряет способность различать опасные растения.

Вид является классическим примером реликта плейстоценовой мамонтовой фауны, высоко пластичен и адаптивен. В природно-климатических условиях XX в. требовал ареал в трех зонах: пустынная (зимовка), полупустынная (летовки), южная периферия степной (ягнение, летовки в засуху). Это скороспелый, плодовитый вид, для которого характерны выраженная стадность, протяженные сезонные миграции, относительно широкий спектр питания и сезонные пищевые предпочтения. Остается дискуссионным вопрос о роли степных злаков в питании сайгака. По ряду источников (Данилкин, 2005; Жирнов, 1982; Миноранский и др., 2010; Стратегия…, 2006; Фадеев и др., 1982) сайгак переходит на питание степными злаками в период ягнения и летовок, находясь в степной зоне. Существует убеждение, что участие дерновинных злаков в травостое свыше 30% не только делает пастбище малоценным для сайги, но и вызывает гибель как лактирующих самок, так и популяции вообще (Абатуров и др., 2021). По литературным и опросным сведениям, сайгак категорически не употребляет зерновые культуры, от которых может погибнуть. Его влияние на посевы зерновых неоднозначно: с одной стороны, способен вытаптывать их, с другой – вследствие выборочного питания пропалывает их от сорняков. По опросным сведениям, бег по пашне всего несколько километров влечет за собой гибель от удушья.

Сайгак, переживший ледниковую эпоху в холодных, ветреных, но бесснежных тундростепях (Томирдиаро, 1972; 1980) в современную эпоху изменчивого климата плохо переносит многоснежные, особенно ветреные, зимы, всячески стараясь избежать таких условий миграцией, вплоть до захода в населенные пункты и залегания в выкопанные лёжки.

Изучение состояния, ресурсов и путей миграции сайгака проводится нами на протяжении последних десятилетий (Левыкин, Казачков, Яковлев и др., 2013, 2015; Чибилёв, 1992*б*). Ландшафтно-агроэкологические проблемы волго-уральской популяции находятся в приоритетах Института степи УрО РАН, участие которого предусмотрено «Стратегией сохранения сайгака в Российской Федерации» (утверждена Распоряжением МПРЭ РФ от 11.08.2021 г. № 30-р). В 1987-1989 гг. на юге и юго-востоке Оренбургской области, особенно в окрестностях оз. Айке, систематически наблюдались массовые заходы из Казахстана (Чибилёв, 1992*б*). По второй половине 1990-х мы не располагаем научными данными о масштабах захода сайгака в область; по опросным данным, отмечались единичные заходы и следы в Акбулакском, Домбаровском, Светлинском районах. Заходы сайгака в Оренбургскую область из Казахстана нами начали фиксироваться со второго десятилетия XXI в., в основном группами до 20 особей на постцелинном пространстве оренбургско-казахстанского приграничья. Рост популяции сайгака в то время мы склонны считать результатом проводимых в Казахстане мероприятий по сохранению вида, в частности организации в 2010 г. Иргиз-Тургайского резервата.

Волго-уральская популяция сайгака за последние несколько лет увеличилась в шесть раз (Охрана окружающей среды…, 2020), что стало возможным благодаря системе благоприятствующих факторов, ведущие из которых – высокая эффективность охраны от браконьерства в Казахстане, поголовье скота ниже пастбищной емкости угодий, система искусственных пресных водоемов, смягчение зим, снижение частоты весенних заморозков, отсутствие масштабных эпизоотий, Государственный природный резерват «Бокейорда» (343 тыс. га) и Ащиозекский государственный природный заказник (315 тыс. га), запроектированные и начавшие создаваться с 2012 и 2013 гг. при поддержке проекта Правительства РК/ГЭФ/ПРООН «Сохранение и устойчивое управление степными экосистемами» и учрежденные в 2022 г. В 2018-2022 гг. в связи с ростом популяции и засухой заходы сайгака из Казахстана в приграничные районы степного Заволжья значительно увеличились и стали систематическими (Естественно-научное обоснование…, 2012; Смелянский и др., 2022/23; Технико-экономическое обоснование…, 2013).

Для изучения заходов сайгака и последствий его воздействия на агроландшафты при поддержке РГО были проведены научные экспедиции: 1) в приграничные районы степного Заволжья на места массового ягнения (апрель-май 2022); 2) на летовки в Западно-Казахстанской области (ЗКО) РК (июль 2022); 3) на окончание зимовки в северное Приаралсорье (март 2023). В ходе экспедиционных исследований проведена экспертная оценка масштабов распространения волго-уральской популяции сайгака, выявлены наиболее значимые места обитания, намечены пути интеграции популяции в агроландшафты. Экспедиции позволили актуализировать сведения о биологии, географии и экологии сайгака в Урало-Каспийском регионе, выявить новые черты его этологии и в предварительном порядке разработать стратегические предложения по адаптации вида к современным агроландшафтам.

В конце апреля 2022 г. у пос. Нива Питерского района Саратовской области зафиксирован и изучен заход порядка 50 тыс. сайгаков из ЗКО на ягнение на вторичные лессингоковыльные степи, расположенные в относительной близости к пруду и развившиеся на крупном массиве залежей в подзоне каштановых почв, часть из которых была поднята под посевы в последние несколько лет. Нами был изучен конфликт интересов земледелия и сайгака, который со степеведческих позиций

понимается нами как вызов. Острая фаза конфликта пришлась на 26-27 апреля 2022 г., когда наблюдался самый крупный заход сайгака из Казахстана за постсоветское время. Животные стремительно зашли узкой колонной, но после пересечения государственной границы разделились на отдельные группы, рассредоточившиеся по родильным полям. Такая форма стада сайгаков на марше хорошо известна; особо следует отметить, что изменить направление движения такой колонны практически невозможно, это самый настойчивый тип марша, в определенной степени одержимый, мало сдерживаемый автострадами и даже проволочными заграждениями (Фадеев и др., 1982).

Хотя единое многотысячное стадо рассредоточилось в основном по вторичным степям, тем не менее существовала потенциальная угроза вытаптывания полей, подготавливаемых к посеву, вызвавшая соответствующую реакцию фермеров, которые объединились в мобильную бригаду и постоянно патрулировали, наблюдая за сайгаком, что неизбежно беспокоило беременных ягнящихся самок. В результате проведения экстренного рабочего совещания на родильном поле с участием фермеров, пограничников, главы района, специалистов АПК Саратовской области и Института степи, фермеры перешли от патрулирования к дежурству по периметру полей.

Массовое ягнение прошло с 28 апреля по 1 мая на площади порядка нескольких тысяч га. По нашим экспертным оценкам, массовое ягнение 2022 г. в Питерском районе Саратовской области прошло успешно, выживание молодняка в пределах нормы; 3-4 мая сайгаки с молодняком дружно покинули территорию Саратовской области. В целом, успешному ягнению способствовало экстренное межсекторальное совещание на родильных полях, где были обсуждены проблемы взаимодействия фермеров с сайгаками, необходимость компенсационных выплат за потраву полей и посевов и др.

Отметим, что, по литературным данным, вред со стороны сайгака земледелию, как правило, преувеличен. Сайгак не питается зерновыми культурами, более того, способен погибнуть от их употребления в пищу (Данилкин, 2005; Жирнов, 1982; Петрищев, 1987; Фадеев и др., 1982). Сайгак оказывает на поля механическое воздействие (вытаптывание, тропы, ямки), поедает сорняки, до некоторой степени осуществляя биологическую защиту растений. На всем маршруте экспедиций нами не зафиксировано видимых воздействий на поля, так как сайгаки не были к ним допущены. Это говорит о том, что пока заходы контролируемы, так как имеется возможность не допустить сайгака на поля, предоставив ему достаточно залежных земель под родильные поля и выпас. Однако наблюдалось значительное стравливание вторичных степей на родильных полях и ярко выраженные тропы на них. Сайгаки очень активно поедали отрастающие типчак, ковыль Лессинга, другие дерновинные злаки, скусывая их практически до розетки. Вполне вероятно, что выбор родильных полей сайгак делает, исходя не столько из соответствия растительности кормовым предпочтениям, сколько из ровности поля, определенной высоты травостоя, степени проективного покрытия, близости источника пресной воды. Подтвердилось питание сайгака степными дерновинными злаками, во всяком случае в период ягнения.

Очередной выход популяции на максимум имеет место в новых климатических, экономических и политических условиях: более мягкие зимы, государственная граница на миграционных путях, высокий охранный статус по обе стороны границы; в сельском хозяйстве обеих стран действуют рыночные условия, протекает становление институтов земельной собственности, высока чувствительность собственников к убыткам. Сайгак для земледелия – это специфический вредитель полей, с которым запрещено бороться. Так явный успех волго-уральской популяции сайгака спровоцировал вызов степному землепользованию, нахождение ответа на который требует фундаментальных основ интеграции вида в современные агроландшафты. В этой связи отметим, что конфликт мигрирующего сайгака с сельским хозяйством всегда проявлялся на пике его численности, особенно в 1970-1980-е гг., вследствие чего даже будучи массовым, этот вид всегда был под угрозой. Это способствовало

проведению ряда экспериментов, в том числе успешных, по вольерному содержанию (Миноранский и др., 2010; Петрищев, 1987).

В результате исследований и консультаций с фермерами в РФ и РК установлено, что наибольшие проблемы заходы сайгаков вызывают в растениеводческих хозяйствах из-за потравы полей; в то же время в хозяйствах, ориентированных на животноводство, проблема сайгака менее актуальна, так как большинство фермеров-животноводов считают его полноправной составляющей пастбищных угодий. В то же время на некоторых пастбищно-сенокосных угодьях все-таки отмечается потрава злаковой растительности, прокладка троп, выкапывание углублений, вследствие чего землепользователи справедливо претендуют на компенсации и страховки для рекультивации и поддержания кормовых угодий.

Итак, самая массовая за последние десятилетия миграция сайгаков в российское степное Заволжье совпала с подъемом залежей в рамках «Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» (утверждена Постановлением Правительства РФ от 14.05.2021 г. № 731). В этом обстоятельстве нам видится противоречие аграрного и природоохранного приоритетов, которое на данный момент тоже можно рассматривать как правовой вызов: с одной стороны, растущая популяция краснокнижного вида лишается возможности спокойного размножения на залежных землях, с другой стороны, зерновое хозяйство на вновь распаханных землях осложняется жизнедеятельностью сайгака и его статусом.

В ходе летней экспедиции волго-уральская популяция изучалась на летовках; было отмечено более 100 тысяч голов сайгаков в районе оз. Аралсор. Установлено, что на летовках большая часть современной популяции придерживается соров с пресноводными прудами на впадающих в них водотоках. Именно это природно-антропогенное сочетание обеспечивает оптимум условий летовки: близкое расположение кормовой базы, водоисточника и места отдыха, пресная вода на прудах, безопасный отдых и соль на сорах, где имеется хороший обзор. В то же время современные условия потребовали от сайгака полного раскрытия адаптационного потенциала, включая способность использовать антропогенные источники пресной воды и пастись совместно с домашними животными, чаще всего с лошадьми. Уже сегодня складывается пастбищная экосистема на основе совместной пастьбы непарнокопытных, парнокопытных и антилоп, напоминающая пастбищные ландшафты позднего плейстоцена. В этом видим дополнительный фактор туристической привлекательности.

В ходе зимней экспедиции установлено, что основная часть волго-уральской популяции зимует в окрестностях оз. Аралсор, там же проходит гон. По сведениям сотрудников ООПТ, только стотысячная группировка откочевывает на зимовку в сторону Рын-песков. Таким образом, волго-уральская популяция сайгака использует в качестве мест зимовки и летовок территории, близко расположенные к родильным полям, то есть отступила от свойственных виду сезонных миграций на дальние расстояния. Возможно, это тоже одна из причин быстрого роста численности популяции: меньше протяженность миграций – меньше миграционные потери, а значит, сокращение протяженности миграций является адаптацией к современным условиям. В совокупности с использованием антропогенных источников пресной воды и пастьбой совместно с домашними животными, отказ от дальних миграций позволяет говорить о склонности популяции к своего рода «синантропизации», точнее, о наличии у вида этологических и экологических предпосылок к интеграции в агроландшафт.

Основываясь на чувствительности сайгака к высоте снежного покрова, полагаем, что наблюдаемая тенденция популяции к оседлости обусловлена в том числе уменьшением снежности зим и более ранним сходом снега. По обобщенным данным местных метеостанций, среднемноголетние (на 2012-2013 гг.) высота и сроки снежного

покрова уменьшаются с севера на юг, составляя 3-2 см в конце ноября-начале декабря, достигая максимума 18-14 см (в отдельные зимы 43-28 см) и сходя в третьей декаде марта до 6-4 см (Естественно-научное…, 2012; Технико-экономическое…, 2013). Зима 2021-2022 гг. была снежной, зима 2022-2023 гг. не только была малоснежной, но и снежный покров сошел уже в конце февраля, что благоприятно сказалось на состоянии животных, отмечались только одиночные туши погибших самцов, вероятно, вследствие гона. Вероятно, на исходе зимовки даже несколько недель дополнительного полного бесснежья имеют решающее значение, что может быть причиной расширения ареала популяции на северо-запад, а не на восток.

Волго-уральская популяция успешно прошла зимовку 2022-2023 гг., в марте в Приаралсорье формируются стада самок (от 2 до 8 тыс. гол.) готовящихся к ягнению и пасущихся на лучших, мало сбитых пастбищах, собираются отдельные стада самцов (30-200 гол.). Популяция готовится к ягнению в приграничных районах России, поэтому весной можно ожидать повторения массового захода в приграничные районы РФ в степном Заволжье.

Актуальные сведения о динамике численности волго-уральской популяции в совокупности с результатами наших экспедиций в Западном Казахстане позволяют утверждать, что на данный момент эта популяция может считаться одной из самых крупных в мире и составляет от 0,85 до 1 млн голов. Проведенные исследования позволяют признать, что на территории Казахстана популяция вернула себе позицию ключевого ландшафтообразующего вида. Стада привлекают хищных птиц: орлана-белохвоста, грифа, курганника, болотную сову, чаек и др. Орлан-белохвост стал своеобразным воздушным патрулем сайгачьей степи.

Зимние и летние пастбища сайгаки осваивают совместно с домашним скотом, прежде всего лошадьми, при этом избегают скотосбоя. Стада несколько рассеянны на водопое, что предохраняет прибрежную растительность от вытаптывания. Изъятие степной фитомассы оптимальное, пастбища хорошо стравлены, хорошо и равномерно удобрены, с выраженной сетью троп сайгаков и домашних животных.

В то же время жизненно важные для волго-уральской популяции родильные поля расположены преимущественно на территории приграничных районов России, что и вызвало описанный выше конфликт интересов. С позиций степеведения этот конфликт является вызовом степному землепользованию, ответ на который должен быть дан по следующим направлениям:

– развитие трансграничного российско-казахстанского сотрудничества. В данном направлении 03.03.2023 г. учрежден международный научно-исследовательский полустационар «Аралсорский» с участием Института степи УрО РАН;

– компромиссный подход с привлечением всех заинтересованных сторон;

– минимизация преград на протяженных линейных сооружениях государственной границы (колючая проволока, каналы, транспортные пути);

– приоритет животноводческого направления сельского хозяйства в подзоне светло-каштановых и каштановых почв волгоградского и саратовского Заволжья, оренбургского Приуралья и Зауралья;

– выделение угодий в качестве местообитаний сайгаков;

– учреждение особого охранного статуса сайгака как титульного (брендового) степного вида, допускающего регулирование численности на основе предшествующих фундаментальных разработок охотоведения и охотустройства (Данилкин, 2005; Дёжкин, 2002), конно-сурковых хозяйств (Губарь и др., 1935), мирового опыта рационального охотничьего хозяйства;

– признание сайгака символом районов (Александрово-Гайский, Питерский Саратовской области) или регионов (Саратовская, Волгоградская, Астраханская области).

Выделенные направления ориентированы главным образом на РФ, особенно на период захода сайги на ягнение, но могут быть рассмотрены, обсуждены и, возможно, приняты в РК. Они должны реализовываться в порядке территориального планирования приграничных районов с приоритетом природоподобного землепользования. Ключевым является переход к пастбищному животноводству на наименее продуктивных землях. Важна поддержка рекультивационных и фитомелиоративных мероприятий, направленных на повышение продуктивности кормовых угодий и полей. В то же время необходимо рассмотреть возможность страхования сельхозугодий не только от неблагоприятных погодных явлений, но и от повреждения сайгаками. Представляется целесообразным создание специализированных оперативных групп, включающих представителей природоохранной общественности и государственных структур, по объективному определению ущерба, наносимого сайгаками; учреждение круглогодичных общественных инспекторов по охране сайгака из активных местных фермеров с наделением необходимыми полномочиями и, возможно, оплатой труда. Это повысит терпимость фермеров к сайгаку в агроландшафте.

Предлагаем введение моратория на распашку полей на каштановых и светло-каштановых почвах, а также перенос использующихся пахотных полей из зоны вероятного расположения родильных полей сайгаков, для чего имеется резерв маловостребованных земель. Ширину полосы моратория и вывода пахотных полей рекомендуем определять сопоставимой с шириной погранзоны. В качестве примера перехода к животноводческой специализации в ареале сайгака приводим успех развития адаптивного мясного животноводства в Александрово-Гайском районе. В 2021 г. в районе имелось свыше 28242 голов КРС (в основном, казахской белоголовой породы), 28636 голов овец и 2334 голов лошадей (План-прогноз…, 2021). С учетом площади района 2,7 тыс. км^2 поголовье близко к оптимальному, совместимо с успешным ягнением и летовками сайгака.

Уникальным благоприятным обстоятельством для сохранения популяции сайгака является совпадение ареала залежей – родильных полей – с пограничной зоной и ее особым режимом. Наши наблюдения показывают, что именно в этой зоне сосредотачиваются основные ресурсы титульных, редких и исчезающих биологических видов степей: тюльпаны, ирисы, ковыли, стрепет, дрофа и т.д. Поэтому считаем перспективным использование фактора пограничной зоны с ее пропускным режимом и качественным патрулированием, фактически обеспечивающим природоохранный режим. Негативным фактором границы для сайгака являются проволочные заграждения, повреждающиеся животными, что приводит к их гибели. На данный момент позволим себе высказать предложение перейти от физических преград к современным системам видеонаблюдения на сформировавшихся в последние годы миграционных коридорах.

Перспективным решением представляется создание в приграничных районах (Питерский, Новоузенский, Александрово-Гайский Саратовской области) специализированных сайгачьих резерватов по примеру, созданных в Казахстане. Такие ООПТ могут быть трансграничными, продолжая приаралсорские ООПТ в Россию.

Рост волго-уральской популяции сайгака, ставшей трансграничной и достигшей миллионной численности, является выдающимся вкладом Казахстана в восстановление биосферы, для сохранения которого требуется развитие российско-казахстанского сотрудничества в сферах сохранения степей, фундаментальной науки, приграничной коммуникации, туризма, инвестиций. Судьба сайгака привлекла внимание авторитетных мировых природоохранных организаций, вид становится мировым брендом охраны дикой природы. По сайгаку работают специалисты мирового уровня в РК и РФ, Секретариат Конвенции по сохранению мигрирующих видов диких

животных, МСОП (IUCN), Франкфуртское зоологическое общество, Оксфордский университет, Альянс по сохранению сайгака, Шведский университет землепользования (SLU), Королевское общество защиты птиц (RSPB). В связи с необходимостью допустить, а значит рационально организовать регулирование численности сайгака, внушает оптимизм внимание к виду со стороны Совета по охране дичи и *дикой природы* (CIC Wildlife), традиционно поддерживающего идеалы устойчивого охотничьего хозяйства и этичной охоты как механизмов охраны дикой природы и восстановления ресурсов охотничьей фауны.

Выделяем три ключевых принципа закрепления успеха Казахстана по восстановлению сайгака: фундаментальные основы управления популяциями, конвергентный подход, международная кооперация. Очевидно, что больше всего зависит от стран расположения мест обитания вида – именно на местах решается конфликт сайги и сельского хозяйства, – но требуется понимание и финансовая поддержка глобальных природоохранных организаций, опыт этичной охоты как эффективного средства охраны природы. Комплексное трансграничное решение агроэкологических проблем волго-уральской популяции сайгака будет способствовать оптимизации степного природопользования и устойчивому экологическому развитию приграничных степных регионов.

1.6. КУЛЬТУРНАЯ, ЭТИЧЕСКАЯ И НРАВСТВЕННАЯ ПРОБЛЕМЫ ОТНОШЕНИЯ ОБЩЕСТВА К СТЕПИ

Символами охраны живой природы чаще всего являются детеныши животных, милые и любимые практически всем сообществом (панда, коала и т.д.). Напротив, редко кто любит змей, пауков – встретив на пути змею, многие убегут в страхе или кинут в нее камень. Даже на официальном уровне еще в середине XX века животные и растения были поделены на вредные, подлежащие истреблению, и полезные, охрану которых пропагандировали со школьной скамьи. Это нравственный нонсенс, требующий корректировки. Наши многолетние исследования показали, что существует разница в отношении к российскому лесу и его символу – березе и к степи с ковылем. Эта разница формировалась закономерно под влиянием исторических событий освоения лесных и степных пространств, а также вследствие экологической особенности степных доминантов – ковылей, способных активно развиваться и плодоносить после воздействия на поверхность почвы и их дернину. Анализируя роль степей в истории человечества, А.А. Чибилёв отмечает: *«В сознании русского народа слово «поле-степь» неизменно ассоциировалось со словом «война»* (Чибилёв, 1990). Ряд исследователей также отмечает негативное воинствующее влияние степных кочевников на приграничные княжества Древней Руси. Более того, считается, что именно становление централизованного Российского государства под влиянием князя Владимира связано с необходимостью консолидации усилий в борьбе с кочевниками. То есть Российское государство своим централизованным возникновением обязано степи и прежде всего ее кочевым народам, склонным к периодическим набегам и расселениям (Кузьмин, 2012). Однако в дальнейшем А.А. Чибилёв пришел к заключению, что в художественной литературе и искусстве России XIX-XX веков нет предубеждений и предвзятого отношения к степи; наоборот, ее красота и величие воспеваются целым рядом поэтов, писателей и художников (Чибилёв, 2009). По мере изучения степной зоны и специальных исследований по отношению к степи, в том числе в рамках разработки концепции социально-экологической реабилитации степей, нами было выявлено, что все-таки предрассудки и предубеждения среди обычного населения бытуют и сохраняются. В ответ на это нами было изучено и доказано биологическое или, скорее, экологическое происхождение этого явления, которое связано с биологией титульных видов, прежде всего ковылей. Выдвинем гипотезу, что, разобравшись в причине такого быстрого восстановления ковыля и поняв, что это не мистика, а скорее экология и биология вида, можно изменить отношение общества к степи. Сохранять, а тем более восстанавливать такие комплексные объекты, как экосистемы, сложно, так как в обществе о них слабое представление как о системах, а в законодательстве даже отсутствует понятие о них.

Сегодня большинство исследователей склоняются к версии, что современные евразийские степи – это, скорее, продукт коэволюции человека и природы, прежде всего номада. Номадизм, с одной стороны, способствовал сохранению степей и развитию духовной взаимосвязи степной природы и человека, а с другой стороны, обуславливал низкую плотность населения, риски, связанные с погодными явлениями и постоянными перемещениями, что провоцировало волны миграций, в том числе воинствующих. Конфликт номадизма и оседлого земледелия восходит к древнейшим временам. Он нашел отражение в библейском предании о братоубийстве пастуха Авеля земледельцем Каином. Лесная и лесостепная оседлая земледельческая Русь на протяжении столетий имела, возможно, самую протяженную в истории Европы линию соприкосновения со степью, населенной кочевыми культурами. Общеизвестная, героическая и трагическая история Руси, связанная со степными кочевниками, выработала у современников событий и их потомков целый комплекс устоявшихся предрассудков и предубеждений по отношению к степям. Это не могло не сказаться на

национальных природных символах Руси и России, обусловленных как родной лесной или лесостепной средой и оседлой земледельческой культурой, так и агрессивной степью.

Закономерности сукцессионных смен лесной и степной растительности достаточно ярко выражены в ландшафтах и всегда были доступны для наблюдения населением, которое вырабатывало свои собственные оригинальные суждения. Однако истинная суть этих экологических закономерностей стала понятна лишь в недавнее время. Глобальный целинный мегаэксперимент по перезагрузке степей предоставил уникальную возможность наблюдать процессы самовосстановления степных экосистем, что особенно важно для науки с выходом на ковыльную стадию (Chibilyov et al., 2023). Нами были подтверждены результаты предшествующих исследований и выявлены некоторые новые аспекты функционирования степных экосистем: удалось установить, что закономерности массового цветения до конца не ясны, но уже очевидно, что для более частых проявлений генеративной активности необходимо прямое физическое воздействие на степную дернину: пожар, вытаптывание, даже перепашка (Левыкин, Казачков, 2017) *(рисунок 1.10).*



Рисунок 1.10. Массово цветущий ковыль на залежных землях.

Нами были выделены и обследованы достаточно крупные массивы вторичных лессингоковыльных степей не старше 10 лет, которые выглядели действительно волнующимися пенными морями, в то время как старые степи демонстрировали отсутствие генеративной активности.

Ранее в лесоустроительных экспедициях 1986-1991 гг. нами изучались процессы зарастания вырубок в азиатской части СССР и отмечались ранние стадии их зарастания мелколиственными породами, прежде всего березой и осиной. Контраст березовых вырубок и старовозрастных сосняков разителен. На этих полученных и проверенных результатах и основывается ниже приведенное обсуждение.

На протяжении длительного времени, сталкиваясь с вопросами истории степного и лесного землепользования, мы пришли к подтверждению того общеизвестного положения, что исторически сложившимися современными природными символами России являются белоствольная береза и белая ромашка, что, на наш взгляд, способствует позитивному общественному восприятию лесных систем и формированию полноценного социального заказа на их сохранение и восстановление. На ранних этапах традиционной для России переложно-залежной системы земледелия березовые леса развивались на залежах. Эти светлые белоствольные леса резко контрастировали с окружающей темной тайгой, в то время сохранявшейся на еще обширных необжитых местах. Путник, выходивший из темного леса в светлый, попадал в принципиально лучшие условия для продвижения и в то же время точно знал, что такой лес может вырасти только на перелоге, а значит, необжитые места остались позади, где-то близко жилье и люди. Таким образом, объективные обнадеживающие обстоятельства дополнялись ярким после тайги светом и белым цветом стволов, субъективно придававшими оптимизм.

Малоценная в лесохозяйственном отношении, пионерная в европейской части страны лесная порода, эстетически привлекательная, но, по сути, лесной сорняк береза стала одним из биологических символов страны, что нашло отражение в художественной и природоохранной культуре. Белая ромашка также доминировала на суходольных лугах лесной зоны и на определенных залежных стадиях лесостепной. Эстетическая привлекательность, распространенность и отчасти фармакологические свойства этого вида способствовали его превращению в природный и природоохранный символ.

Несмотря на то, что на границе со степью проходил культурный обмен, угроза со стороны этой границы вызывала необходимость совершенствовать военное дело и военную культуру. Национальный характер формировался на фоне противодействия степным кочевникам, но степные живые символы не только не стали национальными, но и до сих пор, как и сама степь, нагружены негативным отношением.

В результате проведенных многолетних полевых исследований по самовосстановлению степных экосистем удалось подтвердить, что в основе предубеждений по отношению к степи лежат биологические и экологические особенности главного символа степей – перистых ковылей. И именно против них выработались основные предубеждения, предрассудки и суеверия. Тогда как ковыль тырса *Stipa capillata* со своими всепроникающими зерновками объективно более опасный для скота, особенно овец, не имеет такой дурной славы. Перистые ковыли в период массового цветения создают на большой площади характерный, легко запоминающийся серебристо-белый аспект, образующий волны на ветру. Интересным фактом, наблюдавшимся нами в 1983, 1986, 1998 гг. и отмеченным в литературе (Веденькова и др., 1998), является то, что ковыль Лессинга на степной целине Аскании-Нова встречается достаточно редко и практически не цветет, а на зоогенных выбросах сусликовин и сурчин, почва которых перерыта и обогащена карбонатами, практически каждый год отмечается интенсивное цветение, проявляющееся на местности круглыми серебристыми кольцами. Ковыль степной целины капризен на массовое цветение из-за объективного старения травостоя и неизбежного для степных почв в отсутствие грубого механического воздействия формирования уплотненного слоя в середине профиля. Такие стареющие, редко цветущие ковыльные степи мы называем калданом (от тюркского: пучок, сплетение, плотное сцепление), а наиболее плотный почвенный горизонт, провоцирующий такое состояние – калданием *(рисунок 1.11).*

Как было сказано выше, калдан провоцируется на цветение определенными условиями, прежде всего механическим воздействием на почву или пожарами, которые до земледельческого освоения были непременными спутниками боевых действий. Негативная эмоциональная составляющая последствий любых степных сражений не

могла не отразиться поисками их примет. С этим связаны объективные предпосылки развития приведенных ниже суеверий, собранных по литературным, опросным данным и специализированным интернет-ресурсам.

«Зацвел ковыль – жди набега». Периодические нашествия степных кочевников приходились в основном на раннелетний период, совпадавший со сроками массового цветения ковыля, когда травостой достигал наивысшего расцвета, вследствие чего именно это время было удобнее всего для совершения длительных конных переходов.

«Ковыль – трава мертвых» (казачье поверье). Ковыльные заросли активнее всего цвели на местах сражений обычно на следующий год. Достаточно интенсивное механическое воздействие сражающихся на степную дернину провоцировало ковыль на массовое цветение. Таким образом, физиология и экология ковыля создали объективную предпосылку для развития суеверий против него.



Рисунок 1.11. Степной калдан.

«Сухие букеты ковыля привлекают негативную энергетику, болезни, несчастья, проблемы». Седой цвет ковыля ассоциировался с распущенными седыми волосами и напоминал о пережитом горе. Колышущиеся пучки ковыльных остей ассоциировались с распущенными волосами горюющих женщин.

«Ковыль – символ одиночества». Древние легенды связывали цветение ковыля с одиночеством, на время его цветения приходились набеги кочевников, лишавшие людей родных и близких.

Комплекс суеверий способствовал формированию устойчиво негативного отношения к ковылю в степи и к самой степи. В России он до последнего времени практически не культивировался в декоративных целях и редко содержался в букетах. По объективным причинам цветущий ковыль не любили из-за его острых семян, попадавших в дыхательные пути и на кожу домашних животных, прежде всего овец, что приводило к их гибели. Объективные причины усиливали эффект суеверий и общее

негативное отношение к дикой степной растительности и самой степи, что привело ее ковыли в Красную книгу *(рисунок 1.12)*.

Номады, наоборот, воспринимали ковыль позитивно, будучи уверенными в том, что именно в этом злаке заключены духи родного края, покровительствующие всем его жителям, а цветущие серебристые метелки очищают от негативной энергии, помогают со здоровьем и способствуют счастью.

В дальнейшем, при окончательном формировании современного отношения к степи и ее главным символам, на ведущую роль вышел скорее психологический фактор: от чувства дискомфорта, которое вызывает у массы лесных жителей открытое продуваемое пространство, до прямой агорафобии и своего рода степефобии. Есть основания полагать, что этими фобиями в той или иной степени страдали российские государственные лидеры (например, Екатерина Великая), которые всегда способствовали преобразованию степей и их окультуриванию в агроландшафты, в том числе с линейным облесением.



Рисунок 1.12. Ковыль красный, исчезающий живой титул степей
на южных черноземах.

На протяжении длительного времени обширные пространства нераспаханных целинных степей воспринимались обществом вплоть до высшего руководства как дикое поле, своего рода вольница, прибежище неподконтрольного элемента, главный источник нарушения спокойствия, восстаний, набегов и т.п.

Все эти трагические для степей факторы и стечение объективных обстоятельств не только не способствовали выработке в России симпатии к открытому травяному пространству, но и, на наш взгляд, в сочетании с плодородием степных черноземов послужили причинами постоянного стремления к глубокому преобразованию степей, прежде всего распашкой и облесением. Именно для освоения степной географической зоны наиболее характерен гигантизм, проявлявшийся в макро- и мегапроектах: земледельческое освоение Северного Причерноморья от «потемкинских деревень» и

немецкой овцеводческой колонизации до сплошной распашки, посткрепостная «пшеничная горячка» (1865-1885 гг.), Столыпинская целина (1905-1914 гг.), Сальская целина (1930-е гг.), «Сталинский план преобразования природы» (1948-1953 гг.), Целина (1954-1963 гг.), нереализованный проект переброски северных рек на юг (1968-1986 гг.) и ряд постсоветских неоцелинных проектов (2000 г.– настоящее время).

Сейчас далеко не XIII век нашествий кочевников, но предубеждения и предрассудки по отношению к ковылю как к растению, приносящему несчастье, до сих пор сохраняются. Единственным полезным следствием этого мы считаем то, что ковыль, в отличие от тюльпанов, не принято собирать для составления букетов. Но из-за этого он не вызывает к себе симпатии и редко воспринимается в качестве символа позитивного смысла, что в конечном итоге негативно отражается на его охране. Ряд неоцелинных кампаний по распашке вторичных степей, вне всяких сомнений, нанесли ковылям и вторичным степям гораздо больший ущерб, чем мог бы нанести их массовый сбор для использования во флористике. Часто в рекламных роликах крупных агрохолдингов и в отчетах контролирующих органов о выявлении неиспользуемых земель присутствует лозунг «дурную траву вон с полей!», подразумевая ковыль, включая его краснокнижные виды. Зерновой приоритет и ныне преобладает в степном землепользовании над нравственным и природоохранным. Степи за пределами немногочисленных участков в ООПТ фактически бесправны и беззащитны, в отличие от лесов и их символов. В сознании современного общества люди, вырубающие лес, торгующие им или хотя бы уничтожающие лесную поросль, вызывают неприязнь, даже если это происходит законно и на научной основе. Неподдельное сожаление вызывает механизированная раскорчевка зарослей малопродуктивных мелколиственных пород на залежах с целью их повторного вовлечения в сельскохозяйственный оборот. Это воспринимается как варварство и прямое уничтожение природы, публично осуждаемое в интернет-сообществах. В то же время распашка старых залежей в степи, густонаселенных краснокнижными видами, не только не вызывает такого же отношения, но и воспринимается в основном как ликвидация аграрной разрухи 1990-х годов.

Считаем, что сегодня степи Северной Евразии нуждаются в социальной реабилитации не меньше, чем в экологической. Более того, социальная реабилитация является условием осуществимости экологической. Необходимо преодолеть существующие предубеждения, и в этом не последнюю роль должна сыграть фундаментальная наука, в том числе в виде результатов нашего исследования. Отрадно отметить, что отношение к символам степей начинает постепенно меняться. Например, в набирающем популярность стиле *натургарден* в приусадебном хозяйстве вводятся перистые и иные ковыли. Не можем не рассматривать это как первый шаг к преодолению антиковыльных предрассудков.

В 2018 и 2019 гг. мы в качестве эксперимента высадили на приусадебном участке семена ковыля Лессинга и ковыля красного на разных почвах, в различных условиях полива и освещения. На одной из делянок (с дополнительным поливом) удалось добиться ремонтантности в образовании генеративных побегов. Известно, что срок массового цветения перистых ковылей – конец мая – начало июня, но иногда при теплой и влажной второй половине лета и начале осени отмечается повторное, менее интенсивное цветение перистых ковылей, которое наиболее ярко проявилось в октябре 1994 года. В нашем эксперименте при продолжении осеннего полива отдельные особи ковыля Лессинга как минимум трижды за вегетационный сезон формировали генеративные побеги: в начале лета, в начале осени и в конце октября-начале ноября, вплоть до устойчивых отрицательных температур и снегового покрова. Тем самым мы собственным примером разрушаем стереотип и предубеждение по отношению к ковылю: ничего негативного в нашей семье вследствие экспериментов с

ним не случилось. Напротив, урожаи овощей и других растений на приусадебном участке только увеличились.

Возможно, путем селекции со временем удастся получить ремонтантные декоративные сорта евразийских перистых ковылей, которые могли бы способствовать развитию степного направления стиля *натургарден* и тем самым формированию тенденции к социальной реабилитации степей.

Многолетний опыт работы в степеведении привел нас к заключению, что социальная реабилитация степей является обязательным условием успешной реализации любых усилий по сохранению, восстановлению и устойчивому управлению степными экосистемами. В свою очередь, обязательным условием социальной реабилитации степей является постепенное преодоление предрассудков и суеверий в отношении степей и их растительных титулов. Роль академической науки нам видится в научном доказательстве несостоятельности предрассудков и освещении позитивных качеств и возможностей использования степных экосистем, включая широкий набор экосистемных услуг и депонирование углерода. Результатом разрушения антистепных предрассудков должно стать восполнение недостатка природных символов России, набор которых лишился степной составляющей. Россия обретет степную составляющую своей идентичности, а набор природных символов страны наконец-то станет завершенным: белая береза – символ лесов, белая ромашка – символ луговых степей лесостепья, белый седой ковыль – символ степей, ягель – белесый символ Арктики.

В заключение отметим, что такая малоценная в лесохозяйственном отношении древесная порода, как береза – пионер вырубок и, скорее, сорняк с точки зрения лесоводов, стала народным природным символом огромной России. С логической и научной точки зрения на эту роль более объективно претендует могучий дуб, особенно высокоствольный (ценнейшая мебельная древесина, желуди, почки и т.д.) или сосна (знаменитые Шишкинские боры). Сосна – основа истоков российского кораблестроения и ее стратегической мощи, хотя та же лиственница (символ крепости и стойкости), из стволов которой построена Венеция, занимает большую часть всех лесов России и должна бы претендовать на природный биологический символ государства. Но народ много веков назад признал таким символом именно березу. Да, для использования древесины она малоценна, но с хозяйственной точки зрения береза – это деготь, лыко, лекарственный гриб чага и воспетый в поверьях и песнях березовый сок, символизирующий собой сок земли и самой жизни, который дарует биосфера человеку. Из березы делают лучшие винты для малой (авиамоделизм) и большой авиации. Но, может быть, дело не в материальных ценностях и пользе древесины? Русский народ всегда отличался особой духовностью; положительные эмоции и особое чувство эстетики и гармонии превалировали над материальными ценностями. И рассматриваемый пример тому доказательство. Не потому ли в народную душу запала именно белая береза, но не как изгой и белая ворона, а как символ торжественности, как ориентир родных славянских поселений на зарастающих пашнях вокруг селений; и именно белый цвет стал наиболее праздничным и нарядным (белая рубашка, белое платье, фата невесты как символ продолжения рода, бесконечности природы и ее жизненных циклов).

Поэтому сложно спорить с народной мудростью и народным выбором даже с научных и практических позиций. Выбор есть выбор. Мы лишь своим исследованием хотим дополнить этот выбор еще одним природным символом – степным ковылем, который не менее декоративен и эстетичен, символизирует историю и сам, по сути, является древним историческим, культурным и природным символом России.

1.7. СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ УСТОЙЧИВОМУ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Сухостепные постцелинные регионы России, расположенные преимущественно в зонах рискованного земледелия, принимают весомое участие в обеспечении продовольственной безопасности и экспортного потенциала страны (Гулянов, 2024*д*).

Так, основные площади посева наиболее ценной в хлебопекарном отношении яровой пшеницы располагаются в регионах степной зоны Урала и Западной Сибири, где она ежегодно занимает от 8,5 до 9,5 млн га или 65,0-68,4% от общей по стране площади. При относительно невысокой урожайности, часто не превышающей 1,0-1,5 т/га, в указанных регионах собирают достаточно объемный урожай качественного зерна. Он достигает 12,6-17,5 млн т и составляет в среднем 60,0-77,6% от общего урожая зерновых культур в год (Гулянов, 2021*в*).

Преимущественные площади возделывания озимой пшеницы сосредоточены в европейской части России, характеризующейся более мягкими условиями перезимовки. Здесь урожай ее зерна за 25-ти летний период (1995-2020 гг.) в среднем составил 32,6 млн т или 36,9% от валового сбора зерновых и зернобобовых культур (88,8 млн т) по стране (Гулянов, 2021*а*).

Характерный для степных регионов режим ограниченной влагообеспеченности на протяжении уже нескольких десятилетий развивается в сторону еще большей засушливости за счет нарастания термических ресурсов (Кононенко, 2024; Grosse-Heilmann et al., 2024). Их избыток является серьезным препятствием для высокой реализации урожайного потенциала полевых культур, становится причиной масштабных степных пожаров, наносит вред здоровью уязвимых групп населения (Богданович и др., 2021; Максютов и др., 2021; Переведенцев и др., 2023).

Положительная динамика в изменении температуры воздуха отмечается в большинстве степных регионов России, расположенных как в европейской, так и в азиатской ее части. К примеру, в Волгоградской области среднегодовая температура воздуха только за период с 1990 по 2020 год повысилась на 2,3°С, в основном за счет заметного потепления теплого периода года, прежде всего августа и сентября (Гулянов, 2021*а*).

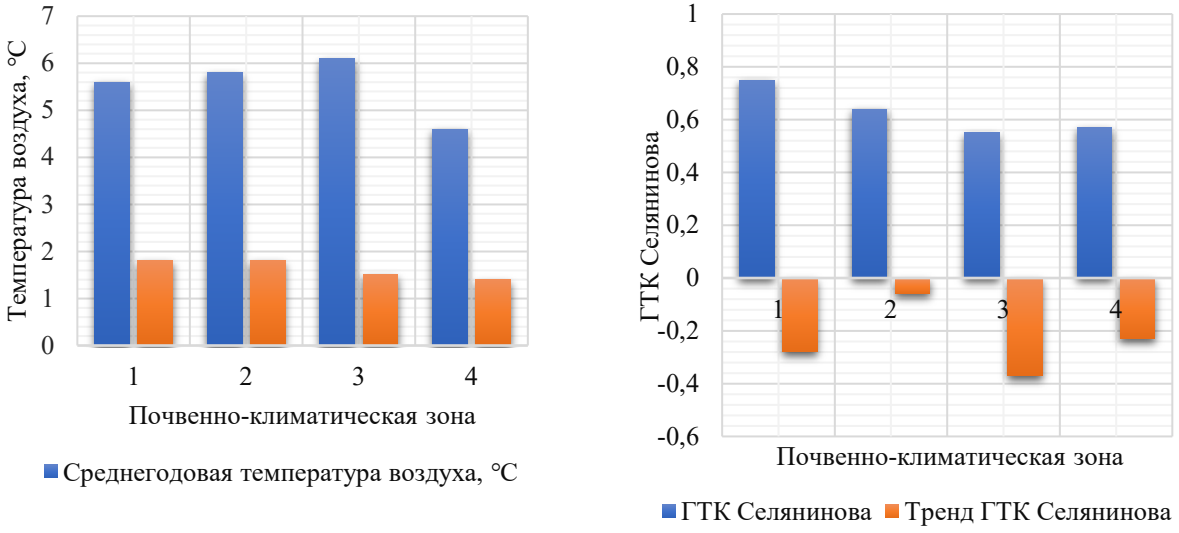
Наиболее остро указанная проблема проявляется на южных рубежах страны, в приграничных с Республикой Казахстан регионах Урала и Западной Сибири, среди которых наибольшей земледельческой освоенностью и высоким вкладом в российские закрома характеризуются Оренбургская область и Алтайский край. Их совокупное участие в формировании общероссийского валового сбора яровой пшеницы в среднем за 2000-2021 гг. составило 3,73 млн т или 18,9% из 19,8 млн т, из которых 2,6 млн т или 13,3% поступило с алтайских полей (Гулянов, 2024*в*).

Усиливающаяся засушливость климата Оренбургской области, наблюдающаяся на протяжении уже нескольких десятилетий (1990-2022 гг.), также связана с нарастанием тепла.

Наибольший прирост средней за год температуры воздуха наблюдается в Западной и Центральной природно-климатических зонах, где он составил 1,8°С или 32,4 и 31,0% от средних за этот период (5,6 и 5,8°С соответственно). В Южной и Восточной природно-климатических зонах этот показатель был немногим ниже и оказался равен 1,5 и 1,4°С или 25,6 и 30,4% от средних *(рисунок 1.13)*.

Аналогично динамике среднегодовой температуры воздуха изменилась и сумма активных (выше 10°С) температур, также характеризующаяся положительным трендом. Самые высокие ее значения в среднем за анализируемый период составили 3207°С в Центральной и 3242°С в Южной природно-климатических зонах. Наибольший прирост тепла в абсолютных и относительных величинах также наблюдается в этих зонах.

На 480°С или 15,0% увеличилась сумма активных температур в Центральной и на 460°С или 14,2% в Южной природно-климатических зонах. На западе и востоке области прирост тепла также оказался высоким и составил 410°С или 13,3-13,4% (от 3089 и 3067°С).



а б

Рисунок 1.13. Тенденции в изменении среднегодовой температуры воздуха (а) и ГТК Селянинова (б) по природно-климатическим зонам Оренбургской области.
Условные обозначения: 1 – Западная, 2 – Центральная, 3 – Южная, 4 – Восточная), 1990-2024 гг. По данным (Расписание погоды. https://rp5.ru/) и расчетам автора.

На фоне значительно возросших ресурсов тепла во всех природно-климатических зонах области заметно сократилось количество атмосферных осадков, как в годовом измерении, так и за период активных температур. Отрицательным трендом характеризовалась их динамика и в целом за анализируемый период, даже несмотря на повышенное атмосферное увлажнение 2023 и 2024 годов *(рисунок 1.14).*

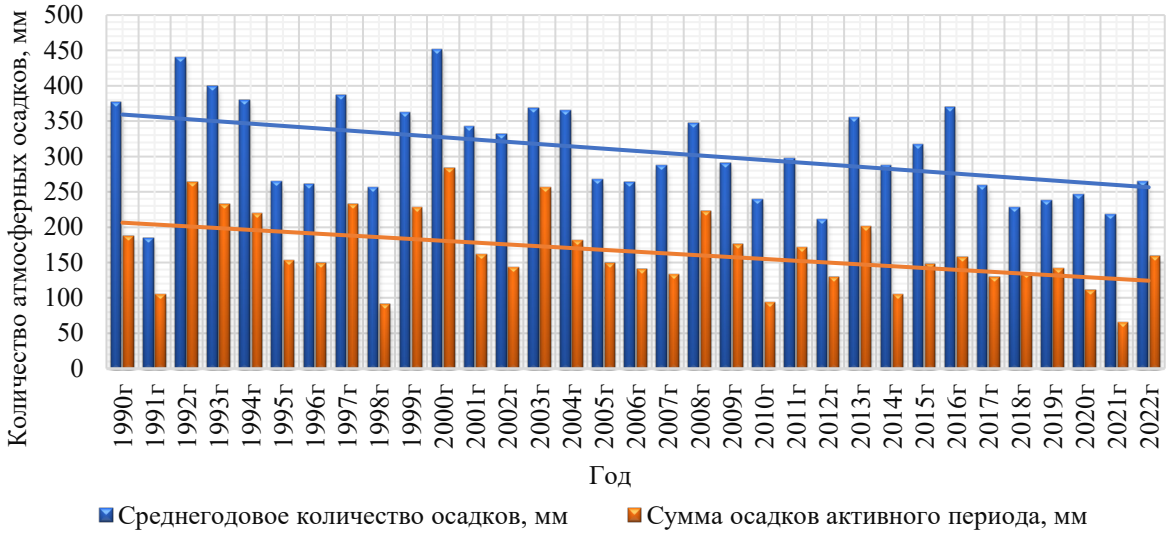


Рисунок 1.14. Динамика среднегодового количества атмосферных осадков и сумм осадков активного периода в Оренбургском Зауралье по данным Домбаровской ГМС, 1990-2022 гг. *По данным (Расписание погоды. https://rp5.ru/) и расчетам автора.*

Самое значительное снижение количества атмосферных осадков наблюдается в Южной природно-климатической зоне, где оно составило 95 мм или 28,5% (от 333 мм) в годовой сумме и 87 мм или 49,7% (от 175 мм) за период активных температур. Высоким оказался отрицательный тренд атмосферных осадков и в Восточной зоне, где он составил 60 мм или 19,1% (от 314 мм) в годовом измерении и 38 мм или 22,1% (от 172 мм) за теплый период. В Западной зоне области при сравнительно невысоком снижении количества атмосферных осадков за год, равном 23 мм или 5,7% (от 402 мм), их отрицательный тренд за период активных температур оказался даже выше, чем на востоке области, и составил 49 мм или 21,4% (от 228 мм).

Следствием приведенной динамики метеорологических параметров стало значительное снижение благоприятности климата для высокой эффективности земледелия. Во всех анализируемых территориях наблюдается отрицательный тренд гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК), наиболее выраженный в Южной природно-климатической зоне, где его величина снизилась на 0,37 единицы или 67,2% от средней за период и оказалась равной 0,55, характеризуя метеорологические условия как очень засушливые (0,7-0,4). Значительным оказалось снижение благоприятности климата и в Западной и Восточной зонах, где уменьшение величины ГТК Селянинова составило 0,28 и 0,23 единицы или 37,3% и 40,4% от средних (0,75 и 0,57), характеризуя метеорологические условия как пограничные между засушливыми и очень засушливыми в Западной и как очень засушливые в Восточной зонах *(рисунок 1.15).*

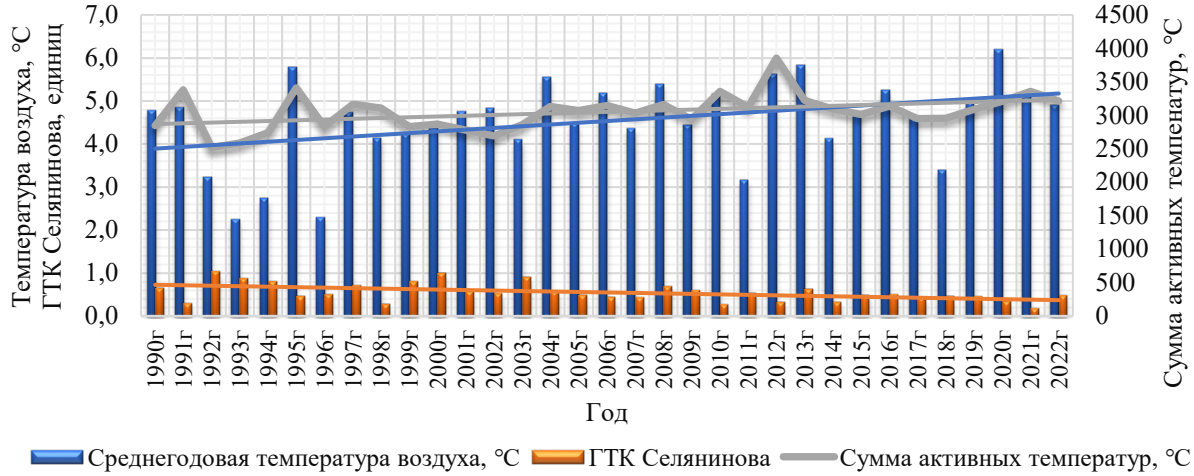


Рисунок 1.15. Динамика среднегодовой температуры воздуха, сумм активных температур и ГТК Селянинова в Оренбургском Зауралье по данным Домбаровской ГМС, 1990-2022 гг. *По данным (Расписание погоды. https://rp5.ru/) и расчетам автора.*

Самое меньшее снижение ГТК Селянинова (0,06 единицы) в анализируемый период отмечено в Центральной зоне, хотя и здесь, на фоне самого значительного прироста тепла, метеорологические условия, характеризующиеся как очень засушливые (ГТК 0,64), не благоприятствуют растениям полевой культуры.

Выраженные в несколько меньшей степени метеорологические изменения схожей направленности наблюдаются и в Западно-Кулундинской природно-климатической зоне Алтайского края. Здесь положительный тренд суммы активных температур за период с 1990 по 2023 год составил 160°С (5,6%), а отрицательный тренд осадков активного периода – 35 мм (37,5%). В совокупности указанные изменения привели к отрицательному тренду ГТК Селянинова на 0,18 единицы (25,7% от средних за период), биоклиматического потенциала территории (БКП) – на 0,28 единицы (16,4%) и потенциальной урожайности яровой пшеницы на 1,35 т/га (40,3%) (Гулянов, 2024*в*).

Проблему повышения засушливости регионов степной и лесостепной зон России дополнительно обостряет разбалансированность климатических факторов, выражающаяся в их значительной временной изменчивости.

Так, в Восточной природно-климатической зоне Оренбургской области за период с 1990 по 2023 гг. количество годовых атмосферных осадков варьировало от 452 до 184 мм. Разница между наибольшими (2000 г.) и наименьшими (1991 г.) значениями составила 268 мм или 145,6%. Аналогичная нестабильность отмечена и в отношении осадков периода активных (>10°С) температур, выразившаяся в размахе вариации от 284 (2000 г.) до 65 мм (2021 г.), составившем 336,9%. Значительными колебаниями характеризовались также среднегодовая температура воздуха (3,6°С или 133,3%) и сумма температур активного периода (1336°С или 53,0%). Временная динамика ГТК Селянинова составила 0,85 единицы, с колебаниями от 1,04 (1992 г.) до 0,19 единицы (2021 г.) и характеризовала гидротермические условия в диапазоне от сухих (ГТК менее 0,4) до слабо засушливых (ГТК 1,3-1,0). Примечательно, что из 34 анализируемых лет только в один год (2,9%) гидротермические условия соответствовали слабо засушливым, в восемь лет – засушливым (ГТК 1,0-0,7), в восемнадцать лет – очень засушливым (ГТК 0,7-0,4) и в семь лет – сухим.

Аналогичная ситуация, только с несколько иной выраженностью, наблюдается и в Западно-Кулундинской природно-климатической зоне Алтайского края. Количество годовых атмосферных осадков с разницей между наибольшими (2009 г.) и наименьшими (1997 г.) значениями в 293 мм или 161,0% изменялось от 475 до 182 мм. Высокая нестабильность отмечена и в отношении осадков периода активных температур, варьировавших от 373 (2009 г.) до 78 мм (2010 г.) с размахом вариации 295 мм или 378,2%. Высокими колебаниями также характеризовались среднегодовая температура воздуха (4,2°С или 420,0%) и сумма активных температур (877°С или 37,0%). Временная динамика ГТК Селянинова составила 1,18 единицы, с колебаниями от 1,44 (2009 г.) до 0,26 единицы (2012 г.). В один год (2,9%) всего анализируемого периода ГТК соответствовал влажным (1,3-1,6), в два года – слабо засушливым, в тринадцать лет – засушливым, в пятнадцать лет (44,1%) – очень засушливым и в три года – сухим условиям.

Разбалансированность климата, характеризующаяся сочетанием многолетней засушливости с периодами повышенного атмосферного увлажнения, часто сопровождающегося аномальными метеорологическими явлениями в виде ливней, нередко с ураганными ветрами и градом. Вполне обычными стали нетипичные территориальные и сезонные метеорологические проявления в виде длительного отсутствия осадков или чрезмерного атмосферного увлажнения, неустойчивого или долго отсутствующего снежного покрова, ледяных дождей, возврата холодов, ливней, ураганных ветров, несвойственных высоких или низких температур (Исмагилов и др., 2024; Немцев и др., 2020; Aryal et al., 2023).

Такие изменения гидротермических условий также выступают серьезным препятствием для высоких урожаев, отрицательно сказываются на качестве продукции (Гулянов, Балдина, 2018; Chai et al., 2023; Gulyanov et al., 2021; Nguyen et al., 2021; Sharafi et al., 2024).

Одной из причин разбалансированности климата принято считать накопление парниковых газов в атмосфере (CO_2), в том числе из-за деградации огромных площадей сельскохозяйственных угодий ввиду их чрезмерной эксплуатации и резкого снижения продуктивности, а также нещадного сведения лесов, сопровождающихся снижением объемов поглощения CO_2 в процессе фотосинтеза и депонирования (связывания) его в углерод гумуса (Гурина, 2023; Shao, 2024). При этом вполне очевидной является и обратная связь, заключающаяся в том, что снижение благоприятности климата для высокой эффективности сельскохозяйственного производства, зависящего от него в наибольшей

степени, сопровождается еще большим снижением продуктивности полеводства и дальнейшим обострением отмеченной экологической ситуации (Пряхина и др., 2011).

Ярким примером одного из аномальных проявлений климатического характера стали метеорологические условия 2023 и 2024 гг. в степных и лесостепных регионах Зауралья и Западной Сибири, отрицательно сказавшиеся на формировании урожая полевых культур и создавшие трудности с его уборкой (Гулянов, 2024*б*).

Чрезвычайное атмосферное переувлажнение, наблюдавшееся в эти годы, препятствовало качественному проведению технологических операций (посев, гербицидная обработка, уборка), не позволило достичь высокой реализации потенциальных возможностей сортов и собрать урожай со всей засеянной площади, что в связи с подобными обстоятельствами в обозримом прошлом случалось крайне редко.

В период созревания яровых хлебов и активной фазы уборочных работ 2023 г. в Домбаровском районе Оренбургского Зауралья, на фоне предшествующей многолетней засушливости климата, с середины августа и до конца октября выпало 158 мм осадков, что оказалось выше среднего за предшествующий период количества в 2,32 раза (68 мм). Наиболее обильные осадки, составившие 66 и 74 мм или 388,2 и 255,1% от средних, наблюдались в сентябре и октябре, на которые традиционно приходится пик уборочных работ при сложившейся системе хозяйствования в этой зоне. Повышенный уровень дождливости сложился и в ноябре, когда средние показатели предшествующего периода были превышены в 1,6 раза (40 мм).

Дожди в отмеченные месяцы случались очень часто. В сентябре дождливых дней было 12 (40,0%), в октябре – 13 (41,9%) и 11 дней (36,7%) – в ноябре. В отдельные дни осадки носили ливневый характер, как это было, к примеру, 8 (14 мм), 11 (18 мм), 16 (11 мм) сентября или 18 ноября (20,4 мм), что значительно обострило еще и риски эрозионного разрушения неустойчивых почв *(рисунок 1.16)*.

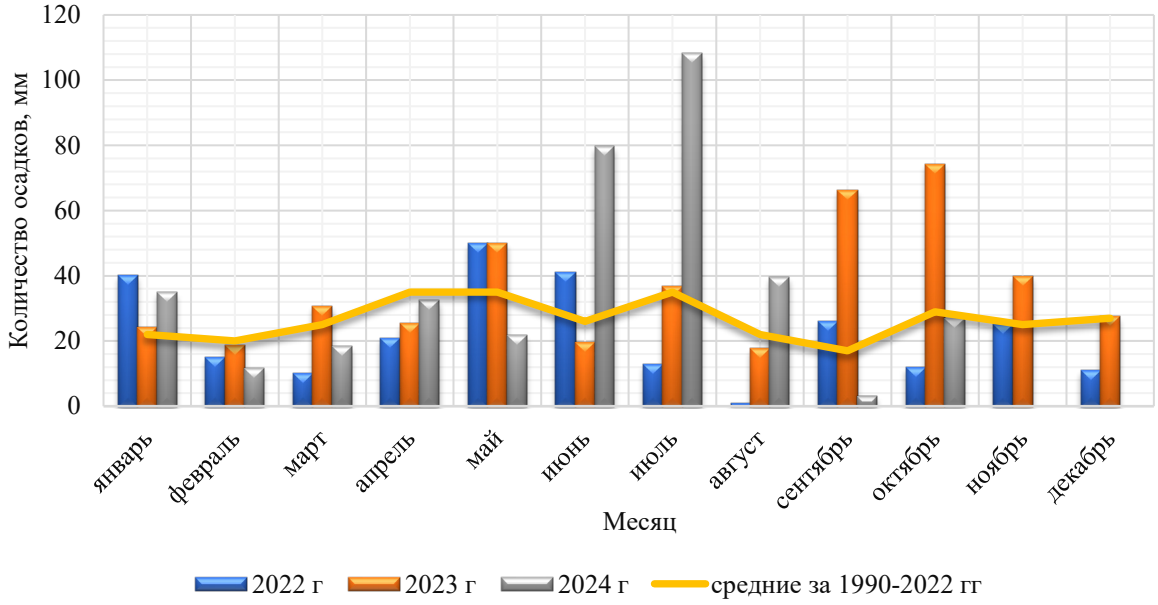


Рисунок 1.16. Динамика помесячных сумм атмосферных осадков в Оренбургском Зауралье по данным Домбаровской ГМС в контрастные по увлажнению годы. *По данным (Расписание погоды…) и расчетам автора.*

При достаточной протяженности в меридиональном отношении исследуемой территории Оренбургского Зауралья аналогичная метеорологическая ситуация оказалась характерной и для других муниципальных образований. Так, по данным Красноярской ГМС, приуроченной к юго-восточным территориям землепользования Кваркенского района и северо-восточной части Адамовского района, за август-октябрь

2023 г. отмечено 155 мм осадков или 184,5% от среднего за предшествующий период количества (84 мм). Самые обильные осадки на протяжении всего года также наблюдались в период созревания хлебов и уборки урожая: 29 мм в августе (87,8%), 62 мм (258,3%) – в сентябре и 64 мм (237,0%) – в октябре. И в ноябре норма осадков (20 мм) была превышена почти вдвое и составила 36 мм. Указанные месяцы характеризовались высокой частотой дождливых дней. В сентябре их было 13 (43,3%) и 14 дней в октябре (45,2%), при этом отмечались и ливни, хотя и не так часто, как в южных муниципалитетах области (Домбаровский район). Особенно обильные осадки наблюдались 8 (20,0 мм), 9 (14,0 мм) сентября, а также 22 (14,0 мм) и 28 (10,0 мм) октября.

При существенно затянувшемся безморозном периоде, когда даже в ноябре, впервые за анализируемый более чем тридцатилетний период (с 1990 г.), отмечена положительная среднемесячная температура воздуха, составившая 0,5°С и 2,3°С по данным Красноярской и Домбаровской ГМС, такое количество атмосферных осадков сопроводилось чрезмерным переувлажнением почвы и не позволило завершить уборку достаточно неплохого для этих мест урожая (1,2-1,8 т/га) *(рисунок 1.17).*

Повсеместно наблюдалось прорастание зерна на корню, особенно малоустойчивой к повышенному атмосферному увлажнению яровой пшеницы. Это сопровождалось снижением товарных качеств зерна ввиду «истекания» клейковины, утратившей эластичность, крошащейся, и в целом непригодной для выпечки качественного хлеба, достаточного объема и консистенции. Потерявшее продовольственные кондиции зерно не пользовалось спросом на российском рынке и частично, в основном по цене значительно уступающей себестоимости, реализовывалось в Республику Казахстан, допускавшую закупку проросшего зерна из урожая 2023 г. на технические цели и его транзит в Киргизию и другие страны, в том числе представляющие дальнее зарубежье.



а б

Рисунок 1.17. Визуализация перенасыщенных влагой полей с неубранным урожаем яровой пшеницы (а) и вмерзшими в лед всходами озимой ржи (б) в условиях аномального атмосферного переувлажнения осени 2023 г., Адамовский район, Оренбургская область, 05 декабря 2023 г.

Одновременно со значительным снижением урожайных перспектив полевых культур, чрезвычайное количество атмосферных осадков отрицательно сказалось на семенных свойствах зерна.

Как показали экспедиционные исследования, при уборке урожая в переувлажненные годы (2023 г.) в партиях зерна высока вероятность присутствия наклюнувшихся и проросших зерен, израсходовавших определенную часть запасенных питательных веществ на прорастание еще задолго до посева и существенно уступающих полноценным семенам по посевным свойствам. Такое зерно характеризуется низкими посевными кондициями и малопригодно для посева *(таблица 1.1).*

Без объективной оценки качественных показателей его использование для посева может привести к формированию недружных всходов, с низкой полнотой и жизнеспособностью, что в последующем выразится в изреженности продуктивного стеблестоя и значительном снижении урожайности.

По устойчивости к прорастанию на корню более слабыми являются голозерные культуры, из которых менее устойчива мягкая пшеница. Ячмень, при большей устойчивости к прорастанию, характеризовался меньшей устойчивостью к полеганию, особенно в период обильных (ливневых, с ураганным ветром и градом) дождей.

Развитие метеорологических событий 2024 г., связанное в первую очередь с повторившимся с осени атмосферным переувлажнением, сопровождалось значительным снижением качества технологических операций и урожайных перспектив.

Таблица 1.1.

Посевные качества семян зерновых культур при различном содержании наклюнувшихся зерен в пробе, из урожая 2023 г.

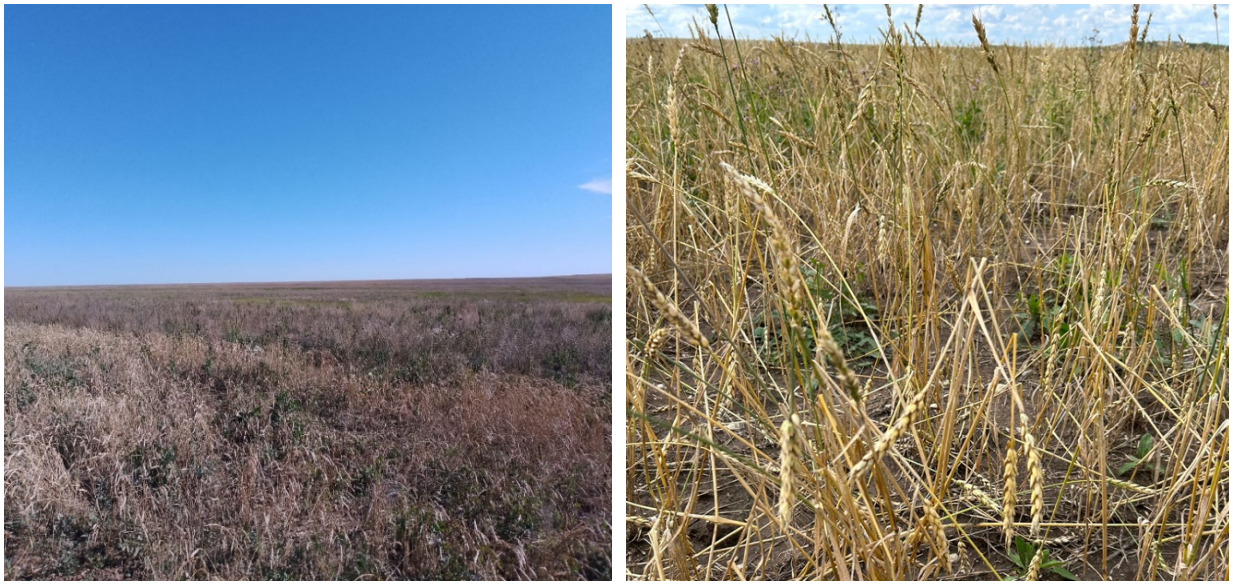
Культура	Содержание наклюнувшихся зерен в пробе, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Пшеница мягкая	100	8	14
	50	32	45
	0	83	94
Пшеница твердая	100	6	12
	50	28	41
	0	80	92
Ячмень	100	9	15
	50	33	43
	0	87	96

За три летних месяца (по сведениям Домбаровской ГМС) выпало 228 мм осадков, что составило 274,7% от средних (83 мм). Их наибольшее количество, составившее 108 мм (308,6%), наблюдалось в июле, немногим меньше – 80 мм или 307,7% – в июне. В августе осадки были также обильными и составили 40 мм или 181,8% от средних. Июнь отличался самым большим числом дождливых дней (18 дней или 60,0%), в июле их было 16 (51,6%) и 10 (32,2%) – в августе. Зачастую дожди носили ливневый характер, а самые обильные осадки отмечались 28 июня (28,0 мм), 12,13,17 и 25 июля – 19,4-14,0-10,0 и 24,0 мм соответственно.

Аналогичная ситуация сложилась и в более северных территориях Оренбургского Зауралья, только здесь начавшийся с осени период переувлажнения, за исключением марта, не прерывался на зимние месяцы и продлился вплоть до сентября. Так, по данным Красноярской ГМС, январская средняя величина была превышена на 18 мм или 120,0%, февральская – на 2 мм или 11,8%, апрельская – на 23 мм или 104,5% и майская – на 3 мм или 10,3%. Летние месяцы оказались самыми дождливыми, с количеством осадков, достигшим почти 300,0 мм и превысившим среднюю величину (99 мм) на 192 мм или 193,9%. Самое высокое количество осадков отмечалось также в

июле. Оно составило 137 мм и превысило среднюю величину предшествующего периода (39 мм) в 3,5 раза. В июне осадков было больше средних на 65 мм или 240,7% и на 29 мм или 87,9% – в августе. Не обошлось и без ливневых дождей – в июне наиболее обильные осадки отмечались 1 (11,0 мм), 4 (18,6 мм), 9 (10,3 мм), 28 (15,9 мм) и 30 (10,0 мм) числа. Три обильных ливня зафиксированы в августе и четыре – в июле, причем 25 июля за одни сутки выпала 1,3-кратная норма месячных осадков, составившая 51 мм.

Такие метеорологические условия лета 2024 г. значительно снизили эффективность технологических операций по уходу за посевами, связанных с использованием наземных транспортных средств, и в первую очередь химической защиты посевов. Это привело к активному развитию сорной растительности, что отрицательно сказалось на формировании урожая и создало трудности с его уборкой. Дополнительный урон урожаю нанесли еще и ураганные ветры, и град, отмечавшиеся уже в период уборки, сопровождавшиеся полеганием хлебов и осыпанием созревшего зерна из колоса *(рисунок 1.18)*.



а б

Рисунок 1.18. Изреженный, засоренный (а) и пострадавший от града (б) посев яровой мягкой пшеницы в условиях аномального атмосферного переувлажнения лета 2024 г., Домбаровский район, Оренбургская область, 17 сентября 2024 г.

Несмотря на чрезвычайное переувлажнение 2023 и 2024 годов, в целом в постцелинных земледельческих территориях степной зоны России сложился крайне напряженный гидротермический режим, связанный с положительной динамикой термических ресурсов и отрицательной динамикой атмосферных осадков. За истекшие три десятилетия в Оренбуржье это выразилось в снижении биоклиматического потенциала (БКП) на 0,10 единиц или 4,6% в Центральной и на 0,20-0,47 единиц или 11,6-25,4% в Восточной природно-климатических зонах. Самые низкие значения и самый заметный отрицательный тренд БКП в Алтайском крае, составивший 0,19 единиц или 11,1%, отмечается в Западно-Кулундинской природно-климатической зоне.

Анализ результативности полеводства модельных территорий показывает, что изменения гидротермических условий выступают в качестве серьезных препятствий для высокой реализации урожайного потенциала полевых культур и могут расцениваться как современные вызовы устойчивому земледельческому использованию сельскохозяйственных угодий.

Как повышенная засушливость климата, так и избыточное атмосферное увлажнение значительно снижают продуктивность сельскохозяйственных культур, не позволяют достичь высокой реализации потенциальных возможностей сортов.

Наряду с отмеченной тенденцией метеорологических условий, высокой реализации урожайного потенциала полевых культур в регионах степной зоны России препятствуют технологические отступления (вызовы), связанные с низкой адаптивностью отрасли, в т.ч. к метеорологическим изменениям.

Достаточно острыми являются вопросы, связанные с игнорированием технологических новаций и стремлением работать по старинке, практикой природозатратных приемов обработки почвы и расточительного отношения к водным ресурсам, что формирует дополнительные риски, особенно в периоды метеорологических аномалий. Чаще всего это наблюдается в хозяйствах, не имеющих в штате специалистов агрономического профиля или не пользующихся их услугами для планирования и контроля технологического процесса.

Низкая устойчивость земледелия в периоды климатической нестабильности связана и с далекой от научного обоснования структурой посевных площадей и вовлечением в пахотный оборот низкоплодородных земель – засоленных, неполнопрофильных, с невысоким запасом органики, отличающихся низкой водопоглотительной и водоудерживающей способностью в засуху и заплывающих и переуплотняющихся при чрезмерном увлажнении. Поля на таких землях отличаются пространственной неоднородностью растительного покрова, выражающейся в высокой гетерогенности фитомассы, а полученный с них урожай характеризуется невысокой величиной и низкими технологическими свойствами.

Преобладание в посевах маржинальных зерновых культур (яровая пшеница), невостребованность агротехнически ценных продовольственных и кормовых культур (бобовые, однолетние и многолетние травы на зеленую массу, кукуруза на силос), вызванная в т.ч. сведением животноводства, расширение площадей почвоутомительных масличных культур (подсолнечник) и практически полное исключение органических удобрений являются характерной чертой современной структуры посевов и отношения к воспроизводству почвенного плодородия. Такой подход исключает возможность проектирования научно-обоснованных севооборотов, предполагающих включение в них культур, положительно влияющих на физические (однолетние и многолетние травы) и химические (бобовые) свойства почвы, а также культур из разных биологических групп, чередование которых в пространстве и времени позволяет избегать накопления в посевах специфичных для вида возбудителей болезней, вредителей, сорных растений и снизить техническую нагрузку в период проведения посевной и уборочной компании (культуры раннего и позднего срока посева или уборки, озимые и яровые и пр.).

К примеру, под урожай 2023 г. в Адамовском районе Оренбургской области из общей площади пашни в размере 250284 га 191285 га или 76,4% было занято зерновыми и зернобобовыми культурами, из которых только 1055 га или 0,55% отведено под зернобобовые культуры – 358 га под чечевицу и 697 га под нут. При этом под яровую пшеницу отводилось 141653 га или 56,6% площади всех обрабатываемых угодий, из которых 32036 га занимала пшеница твердых сортов и 109617 – мягкая пшеница.

Другие зерновые культуры занимали несопоставимо меньшие площади. Ячмень размещался на 43442 га (17,4%), под овес отводилось 3084 га (1,2%), а под просо и того меньше, только 1351 га (0,5%). Технические культуры (6942 га или 2,8%) были представлены только масличными, из которых почти половину площади занимал подсолнечник (3279 га) и примерно на такой же площади в совокупности высевались сафлор (2483 га), рыжик (400 га), горчица (200 га) и лён (520 га). Кормовые культуры, представленные преимущественно выведенными из севооборота многолетними

травами прошлых лет посева (24234 га или 9,7% от площади пашни) занимали 30322га или 12,1%. Молодые (текущего года) посевы многолетних трав занимали только 467 га (0,19%), 360 га (0,14%) отводилось под кукурузу на силос и 1618 га (0,64%) под суданскую траву на сено.

При подобном насыщении структуры посевов зерновыми или другими маржинальными культурами, в первую очередь пшеницей или подсолнечником, и несопоставимо меньшей долей других культур, призванных для снижения экологической напряженности в агроценозах, формирование классических высокопродуктивных севооборотов представляется малореализуемым. К тому же чрезмерное увлечение монокультурой или сугубо растениеводческая специализация являются экономически нецелесообразными, особенно в условиях современных «климатических качелей», когда даже один неурожайный год может сопроводиться финансовым крахом, как это случилось в 2023 г. со многими, преимущественно мелкими КФХ в степном Зауралье и Западной Сибири, не имеющими достаточной финансовой самостоятельности.

Опыт уборочной компании 2023 г. свидетельствует о значительном усилении рисков неблагоприятных метеорологических проявлений и разбалансированности климата для степного полеводства при недостаточной технической и кадровой оснащенности, нехарактерной разве только для крупных холдингов, курируемых промышленными предприятиями-гигантами.

В преимущественной же части сельскохозяйственных территорий степной зоны РФ остро ощущается недостаток механизаторов, водителей и подсобных рабочих, возраст, многих из которых приближается к пенсионному. Это зачастую приводит к недостаточной оперативности проведения полевых работ, снижается их качество, теряется урожай. В том числе и по этой причине, а также ввиду дороговизны техники и очевидного диспаритета цен на промышленную и сельскохозяйственную продукцию, многие хозяйственники ограничиваются минимальным штатом и набором технических средств, надеясь на достаточно пролонгированный период посевных и уборочных работ. К этому зачастую располагают и благоприятные метеорологические условия, способствующие уборке минимальным числом комбайнов практически до ноября.

При этом нельзя не отметить, что сложившиеся в 2023 г. в Оренбургском Зауралье и Западной Сибири метеорологические условия, не позволившие полностью убрать урожай, обязывают достаточно критически отнестись к подобной практике, при том что, по свидетельству самих же аграриев, даже в подобных погодных условиях при достаточном обеспечении механизаторскими кадрами и техникой, урожай можно собирать качественнее и полнее.

Обозначенная тенденция повышения разбалансированности климата в степных регионах России при прогрессирующей деградации почвенного покрова нуждается в тщательной оценке рисков для устойчивого производства растениеводческой продукции, требует переосмысления устоявшихся технологических подходов.

При адаптации земледельческих технологий к «метеорологическим качелям» для снижения остроты засушливых проявлений, наряду с уже очевидной целесообразностью внедрения в технологический процесс приемов влагосберегающей и почвовосстанавливающей направленности, таких как минимизация обработки почвы или ее полное исключение с мульчированием поверхности, соблюдения научно-обоснованных севооборотов, их насыщения многолетними травами и создания травяных экосистем, селекции и семеноводства скороспелых, засухоустойчивых и жаростойких сортов, расширения видового состава и интродукции нетрадиционных культур с высокими адаптационными и хозяйственными признаками, а также использования цифровых ресурсов, целесообразно сокращение площадей под почвозатратными монокультурами (подсолнечник), сосредоточение технологической нагрузки на землях с высоким запасом органики, неподверженных эрозии и

отличающихся высокой водопоглотительной и водоудерживающей способностью, устойчивых к переуплотнению и заплыванию при чрезмерном увлажнении.

Ввиду относительно невысокого количества годовых атмосферных осадков, характерного для степных регионов, несомненные положительные результаты может обеспечить осуществление комплекса мероприятий по рациональному использованию осадков зимних месяцев, способствующих большему снегонакоплению (уборка очесывающими жатками, выращивание кулис из высокостебельных растений, снегозадержание с использованием технических средств).

Несомненный положительный эффект можно ожидать от перехода хозяйств к смешанной зерноживотноводческой специализации, обеспечивающей поддержание продуктивных свойств почв (в том числе их водопоглотительной и водоудерживающей способности) пополнением их гумусового запаса внесением органических удобрений (Гулянов, 2006).

Снижению климатических рисков, связанных с чрезмерной увлажненностью, может способствовать внедрение короткостебельных сортов зерновых культур, успешно противостоящих влиянию засух и полеганию от аномальных ветров или града, включение в севообороты пленчатых культур (ячмень, овес), как более устойчивых к прорастанию на корню, насыщение парка сельскохозяйственных машин и орудий, позволяющее оперативно проводить технологические операции, повышение информационной и кадровой оснащенности хозяйств, в т.ч. специалистами агрономического профиля, и других мероприятий, направленных на качественное проведение полевых работ в нестабильных метеорологических условиях.

Для снижения пролонгированного эффекта переувлажненных лет в виде недоброкачественного семенного материала можно рекомендовать возвращение к практике формирования переходящего (страхового) фонда семян, включающего также и сухое товарное зерно из урожая предыдущих лет, после соответствующей подготовки (очистка, калибровка) более пригодное для использования на посевные цели. При его отсутствии повышение посевных качеств пострадавшего от переувлажнения зерна может обеспечить очистка и калибровка по физическим параметрам на воздушно-решетных станах, триерных блоках, пневмо- и фотосепараторах для отделения проросших и загнивших зерен.

Учитывая свойственные степным регионам России пространственные особенности почвенных и климатических условий, проявляющиеся даже в границах относительно небольших по российским меркам территорий, к примеру таких, как степная и сухостепная зоны Оренбургского Зауралья, чрезвычайную важность имеет реализация зональных научно-обоснованных систем на ландшафтно-адаптивной основе (Кирюшин, 2021). Этому может способствовать организация научно-образовательных центров (НОЦ) на базе региональных НИИ и ВУЗов соответствующего профиля, располагающих для их разработки необходимой лабораторно-производственной базой и специалистами соответствующей квалификации.

Таким образом, изменяющиеся метеорологические условия в регионах степной зоны России, включая проявления аномального характера (засуха, ураганные ветры, ливни, град), вносят существенный дисбаланс в хозяйственную деятельность, препятствуют высокой реализации потенциала продуктивности полевых культур, создают риски обеспечению продовольственной безопасности и экспортного потенциала страны. Для повышения устойчивости полеводства при наблюдающихся тенденциях в динамике метеорологических параметров целесообразно осуществление мероприятий агротехнологической, технической, социальной и организационно-экономической направленности, предполагающих адаптацию к ним практикуемых подходов в ведении хозяйства, материального, кадрового и финансового обеспечения, успешная реализация которых может быть достигнута только при совместном конструктивном участии хозяйствующих субъектов и государства.

ГЛАВА 2. ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

2.1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ РЕЧНОГО СТОКА И ПРОБЛЕМЫ ГАРАНТИРОВАННОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ УРАЛ *(Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А.)*

2.1.1. Пространственно-временные закономерности многолетней динамики речного стока

Многолетние колебания речного стока обусловлены действием природных и антропогенных факторов. Из природных ведущая роль принадлежит климатическим параметрам (атмосферному увлажнению и температуре воздуха), а также физико-географическим особенностям водосборных территорий. Антропогенные факторы влияют на динамику водного режима за счет изъятия или поступления воды, перераспределения и регулирования речного стока. Проблема определения вклада климатических и антропогенных факторов в динамику стока крупных рек заключается в их тесной взаимосвязи, а также воздействием данных факторов на сток не только непосредственно, но и косвенно (Георгиади, Коронкевич, Барабанова и др., 2019).

При незначительном влиянии хозяйственной деятельности на водные объекты и их водосборы многолетние колебания гидрологических характеристик рассматриваются как случайный (стохастический) процесс. Вероятностная изменчивость гидрологических характеристик и процессов, в частности, может быть обусловлена проявлением крупномасштабной турбулентности атмосферы (Евстигнеев, 1990). Кроме того, случайный характер имеет сочетание ряда стокоформирующих факторов – в первую очередь, формирование склонового поверхностного и подземного стока и его трансформация в речную сеть (Закономерности…, 2012).

В итоге многолетняя последовательность характеристик стока рек рассматривается как стационарный процесс с определенными, индивидуальными для каждой отдельной реки, статистическими параметрами (Многолетние колебания…, 2021). В последние десятилетия процессы формирования стока происходят в климатических условиях, которые существенно отличаются от предыдущего многолетнего периода, что в свою очередь влияет на характер долговременных колебаний и является причиной нарушения стационарности. Нестационарность рядов гидрологических характеристик проявляется в наличии трендов – неслучайных тенденций к систематическому изменению расходов воды или амплитуды колебаний относительно их среднего значения. В пределах Европейской территории России (ЕТР) данные изменения фиксируются с конца 1970-х до середины 1980-х гг., в пределах Азиатской территории России (АТР) – со второй половины 1980-х (Второй оценочный…, 2014).

Для отдельных рек бассейна р. Урал наличие трендов в рядах годового стока не отрицается, однако относительно их направленности сложно сделать конкретные выводы; в основном считается, что данные изменения являются частью природных естественных колебаний (Многолетние колебания…, 2021; Водные ресурсы России…, 2008). В целом, результаты изучения многолетних изменений речного стока в исследуемом бассейне отражаются в ряде научных публикаций. В частности, в статье (Бубин, 2010) на основе кластерного и корреляционного анализа произведено районирование территории Челябинской области по характеру многолетних колебаний сезонного стока. Авторами Н.М. Юминой и М.О. Козловым проводится районирование территории бассейна Урала по синхронности и синфазности колебаний годового стока

(Юмина, Козлов, 2021). Результаты изучения закономерностей многолетних колебаний стока рек бассейна р. Урал представлены в работах (Васильев и др., 2016; Сивохип, Павлейчик, Чибилёв, 2019; Сивохип, Павлейчик, Чибилёв и др., 2018). В работе Магрицкого Д.В. с соавторами (2018) для фактических и восстановленных Qср на посту Кушум продолжительность значимых циклов оценена (за 1913-2014 гг.) от 4,9 лет до 11,3 и 14,6 лет. Итоги детального анализа и обобщения научных исследований стока и водного режима в бассейне реки Урал в XX в. – начале XXI в. представлены в (Магрицкий, Сивохип, Павлейчик и др., 2023).

В качестве исходных данных использованы ряды средних значений расходов воды (Q, $м^3/с$) по 14 гидропостам в пределах исследуемого бассейна. Выбор постов определялся в первую очередь продолжительностью рядов непрерывных наблюдений, позволяющей выявлять циклы лет различной водности. Сформированная база данных охватывает многолетний период с 1930 по 2022 г. включительно. Для рр. Урал (Кизильское, Оренбург, Кушум) и Сакмара (Тат. Каргала) максимально продолжительный ряд наблюдений составляет 93 года; для притоков – от 53 до 73 лет. Также выбор гидропостов основан на различиях физико-географических условий формирования речного стока и степени антропогенного воздействия на речной сток. Сток верхнего течения рек Урал и Илек зарегулирован водохранилищами многолетнего регулирования. В связи с тем, что наблюденные значения гидрологических характеристик могут содержать интервалы, характеризующиеся нарушением стационарности, проведена проверка однородности рядов на основе расчета критериев Стьюдента и Фишера при уровне значимости 5%. Для проверки ряд разбивался на 2 выборки по дате нарушения водного режима (год начала заполнения водохранилища) или на 2 периода одинаковой продолжительности. Выводы о направленности и величине изменения речного стока в бассейне р. Урал сформулированы на основе расчета коэффициентов линейного тренда за период 1978-2022 гг., т.е. с начала фазы климатического потепления. Для рек ЕТР 1978 г. определен как пороговый год изменения водности под влиянием климатических факторов (Джамалов, Сафронова, Телегина, 2017). Периоды с ноября по март и июнь-октябрь приняты за зимнюю и летне-осеннюю межени соответственно. Для расчета нормы стока рек бассейна р. Урал выбран период 1950-2008 годов (продолжительность наблюдений составляет 59 лет), охватывающий две долговременные фазы – низкой (1950-1989) и высокой водности (1990-2007). Репрезентативность данного периода подтверждается значениями средней квадратической ошибки, не превышающей 10% для большинства исследуемых рек. Выделение фаз водности в бассейне р. Урал проведено на основе расчета модульного коэффициента (Ki=Wi/Wo, где i – годы многолетнего ряда; Wo – средняя многолетняя величина по всему ряду).

Согласно результатам расчетов значений критериев Стьюдента и Фишера, в 11 (из 14) гидропостов ряды стационарны и по среднему, и по дисперсии. К ним относятся гидропосты верхнего течения р. Урал, рр. Большой Кизил, Сакмара, Большой Ик, Салмыш, а также притоки южной и юго-восточной части водосборной территории – рр. Илек, Большой Кумак, Орь, Суундук. Два ряда стационарны по среднему значению и нестационарны по дисперсии – р. Урал в створах Оренбург и Кушум. Для р. Урал неоднородность наблюденного ряда по дисперсии обусловлена влиянием антропогенной деятельности на динамику водного режима (регулирование стока Ириклинским вдхр.). Ряд значений годового стока р. Жарлы (Адамовка) нестационарен как по среднему значению, так и по дисперсии. Таким образом, изменение статистических характеристик стока рек исследуемого бассейна за рассматриваемые периоды в целом незначительно, что указывает на однородность рассматриваемых рядов.

Проведенная оценка коэффициентов линейных трендов не выявила статистически значимых изменений в годовом стоке большинства рек исследуемого бассейна. Изменение стока главной реки в период 1978-2022 гг. относительно предшествующего

находится в пределах 10%, что свидетельствует об отсутствии однонаправленных тенденций *(таблица 2.1).*

Таблица 2.1.

Статистические параметры годового стока рек бассейна р. Урал

№ п/п	Река – створ	Периоды	Среднее значение, Q м^3/с	Дисперсия, σ^2	C_s	C_v	r(1)
1	Урал – Верхнеуральск	1948-1977	7,29	15,32	0,63	0,54	0,32
		1978-2022	7,16	9,89	0,35	0,44	0,27
		%	-1,8	-35	-45	-20	
2	Урал – Кизильское	1938-1977	27,94	475,72	1,33	0,78	0,48
		1978-2022	29,62	328,94	1,27	0,61	0,24
		%	6	-31	-5	-22	
3	Урал – Оренбург* (рег.)	1938-1977	97,36	6533,14	1,69	0,83	0,33
		1978-2022	97,07	2993,47	1,23	0,56	0,10
		%	-0,3	-54	-27	-33	
4	Урал – Кушум* (рег.)	1938-1977	307,91	40952,48	1,19	0,66	0,32
		1978-2022	280,60	12367,18	0,69	0,39	0,30
		%	-9	-70	-42	-41	
5	Сакмара – Акъюлово	1948-1977	11,99	40,92	0,71	0,53	0,35
		1978-2022	13,88	39,62	0,92	0,45	0,31
		%	15	-3	30	-15	
6	Сакмара – Тат. Каргала	1938-1977	127,63	4413,58	0,95	0,52	0,36
		1978-2022	143,62	2390,63	0,50	0,34	0,26
		%	12	-46	-47	-35	
7	Бол. Кизил – Верхне-Абдряшево	1949-1977	4,30	6,03	0,99	0,57	0,25
		1978-2022	4,93	7,38	1,86	0,55	0,09
		%	13	22	87	-4	
8	Бол. Ик – Мраково	1978-2022	17,43	82,32	0,66	0,52	0,11
9	Салмыш – Буланово	1978-2022	8,57	8,76	0,05	0,34	0,41
10	Илек – Веселый* (рег.)	1978-2022	22,40	160,31	0,99	0,56	0,09
11	Суундук – Майский	1978-2022	4,64	10,30	1,09	0,69	-0,11
12	Бол. Кумак – Новоорск	1978-2022	12,15	61,71	1,38	0,65	0,06
13	Орь – Истемес	1978-2022	5,66	20,72	0,86	0,80	0,01
14	Жарлы – Адамовка	1978-2022	4,53	15,56	2,55	0,87	-0,01

Для рек Сакмара (Акъюлово, Тат. Каргала) и Большой Кизил (Верхне-Абдряшево) отмечается рост среднегодовых расходов воды по сравнению с предыдущим периодом на 15, 12 и 13% соответственно. Обращает внимание сокращение многолетней изменчивости среднегодовых расходов стока для рек с условно-естественным и зарегулированным стоком *(таблица 2.1).* Максимальное сокращение *Cv* зафиксировано для зарегулированных участков р. Урал (Оренбург – 33%; Кушум – 41%). Важно отметить, что уменьшение *Cv* характерно не только для среднегодовых, но и для максимальных и минимальных расходов воды. Установлено статистически значимое снижение межгодовой изменчивости (по F-тест) характеристик стока рек исследуемого бассейна (Магрицкий, Евстигнеев, Юмина и др., 2018).

Отсутствие устойчивых тенденций в многолетней динамике речного стока большинства рек исследуемого бассейна (за исключением р. Урал в нижнем течении) подтверждают данные *таблицы 2.2.*

Таблица 2.2.

Средний многолетний сток рек в бассейне р. Урал

№ п/п	Река – створ	Площадь водосбора, км^2	Норма стока, км^3/год	Отклонения от нормы, км^3/год		
				1978-1998	1999-2022	1978-2022
1	Урал – Верхнеуральск	2650	0,23	-0,02	0,01	-0,01
2	Урал – Кизильское	17200	0,84	-0,04	0,23	0,05
3	Урал – Оренбург	82300	2,97	0,25	-0,07	-0,02
4	Урал – Кушум	190000	9,30	0,45	-1,14	-0,64
5	Сакмара – Акъюлово	4420	0,41	0,06	-0,04	0,01
6	Сакмара – Тат. Каргала	29600	4,29	0,48	0,01	0,09
7	Бол. Ик – Мраково	1870	0,50	0,06	-0,02	0,001
8	Бол. Кизил – В. Абдряшево	1830	0,14	0,001	0,03	0,01
9	Салмыш – Буланово	2580	0,26	0,01	0,00	0,001
10	Жарлы – Адамовка	2490	0,12	0,04	0,01	0,02
11	Суундук – Майский	4020	0,16	0,01	-0,04	-0,02
12	Бол. Кумак – Новоорск	7250	0,37	0,05	-0,02	0,001
13	Орь – Истемес	13000	0,19	0,04	0,00	-0,02
14	Илек – Веселый	17200	0,74	0,12	-0,20	-0,06

Для анализа пространственно-временных закономерностей многолетних колебаний годового стока существенное значение имеет выделение группировок лет пониженной и повышенной водности, характеризующихся разной продолжительностью. Согласно ранее проведенным исследованиям (Сивохип, Павлейчик, Чибилёв, 2019), для большинства рек исследуемого бассейна, вне зависимости от площади водосборной территории, характерны синфазные колебания стока, что связано со сходными климатическими условиями.

В первую очередь, совпадение фаз водности свойственно циклическим колебаниям годового стока, реже синфазность отмечается в колебаниях стока половодья и межени (Кузин, 1970). Продолжительность фаз водности для рек в бассейне р. Урал может отличаться на 2-3 года. Асинхронность стока наблюдается в отдельные годы, но это не оказывает принципиального влияния на общие закономерности многолетних колебаний. Асинхронный характер изменения стока проявляется как в периодах смены фаз, так и внутри продолжительного периода (преимущественно группировки маловодных лет).

Исходя из данных *рисунка 2.1*, можно сделать вывод о последовательной смене многоводных и маловодных фаз в бассейне р. Урал, отличающихся продолжительностью и степенью отклонения от нормированных значений стока. Как правило, группировки маловодных лет более продолжительные, чем многоводные. Кроме того, для многолетних колебаний речного стока отсутствует устойчивая периодичность – каждый новый цикл не повторяет полностью предыдущего (Закономерности…, 2012).

На основе расчета модульных коэффициентов стока выделены фазы низкой и высокой водности, что позволило установить пространственно-временные особенности многолетних колебаний речного стока в бассейне р. Урал *(таблица 2.3).*

Период 1930-1940 гг. характеризуется преобладанием экстремально маловодных лет: Оренбург – Кi=0,47; Кушум – 0,64; Каргала – 0,65.

Начиная с 1940-х гг. и вплоть до 1950 г. выделяется фаза высокого стока (Оренбург – Кi=2,06; Кушум – 1,68; Тат. Каргала – 1,58), которая была общей для большинства рек восточного и юго-восточного секторов Восточно-Европейской равнины.

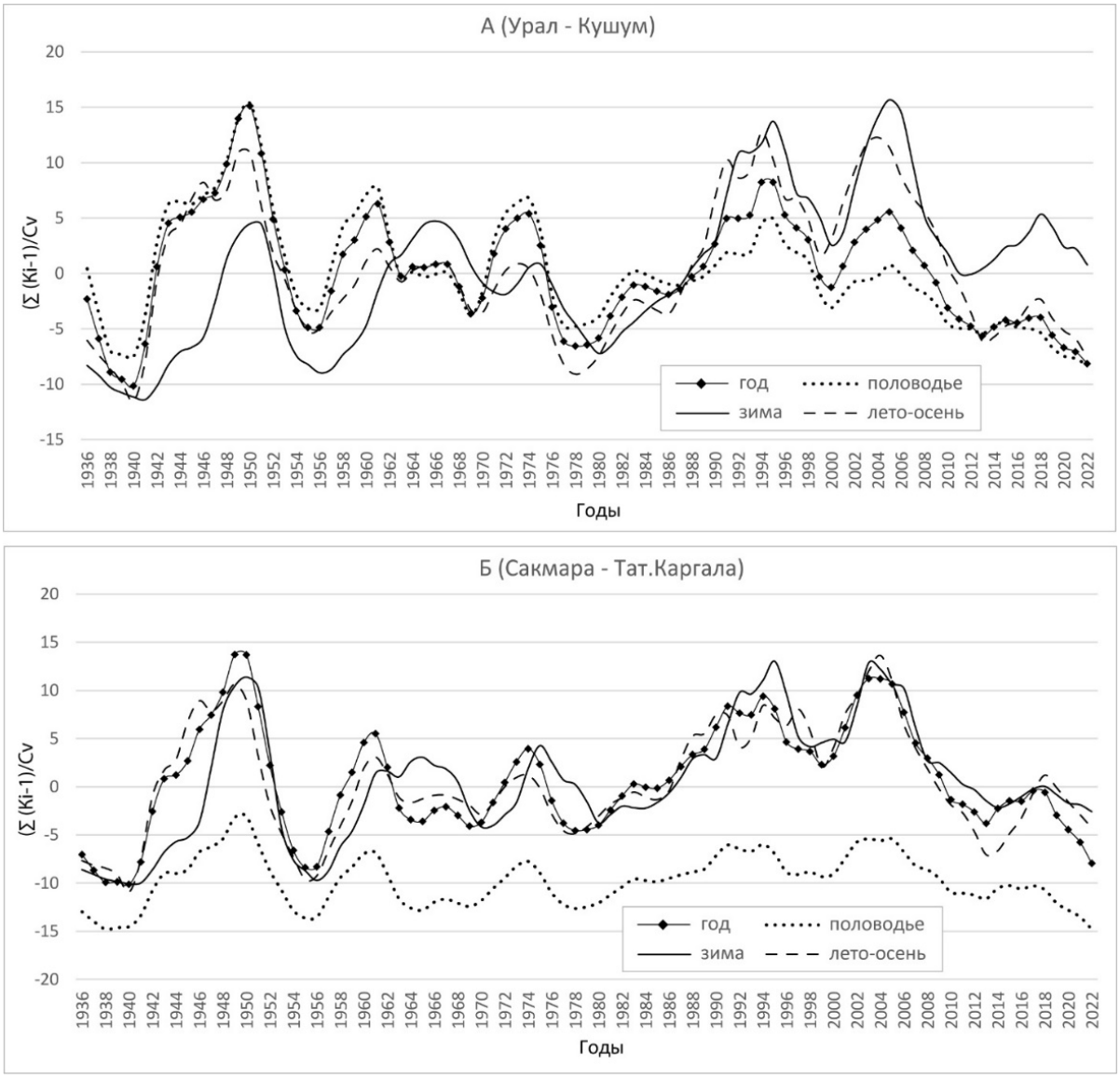


Рисунок 2.1. Нормированные разностные интегральные кривые стока: год, половодье, летне-осенняя и зимняя межени.
Условные обозначения: А – р. Урал – Кушум, Б – р. Сакмара – Тат. Каргала.

Таблица 2.3.

Изменение модульных коэффициентов ($К_i$) в разные фазы водности (Н – фаза низкого стока; В – фаза высокого стока; ЛОМ – летне-осенняя межень; ЗМ – зимняя межень)

Река – створ	Фазы водности	Год	Половодье	ЛОМ	ЗМ
Урал – Верхнеуральск	(1948-1989) Н	0,99	0,97	1,08	0,80
	(1990-2007) В	1,12	1,19	0,96	1,33
	(2008-2022) Н	0,82	0,74	0,86	1,23
Урал – Кизильское	(1938-1949) В	1,76	1,73	1,96	1,27
	(1950-1989) Н	0,86	0,86	0,78	1,32
	(1990-2007) В	1,47	1,37	1,40	2,95
	(2008-2022) Н	0,94	0,76	1,18	1,68
Урал – Оренбург* (рег.)	(1930-1940) Н	0,47	0,47	0,56	0,28
	(1941-1949) В	2,06	2,31	1,82	1,07
	(1950-1989) Н	0,91	0,84	0,92	1,33

	(1990-2007) В	1,46	1,26	1,66	2,25
	(2008-2022) Н	0,74	0,53	0,98	1,35
Урал – Кушум* (рег.)	(1930-1940) Н	0,64	0,66	0,63	0,52
	(1941-1949) В	1,68	1,74	1,66	1,30
	(1950-1989) Н	0,94	0,90	0,98	1,15
	(1990-2007) В	1,22	0,93	1,53	1,99
	(2008-2022) Н	0,71	0,53	0,85	1,35
Сакмара – Акъюлово	(1950-1989) Н	0,86	0,94	0,88	0,79
	(1990-2007) В	1,27	1,27	1,46	1,48
	(2008-2022) Н	0,67	0,73	0,57	0,84
Сакмара – Тат. Каргала	(1930-1940) Н	0,65	0,68	0,63	0,49
	(1941-1949) В	1,58	1,60	1,49	1,49
	(1950-1989) Н	1,01	0,99	1,03	1,09
	(1990-2007) В	1,42	1,37	1,41	1,78
	(2008-2022) Н	0,92	0,88	0,93	1,01
Бол. Кизил – Верхне-Абдряшево	(1950-1989) Н	0,92	0,90	0,85	1,01
	(1990-2007) В	1,09	1,05	1,85	1,06
	(2008-2022) Н	1,15	1,14	1,16	0,75
Салмыш – Буланово	(1950-1989) Н	0,91	0,97	0,80	0,76
	(1990-2007) В	1,22	1,11	1,45	1,52
	(2008-2022) Н	0,89	0,92	0,83	0,83
Бол. Ик – Мраково	(1950-1989) Н	0,96	0,98	0,90	1,01
	(1990-2007) В	1,16	1,15	1,17	1,15
	(2008-2022) Н	0,88	0,84	1,07	0,73
Илек – Веселый* (рег.)	(1950-1989) Н	0,97	1,11	0,66	0,89
	(1990-2007) В	1,29	1,07	1,75	1,42
	(2008-2022) Н	0,67	0,55	0,98	0,74
Суундук – Майский	(1950-1989) Н	0,97	1,02	0,77	0,99
	(1990-2007) В	1,27	1,25	1,37	1,19
	(2008-2022) Н	0,64	0,64	0,82	0,73
Бол. Кумак – Новоорск	(1950-1989) Н	0,74	0,75	0,75	0,75
	(1990-2007) В	1,38	1,38	1,24	1,41
	(2008-2022) Н	0,84	0,82	0,97	0,78
Орь – Истемес	(1950-1989) Н	0,97	0,94	1,06	0,92
	(1990-2007) В	1,02	1,03	0,84	0,69
	(2008-2022) В	1,04	1,13	1,08	0,19
Жарлы – Адамовка	(1950-1989) Н	0,79	0,83	0,67	0,86
	(1990-2007) В	1,49	1,42	1,78	1,50
	(2008-2022) Н	0,92	0,92	0,92	0,63

Примечание: рег. – многолетнее регулирование стока водохранилищем.

Продолжительная фаза снижения стока охватывает период с 1950-х до конца 1980-х годов (Оренбург – K_i=0,91; Кушум – 0,94), в пределах которой выделяются многоводные годы (1957, 1964, 1970). По сравнению с маловодной фазой 30-х годов, для данной фазы характерно преобладание значений K_i>0,7-0,8. Асинфазные колебания годового стока зафиксированы для р. Сакмара в створе Тат. Каргала – K_i=1,01. В итоге можно утверждать, что многоводная фаза 1940-х годов разделила длительный 60-летний период на две маловодные фазы, отличающиеся продолжительностью и интенсивностью (1930-1940 и 1950-1989 гг.). Кроме того, в маловодный период 1950-1989 гг. для отдельных рек бассейна р. Урал наблюдается асинхронность фаз водности годового и сезонного стока. В частности, значения Ki>1 зафиксированы для стока зимней (Урал – Кизильское, Оренбург и Кушум; Сакмара – Тат. Каргала; Большой Ик) и летне-осенней межени (Урал – Верхнеуральск; Сакмара – Тат. Каргала).

Фаза высокого стока, начавшаяся в 1990-е гг., продлилась до второй половины 2000-х гг. (Оренбург – $К_i$=1,46; Кушум – 1,22; Тат. Каргала – 1,42), с асинхронными колебаниями стока в отдельные годы. Многоводная для большинства рек бассейна реки Урал фаза совпадает с общей тенденцией увеличения водности, характерной для рек ЕТР, обусловленной увеличением объемов циклонических осадков атлантического происхождения (Водные ресурсы России…, 2008). В течение данной фазы зафиксированы абсолютные максимумы расходов воды за весь период наблюдений для многих рек (1991, 1994).

Начиная со второй половины 2000-х годов, происходит общее снижение годовых значений стока: Оренбург – $К_i$=0,74; Кушум – 0,71; Тат. Каргала – 0,92. Современная фаза сокращения стока (2008-2022) для рек верхнего участка бассейна р. Урал (Урал – Кизильское, Большой Кизил, Большой Ик) характеризуется повышенными значениями модульных коэффициентов в отдельные сезоны года *(таблица 2.3)*. Прежде всего, обращают внимание высокие значения стока летне-осенней межени – 1,07 (Большой Ик); 1,16 (Большой Кизил); 1,18 (Урал – Кизильское); рост значений последних обусловлен прохождением экстремального дождевого паводка в августе 2013 г. Например, в данный период $Q_{ср}$ в створе Кизильское (Урал) составил 438 $м^3/с$ (при норме 17,9 $м^3/с$). Текущая фаза низкой водности для отдельных рек (в первую очередь р. Урал) характеризуется повышенными значениями модульных коэффициентов стока зимней межени – от 1,23 (Верхнеуральск) до 1,35 (Оренбург, Кушум) и 1,68 (Кизильское), что подтверждает установленные ранее тенденции увеличения доли стока данного периода (Сивохип, Павлейчик, Падалко, 2021).

Отдельно отметим синхронные изменения величин стока годового и весеннего стока вне зависимости от фазы водности, даже несмотря на современную тенденцию сокращения доли весеннего половодья в суммарном объеме стока рек степной зоны (Многолетние колебания…, 2021; Сивохип, Павлейчик, Падалко, 2021). Кроме того, при сопоставлении значений стока весеннего периода современной маловодной фазы (2008-2022) установлены определенные пространственные различия. Сокращение модульного коэффициента (10-20%) зафиксировано для створов верхнего течения р. Урал (Верхнеуральск, Кизильское) и крупного притока – р. Сакмара (Акъюлово, Тат. Каргала). Весенний сток рек юго-восточной части водосборной территории (Большой Кумак, Орь, Жарлы) характеризуется незначительным ростом стока весеннего сезона, что обусловлено наличием многоводных лет (2014-2016) внутри текущей маловодной фазы. Отметим также, что модульный коэффициент весеннего стока фаз высокой водности в створе Кизильское (р. Урал) сократился незначительно – с 1,60 (1941-1949) до 1,33 (1990-2007); в створе Тат. Каргала (р. Сакмара) в аналогичные периоды $К_i$ сократился с 1,54 до 1,31. Более значительное сокращение стока установлено для зарегулированных участков главной реки с 2,34 до 1,27 в створе Оренбург; с 1,87 до 0,99 в створе Кушум за аналогичные периоды.

Согласованная смена фаз водности большинства рек бассейна р. Урал подтверждается не только общей направленностью нормированных значений стока, но и теснотой корреляционных связей между рядами величин речного стока *(таблица 2.4)*.

Тесная положительная связь установлена для рек с однотипными физико-географическими условиями формирования стока. Так, для верховий рек западного склона Южного Урала (Сакмара, Большой Ик, Салмыш) коэффициент корреляции изменяется в диапазоне 0,7-0,9. Умеренной положительной связью (r=0,5-0,7) между стоком характеризуются реки восточного и юго-восточной части бассейна р. Урал, охватывающие обширные степные пространства (Суундук, Большой Кумак, Жарлы). Из сопоставляемых рек неполная синхронность колебаний стока зафиксирована для р. Орь (Истемес) – r=0,1-0,5.

На основе результатов проведенного исследования установлены пространственно-временные закономерности и тенденции многолетней динамики

речного стока в бассейне р. Урал. Выявлено отсутствие статистически значимых и однонаправленных трендов в рядах годового стока, что обусловлено в первую очередь трансформациями внутригодового распределения стока в пределах исследуемого бассейна. Сокращение доли весеннего половодья в объеме годового стока и повышение водности летне-осенней и зимней меженей создают определенные компенсационные условия, в результате чего многолетняя динамика речного стока остается достаточно стабильной. Из устойчивых тенденций современного периода (после 1978 г.) необходимо отметить сокращение значений коэффициента вариации и дисперсии годового стока.

Таблица 2.4.

Коэффициенты корреляции между стоком рек бассейна р. Урал (1978-2022 гг.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1,0	**0,89**	**0,66**	**0,66**	**0,65**	**0,65**	0,57	0,64	0,51	0,53	0,49	0,40	0,38	0,29
2		1,0	**0,76**	**0,69**	**0,65**	**0,69**	0,53	**0,73**	0,58	0,57	0,55	0,53	0,39	0,30
3			1,0	**0,91**	**0,80**	**0,79**	0,55	0,48	0,56	**0,86**	**0,66**	**0,87**	**0,80**	0,47
4				1,0	**0,91**	**0,91**	**0,67**	0,48	**0,70**	**0,87**	**0,66**	**0,81**	**0,76**	0,32
5					1,0	**0,90**	**0,75**	0,55	0,64	**0,82**	0,58	**0,67**	0,61	0,33
6						1,0	**0,79**	0,57	**0,75**	**0,80**	0,59	**0,71**	**0,65**	0,34
7							1,0	0,57	0,53	0,59	0,49	0,47	0,42	0,17
8								1,0	0,45	0,40	0,38	0,37	0,24	0,24
9									1,0	0,59	0,46	0,52	0,36	0,13
10										1,0	**0,73**	**0,82**	**0,79**	0,49
11											1,0	**0,65**	0,51	0,30
12												1,0	**0,78**	0,52
13													1,0	0,50
14														1,0

Примечание: 1 – Урал (Верхнеуральск); 2 – Урал (Кизильское); 3 – Урал (Оренбург); 4 – Урал (Кушум); 5 – Сакмара (Акъюлово); 6 – Сакмара (Тат. Каргала); 7 – Бол. Ик (Мраково); 8 – Бол. Кизил – Верхне-Абдряшево; 9 – Салмыш (Буланово); 10 – Суундук (Майский); 11 – Жарлы (Адамовка); 12 – Бол. Кумак (Новоорск); 13 – Илек (Веселый); 14 – Орь (Истемес).

Климатообусловленные изменения водности рек подтверждаются синфазностью колебаний стока большинства рек бассейна р. Урал. На основе анализа значений модульных коэффициентов выделено 5 фаз изменения стока за 1938-2022 гг., характеризующихся разной продолжительностью и интенсивностью. Очевидно, что смена фаз водности связана с изменениями макромасштабной атмосферной циркуляции, влияющих на объемы годовых сумм атмосферных осадков и их сезонное распределение. Установлено, что группировки лет низкой водности отличаются большей продолжительностью и могут прерываться годами высокой водности (как правило, 2-3 года). Асинхронный характер колебаний стока в отдельные годы маловодной фазы обусловлен высокими объемами весеннего половодья (1957, 1964, 1970, 1981) и прохождением экстремального дождевого паводка (2013, 2020). Кроме того, вне зависимости от фазы водности и современных трансформаций водного режима, для большинства рек бассейна р. Урал характерны синхронные изменения величин стока годового и весеннего стока.

Таким образом, отсутствие значимых линейных трендов и нарушений однородности в рядах годового стока рек исследуемого бассейна не позволяет сделать вывод о том, что в многолетних колебаниях водности присутствуют однонаправленные тенденции. Главной причиной изменений годового стока рек является наличие в его временных колебаниях продолжительных многоводных и маловодных фаз, обусловленных естественной климатической изменчивостью.

2.1.2. Современные тенденции внутригодового распределения речного стока

С учетом современных трансформаций глобального и регионального климата актуальным направлением для оценки динамики водных ресурсов рек степной зоны является изучение текущих тенденций во внутригодовом распределении речного стока (Сивохип, Павлейчик, 2020). Сезонная специфика параметров речного стока обусловлена взаимодействием климатических факторов (общий характер распределения стока) и местных физико-географических условий.

Динамика минимального стока. Минимальный сток летне-осеннего и зимнего сезонов имеет различную генетическую структуру, в связи с чем их пространственно-временные аспекты исследуются отдельно. Но в целом, продолжительность и устойчивость периода низкого стока определятся стокообразующими факторами, из которых ключевое значение имеют атмосферные осадки и подземные воды, непосредственно участвующие в формировании приходной части стока. Влияние атмосферных осадков на сезонный сток различно для зон избыточного и недостаточного увлажнения вследствие существенного отличия величин испарения (Владимиров, 1970). Важно, что в формировании подземной составляющей стока заметную роль играют осадки не только за текущий год, но и за предыдущие 2-3 года. Исходя из разнообразия и генетической разнородности факторов формирования стока, необходимо обратить внимание на трудности при определении синхронности колебания стоковых и метеорологических характеристик (Джамалов, Сафронова, Телегина, 2017). Отдельно отметим, что при исследованиях характеристик стока за период осреднения, меньший чем год, влияние местных особенностей бассейнов рек значительно возрастает и в первую очередь это относится к меженному и минимальному стоку (Комлев, 2002).

Также необходимо учитывать, что минимальный сток является составляющей годового стока, что определяет достаточно высокую степень тесноты связей между этими параметрами *(рисунок 2.2)*.

Вместе с тем период низкого стока отличается особыми условиями и факторами стокоформирования, не проявляющимися в остальные сезоны года. В частности, продолжительность маловодных фаз определяется в первую очередь устойчивостью межени: зимняя межень зависит от длительности периода с отрицательными температурами, а летне-осенняя – от интенсивности атмосферных осадков (Закономерности…, 2012).

Согласно результатам многочисленных исследований, устойчивой тенденцией внутригодового распределения стока рек Европейской территории России (ЕТР) является сокращение доли стока весеннего половодья и увеличение доли меженного стока (Болгов, Коробкина, Трубецкова и др., 2014; Джамалов, Сафронова, Телегина, 2017; Георгиади, Коронкевич, Кашутина и др., 2016; Магрицкий, Евстигнеев, Юмина и др., 2018; Дмитриева, Нефедова, 2018; Сивохип, Павлейчик, Падалко, 2021; Sivokhip, Pavleychik, Chibilev, 2021; Сивохип, Павлейчик, 2024). Основная причина данной трансформации – существенный многолетний рост значений приземной температуры воздуха в холодный сезон с закономерным увеличением частоты оттепелей и расходов зимней межени (Закономерности…, 2012; Джамалов, Сафронова, Телегина, 2017).

В итоге, в современный период (с середины 1970-х) в результате климатических изменений произошло значительное сокращение числа лет, когда формируется т.н. «запирающий слой» в почвенном слое водосборных территорий. Соответственно, в период весеннего половодья снижается поверхностный сток и возрастает инфильтрационное питание грунтовых вод и, как следствие, увеличение подземного питания водотоков в меженный период (Многолетние колебания…, 2021). Отметим, что на большей части ЕТР произошло увеличение стока и в период летне-осенней межени – наиболее значительное (40-100%) на реках лесостепной и степной зон (Закономерности…, 2012). Согласно данным (Многолетние колебания…, 2021)

минимальный летний и зимний сток рек бассейна р. Урал характеризуется положительным и значимым трендом – Урал (Оренбург), Жарлы (Адамовка), Илек (Веселый). Для отдельных рек (Урал – Верхнеуральск; Сакмара – Акъюлово, Каргала) только рост значений минимального стока (зима) характеризуется статистически значимым трендом, а для р. Орь (Истемес) – статистически значимый рост установлен для минимального стока летнего сезона.

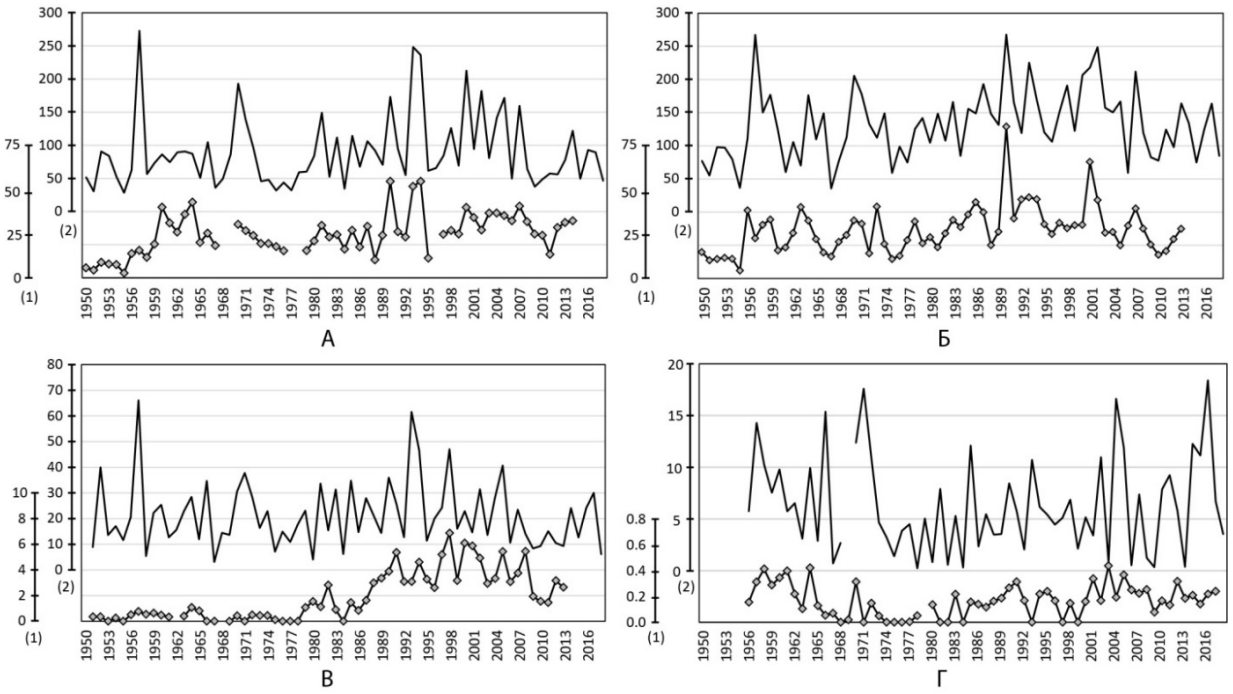


Рисунок 2.2. Изменение величин стока 30-суточного минимального стока зимней межени (1) и годового стока (2) (Q, м^3/с).

Условные обозначения: А – Урал (Оренбург); Б – Сакмара (Каргала); В – Илек (Веселый); Г – Орь (Истемес).

Как было отмечено выше, многолетняя динамика водности рек исследуемого бассейна детерминируется особенностями внутригодового распределения стока, основная доля которого приходится на период весеннего половодья *(таблица 2.5).*

По мере истощения весеннего стока общей характеристикой рек бассейна реки Урал становится сокращение объемов воды, вплоть до начала половодья следующего года. Маловодный период, как правило, прерывается в предзимнее время (октябрь-декабрь) относительным увеличением объемов стока, обусловленным более благоприятными условиями увлажнения. Наиболее явно предзимний период повышения стока выражен в бассейне р. Сакмара, водосборная территория которой расположена в пределах горнолесных ландшафтов Южного Урала. Данные, представленные в *таблице 2.5*, подтверждают современные тенденции внутригодового распределения стока – для большинства рек отмечен устойчивый рост значений стока зимней межени (Урал, Сакмара, Большой Ик, Салмыш, Жарлы, Илек). В тоже время в ряде створов (преимущественно с условно-естественным стоком) установлено увеличение величин весеннего стока в период 1978-2008 гг., что обусловлено в первую очередь максимальными (выдающимися) объемами стока весеннего половодья в отдельные годы (1993, 1994, 2000, 2001, 2005, 2007).

Таблица 2.5.

Динамика речного стока ($м^3/с$) в бассейне р. Урал

Река – створ	Периоды	Q_{III-V}	Q_{XII-II}	$Q_{год}$	$\frac{Q_{III-V}}{Q_{год}}$	$\frac{Q_{XII-II}}{Q_{год}}$
Урал – Верхнеуральск	1948-1977	21,05	0,88	7,29	2,88	0,12
	1978-2008	18,53	1,58	3,51	5,27	0,45
	1948-2021	17,10	1,33	7,17	2,38	0,18
Урал – Кизильское	1940-1977	76,08	3,46	29,1	2,61	0,12
	1978-2008	79,37	8,58	31,3	2,53	0,27
	1948-2021	73,67	5,82	29,1	2,53	0,20
Урал - Оренбург	1940-1977	286,79	24,35	101,20	2,83	0,24
	1978-2008	284,58	40,00	108,70	2,61	0,37
	1940-2021	246,72	31,15	98,20	2,51	0,32
Урал - Кушум	1940-1977	834,79	68,01	317,03	2,63	0,21
	1978-2008	714,35	104,61	316,20	2,26	0,33
	1940-2021	722,01	85,41	297,69	2,42	0,28
Сакмара – Акъюлово	1946-1977	34,21	2,53	12,00	2,85	0,21
	1978-2008	42,00	4,21	15,49	2,71	0,27
	1946-2021	35,67	3,25	12,96	2,75	0,25
Сакмара – Каргала	1940-1977	367,37	28,79	130,20	2,82	0,22
	1978-2008	425,81	45,31	155,90	2,73	0,29
	1940-2021	377,9	34,74	136,20	2,77	0,25
Большой Кизил – Верхне-Абдряшево	1949-1977	9,60	0,92	4,30	2,23	0,21
	1978-2008	12,39	0,66	4,71	2,63	0,14
	1949-2021	12,14	0,73	4,63	2,62	0,15
Большой Ик – Мраково	1953-1977	40,40	3,28	14,04	2,87	0,23
	1978-2008	49,73	3,88	17,54	2,83	0,22
	1953-2021	43,82	3,35	15,45	2,83	0,21
Салмыш – Буланово	1960-1977	21,97	1,38	7,10	3,09	0,19
	1978-2008	23,98	3,33	9,10	2,63	0,36
	1960-2021	22,42	2,54	8,10	2,76	0,31
Жарлы – Адамовка	1951-1977	10,47	0,13	2,80	3,73	0,05
	1978-2008	16,90	0,65	4,90	3,44	0,13
	1951-2021	13,55	0,42	3,80	3,56	0,11
Орь – Истемес	1956-1977	27,09	0,26	6,96	3,89	0,04
	1978-2008	20,10	0,25	5,23	3,84	0,05
	1956-2021	23,13	0,25	6,02	3,84	0,04
Илек – Веселый	1951-1977	75,90	0,96	21,2	3,58	0,04
	1978-2008	72,20	4,47	25,3	2,85	0,17
	1951-2021	66,93	2,89	21,7	3,08	0,13

Примечание: весна – III-V, зима – XII-II.

Для рек степной зоны с казахстанским типом водного режима основной характеристикой является продолжительный маловодный период, объединяющий фазы летне-осенней и зимней межени *(рисунок 2.3)*.

Фаза летне-осенней межени в верховьях исследуемого бассейна может прерываться дождевыми паводками, которые к низовьям реки практически не нарушают гидрограф межени (Магрицкий, Евстигнеев, Юмина и др., 2018). На отдельных реках бассейна р. Урал межень сопровождается периодами нулевого стока – периодами полного пересыхания или промерзания рек (Сивохип, Павлейчик, Падалко, 2021).

С учетом местных физико-географических условий и площади действующего водосбора, маловодные фазы на реках исследуемого бассейна отличаются по срокам наступления, продолжительности и устойчивости. В частности, р. Урал характеризуется

менее продолжительной зимней меженью по сравнению с крупными притоками (Сакмара, Салмыш и Орь), которые отличаются более растянутой фазой с минимальными значениями стока во второй половине сезона. Анализ многолетней динамики 30-суточного минимального стока в бассейне р. Урал иллюстрирует стабильный рост значений для большинства исследуемых створов *(таблица 2.6, рисунок 2.4)*.

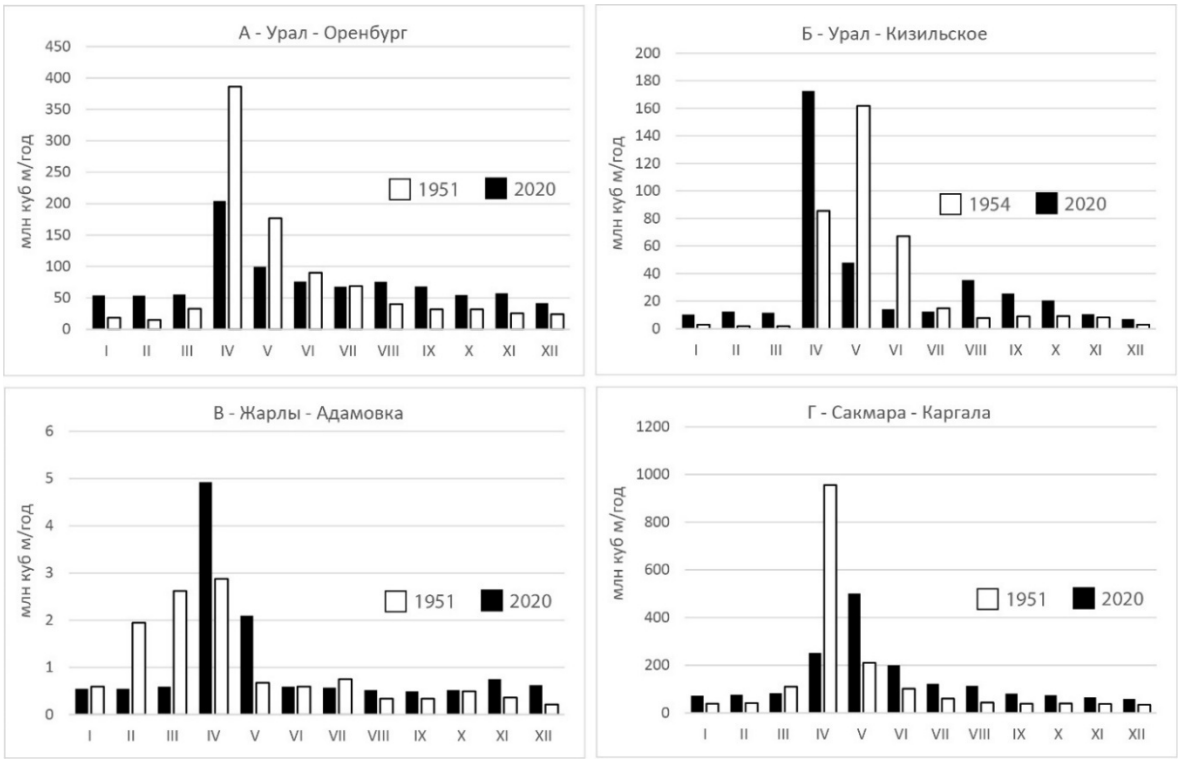


Рисунок 2.3. Гидрографы годового стока рек бассейна р. Урал (годы низкой водности).

Максимальное увеличение минимального стока установлено для зимнего сезона у р. Илек (более чем на 90%) и р. Салмыш (60%). На реках Урал и Сакмара прирост менее существенный (в пределах 30-35%), что объясняется обширностью водосборных площадей и разнообразием условий стокоформирования. Минимальный рост 30-суточных значений зимнего стока установлен для р. Орь – менее 10%. Практически полное отсутствие положительной динамики значений 30-суточного минимального стока демонстрирует р. Зилаир.

Установленная динамика объемов стока зимнего периода приводит к выравниванию соотношения между расходами летне-осенней и зимней межени. Сходная тенденция наблюдается и применительно к значениям 30-суточных минимальных расходов маловодных фаз. Соотношение этих значений (летне-осенняя межень к зимней) за 1950-2018 гг. максимально сократилось для р. Илек – 7,5 и 2,1. Менее значительные изменения соотношения расходов летне-осеннего и зимнего сезона отмечены для р. Урал – с 2,0 до 1,0; р. Сакмара с 1,7 до 1,2; р. Салмыш – с 1,9 до 1,3; Зилаир – с 3,6 до 1,7.

Положительную динамику подтверждают отклонения значений минимального стока современного периода от среднемноголетних величин (за период 1950-2008 гг.). Максимальные отклонения от нормы характерны, в первую очередь, для расходов зимней межени. Если в период 1950-1977 гг. значения модульных коэффициентов (К) для рр. Урал, Сакмара, Илек, Салмыш и Зилаир составляли 0,74, 0,74, 0,16, 0,47 и 0,84 соответственно, то для следующего тридцатилетнего периода (1978-2008 годы) – 1,17, 1,24, 1,74, 1,32 и 1,21. Исключение составляет р. Орь, модульные коэффициенты стока которой демонстрируют отрицательную динамику – 1,12 и 0,96 соответственно.

Таблица 2.6.

Статистические характеристики минимального стока зимнего сезона (ноябрь-март) в бассейне р. Урал

Река-пункт	Периоды	Q, м/с (средний, минимальный)	C_V	Расход воды в годы различной обеспеченности, %		
				80	90	95
Минимальный суточный сток						
Урал – Оренбург	1950-1977	15,80 (2,30)	0,55	8,48	5,60	3,90
	1978-2008	24,34 (7,68)	0,44	16,60	13,40	9,30
	1950-2021	20,50 (2,30)	0,45	11,90	6,97	3,90
Сакмара – Каргала	1950-1977	17,70 (4,12)	0,45	10,50	9,25	5,39
	1978-2008	29,70 (11,80)	0,39	21,60	16,80	15,50
	1950-2021	23,20 (4,12)	0,53	14,00	10,90	10,10
Илек – Веселый	1951-1977	0,26 (0,00)	0,83	0,06	0,01	0,01
	1978-2008	2,89 (0,00)	0,59	1,37	0,60	0,18
	1951-2021	1,79 (0,00)	1,00	0,18	0,06	0,03
Орь – Истемес	1957-1977	0,15 (0,00)	0,97	0,00	0,00	0,00
	1978-2008	0,14 (0,00)	0,79	0,00	0,00	0,00
	1957-2021	0,15 (0,00)	0,79	0,00	0,00	0,00
Салмыш – Буланово	1960-1977	0,89 (0,45)	0,32	0,60	0,52	0,45
	1978-2008	2,51 (0,48)	0,44	1,87	1,01	0,87
	1960-2021	1,88 (0,45)	0,60	0,86	0,68	0,52
Урман-Зилаир – Зилаир	1950-1977	0,20 (0,002)	0,80	0,022	0,005	0,002
	1978-2008	0,29 (0,002)	0,54	0,16	0,11	0,037
	1957-2021	0,23 (0,002)	0,67	0,11	0,022	0,005
Минимальный 30-суточный сток						
Урал – Оренбург	1950-1977	19,53 (2,70)	0,56	7,73	5,71	3,90
	1978-2008	29,26 (10,20)	0,39	20,88	15,40	10,80
	1950-2021	25,15 (2,70)	0,46	15,40	10,00	7,00
Сакмара – Каргала	1950-1977	21,40 (4,46)	0,49	11,70	11,00	9,80
	1978-2008	33,98 (17,62)	0,41	25,30	19,00	18,60
	1950-2021	27,22 (4,46)	0,48	15,90	12,50	11,00
Илек – Веселый	1951-1977	0,33 (0,00)	0,85	0,20	0,10	0,10
	1978-2008	3,22 (0,00)	0,57	1,50	0,80	0,00
	1951-2021	2,05 (0,00)	0,95	0,34	0,00	0,00
Орь – Истемес	1957-1977	0,16 (0,00)	0,94	0,00	0,00	0,00
	1978-2008	0,17 (0,00)	0,68	0,00	0,00	0,00
	1957-2021	0,17 (0,00)	0,74	0,02	0,00	0,00
Салмыш – Буланово	1960-1977	1,14 (0,58)	0,26	0,94	0,81	0,60
	1978-2008	2,84 (0,80)	0,43	1,98	0,96	0,81
	1960-2021	2,18 (0,58)	0,57	1,07	0,94	0,81
Урман – Зилаир – Зилаир	1950-1977	0,31 (0,01)	0,77	0,10	0,02	0,01
	1978-2008	0,39 (0,19)	0,45	0,25	0,21	0,20
	1957-2021	0,34 (0,01)	0,60	0,19	0,10	0,03

На основе выявленных тенденций изменения минимального стока можно утверждать о закономерном сокращении экстремальности маловодного периода. В то же время степень истощения речного стока в бассейне р. Урал по-прежнему крайне вариабельна и в отдельные годы довольно значительна, что подтверждают результаты оценки параметров истощения стока *(таблица 2.7)*.

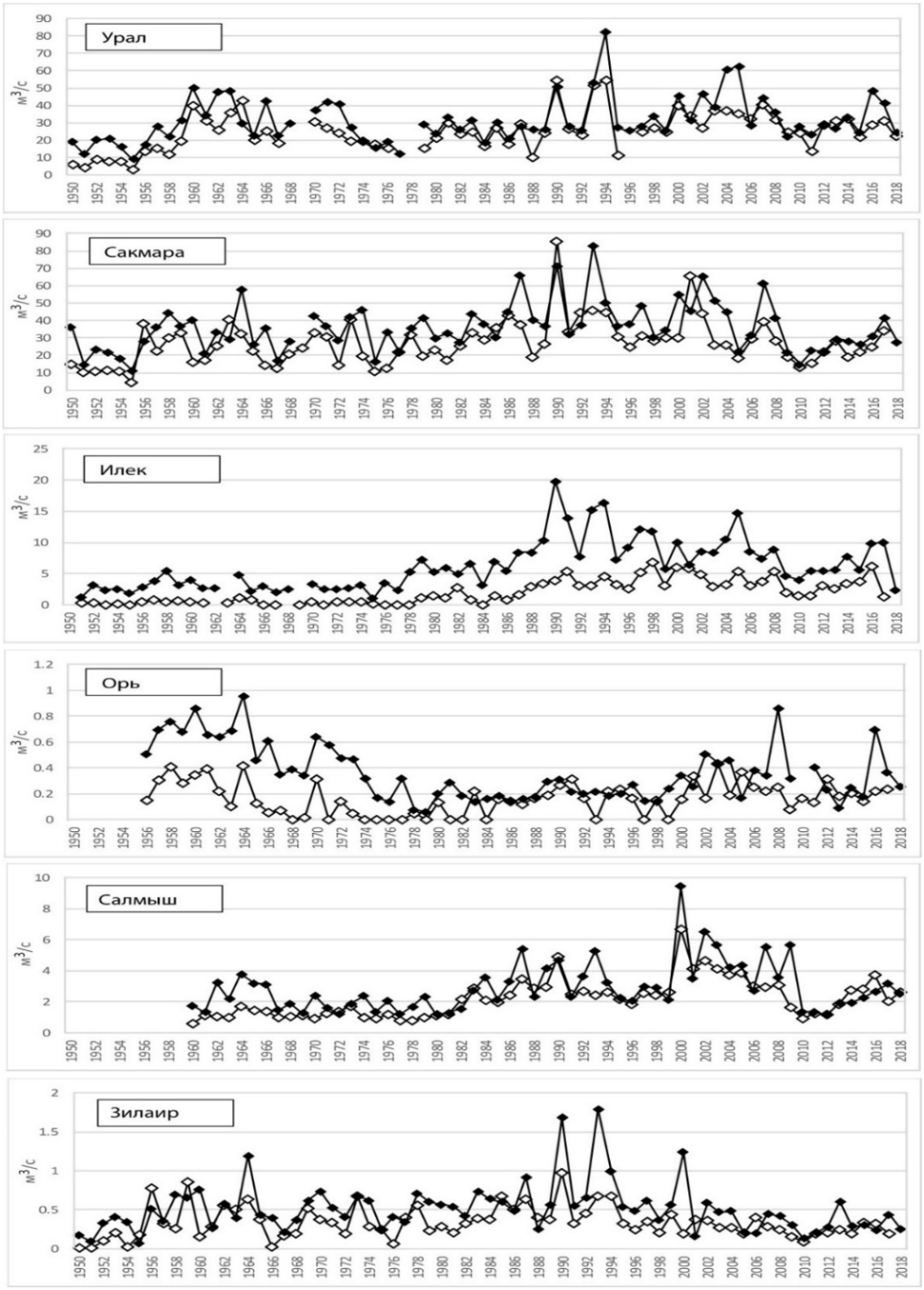


Рисунок 2.4. Распределение дат наступления периода минимального 30-суточного стока зимней и летне-осенней меженей (%) за 1950-1977 и 1978-2020 гг.

Продолжительность истощения зимнего стока (период между датами максимального и минимального расхода воды) сократилась, что согласуется с установленным ранее смещением дат начала наступления 30-ти суточных минимумов стока. Обращает внимание увеличение интенсивности истощения зимнего стока (кроме р. Орь), что связано, прежде всего, с увеличением амплитуды колебаний расходов воды в условиях сокращения продолжительности истощения. Исходя из того, что амплитуда колебаний расходов холодного сезона определяется изменчивостью их максимальных значений, фиксируемых в начале сезона (Комлев, 2002), можно сделать вывод об увеличении суточных расходов в первой-второй декадах ноября.

Таблица 2.7.

Параметры истощения зимнего стока в бассейне р. Урал

Река	Периоды	Продолжительность, суток	Амплитуда, $м^3/с$	Интенсивность истощения, $м^3/с/сут.$
Урал	1950-1977	51	22,2	0,85
	1978-2008	31	20,4	1,02
	1950-2017	41	21,5	0,95
Сакмара	1950-1977	76	46,7	0,84
	1978-2008	67	53,0	1,38
	1950-2017	68	46,0	1,04
Илек	1951-1977	105	4,8	0,04
	1978-2008	95	6,9	0,08
	1950-2017	98	5,8	0,06
Орь	1957-1977	80	0,5	0,007
	1978-2008	66	0,2	0,004
	1957-2017	70	0,3	0,005
Салмыш	1960-1977	82	2,4	0,03
	1978-2008	64	2,9	0,05
	1960-2017	68	2,5	0,04
Урман-Зилаир	1950-1977	90	1,4	0,015
	1978-2008	82	1,9	0,039
	1957-2017	84	1,8	0,055

Динамика максимального стока в бассейне р. Урал. Многолетняя динамика стока весеннего половодья – результат взаимодействия разнообразных явлений и процессов, происходящих на водосборе (Сивохип, Падалко, 2014). Решающую роль в формировании половодного стока играет комбинация действующих факторов – запасы воды в снежном покрове, атмосферные осадки и термический режим в период снеготаяния и половодья, увлажнение почвы, интенсивность и дружность снеготаяния и др. Важно отметить, что процессы стокоформирования в последние десятилетия происходят в условиях нестационарного климата, что выражается в появлении направленной тенденции на определенном временном отрезке или в резком (скачкообразном) изменении параметров стока (Георгиевский и др., 2019).

Многолетние изменения стока весеннего половодья рек исследуемого бассейна характеризуются определенными пространственными различиями *(рисунок 2.5)*. Минимальная доля в годовом объеме стока характерна для верховий р. Урал (Верхнеуральск, Кизильское), р. Большой Кизил (Верхнее Абдряшево), р. Сакмара (Акъюлово, Татарская Каргала) и ее главных притоков (рр. Большой Ик, Салмыш). В среднем для рек бассейна доля половодья составляет 57-62% с незначительным сокращением (1-2%) в современном (1978-2020 гг.) периоде.

Обращает внимание увеличение абсолютных величин весеннего стока рек с горнолесными условиями стокоформирования (Сакмара, Большой Кизил, Большой Ик), главным образом за счет выдающихся расходов в отдельные годы современного периода (1993, 1994, 2000, 2001, 2005, 2007). Максимальная доля весеннего стока (75-80%) зафиксирована для рек юго-восточного сектора бассейна (Суундук, Большой Кумак, Орь, Жарлы). Наиболее значительным сокращением доли стока весеннего половодья характеризуются реки с зарегулированным режимом – Урал (Оренбург, Кушум), Илек (Веселый).

Динамика основных параметров максимального стока бассейна р. Урал представлена в *таблице 2.8*.

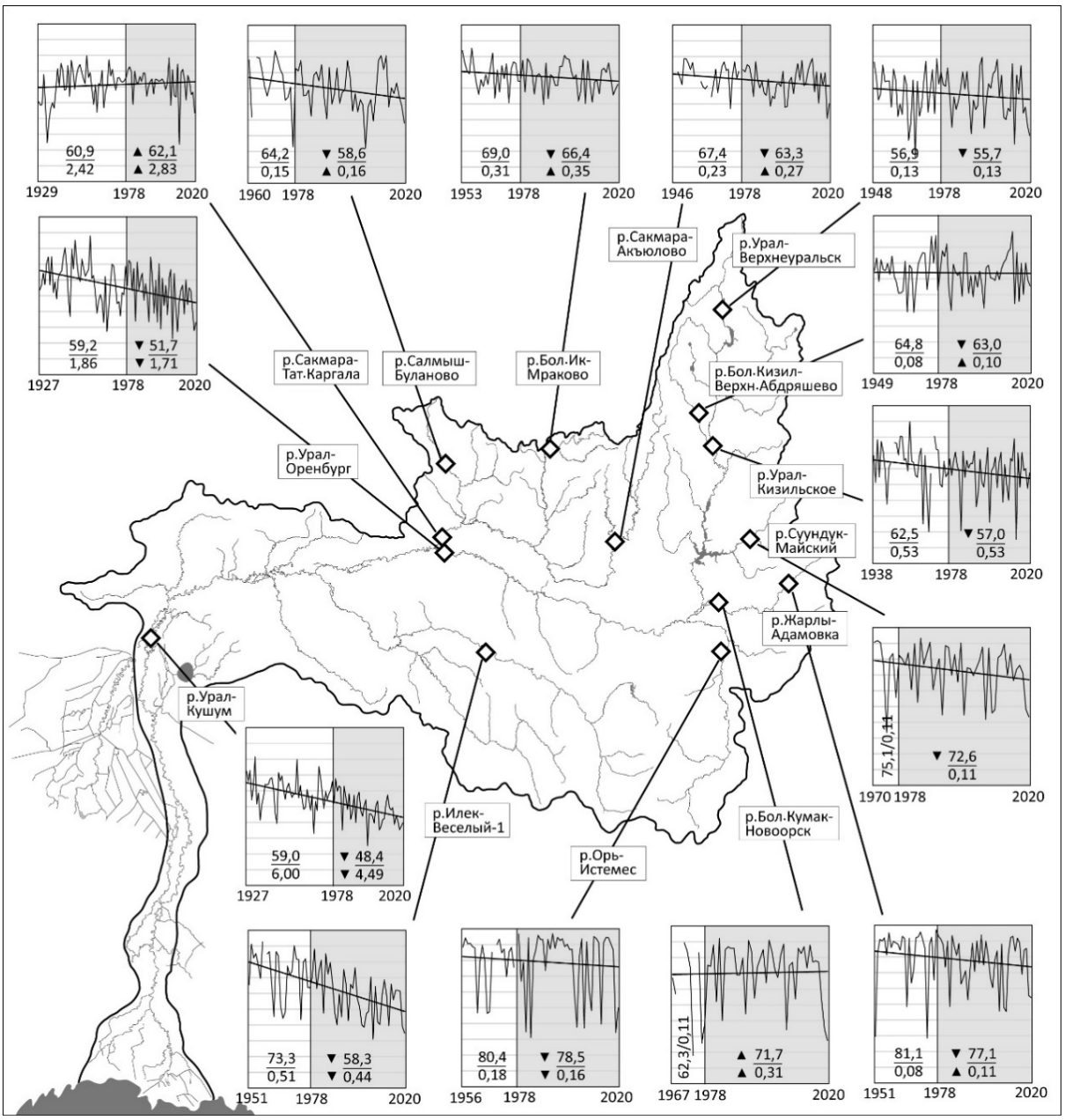


Рисунок 2.5. Многолетняя динамика доли стока весеннего половодья (IV-V) рек бассейна р. Урал.

Условные обозначения: ось X – годы и периоды, ось Y – 100%; числитель – средние значения доли стока за периоды, %, знаменатель – средний объем стока за периоды, млн м³.

В частности, о снижении величин максимальных расходов свидетельствует и сокращение повторяемости расходов 10%-ной обеспеченности – в пределах исследуемого бассейна данная тенденция выявлена как для рек с зарегулированным стоком, так и с условно-естественным.

Сопоставление расчетных величин максимальных расходов различной обеспеченности *(таблица 2.8)* показало изменение расходов редкой повторяемости (P=5%). Максимальное сокращение (60-70%) закономерно установлено для створов зарегулированных участков рек – Урал (Оренбург) и Илек (Веселый). Для других рек (вне зависимости от географического положения створа) сокращение расчетных величин редкой повторяемости (P=5%) стока весеннего половодья составило от 20% (Большой Ик) до 40% (Сакмара) и 65% (Орь).

Таблица 2.8.

Основные параметры максимального стока (период весеннего половодья) в бассейне р. Урал

Река-створ	Периоды	Q, м/с (средний, максимальный)	C_V	Расход воды в годы различной обеспеченности, %		
				5	10	15
Урал – Верхнеуральск	1948-1977	95,5 (218)	0,76	264	229	218
	1978-2008	74,7 (155)	0,47	137	125	92
	1948-2020	82,7 (218)	0,71	229	141	125
Урал – Оренбург	1940-1977	1536,3 (10100)	1,45	8730	4140	3800
	1978-2008	906,1 (3010)	0,78	2570	1980	1710
	1940-2020	1125,4 (10100)	1,46	4140	2820	1790
Сакмара – Каргала	1940-1977	1570,4 (4500)	0,71	4320	3580	3020
	1978-2008	1614,6 (2720)	0,39	2580	2440	2330
	1940-2020	1510,0 (4500)	0,59	3580	2580	2140
Илек – Веселый	1951-1977	669,7 (3110)	0,91	3110	1340	1020
	1978-2008	471,6 (1180)	0,64	1050	1010	803
	1951-2020	495,9 (3110)	0,94	1180	1010	736
Орь – Истемес	1956-1977	317,4 (801)	0,79	801	736	631
	1978-2008	152,7 (414)	0,57	279	257	235
	1956-2020	225,5 (801)	0,89	725	554	414
Салмыш – Буланово	1960-1977	249,8 (732)	0,73	732	651	469
	1978-2008	176,8 (388)	0,57	321	321	307
	1960-2020	190,9 (732)	0,72	469	335	318
Б. Кумак – Новоорск	1967-1977	305,9 (1210)	1,18	–	–	–
	1978-2008	402,4 (1350)	0,85	1310	956	924
	1967-2020	343,9 (1350)	0,97	1210	956	737
Б. Кизил – Верхне-Абдряшево	1949-1977	54,1 (179)	0,70	135	111	96
	1978-2008	62,6 (135)	0,55	135	100	96
	1949-2020	60,5 (179)	0,66	135	101	96
Жарлы – Адамовка	1951-1977	288,5(825)	0,77	825	720	516
	1978-2008	357,7 (1560)	1,05	1100	1060	629
	1951-2020	318,1 (1560)	0,94	1060	724	600
Б. Ик – Мраково	1948-1977	284,0 (872)	0,63	872	458	450
	1978-2008	328,8 (844)	0,47	697	496	416
	1940-2020	290,6 (872)	0,57	697	458	416

В результате проведенных исследований установлено, что рекам бассейна р. Урал в целом свойственны современные тенденции изменения водного режима, наблюдаемые на Европейской территории России. В частности, выявлено, что в последние десятилетия отмечается повсеместная трансформация сезонного распределения стока в сторону увеличения доли меженных стоков (особенно зимнего) и, соответственно, сокращения доли стока в периоды весенних половодий. Эта тенденция наиболее явно прослеживается в разрезе многолетней динамики экстремальных (максимальных и минимальных) значений стока. Наиболее достоверным объяснением этой общей для обширной территории тенденции может служить изменение климатических условий на макрорегиональном уровне. В тоже время, несмотря на общность выявленных тенденций, для отдельных рек исследуемого бассейна (Сакмара и притоки) современные тенденции изменения внутригодового распределения стока не имеют четкой выраженности.

Так же отметим, что современные изменения внутригодового распределения речного стока обусловливают определенное выравнивание гидрографа годового стока. Полученные результаты свидетельствуют об изменениях основных характеристик водного режима рек казахстанского типа – сокращении доли весеннего половодья и увеличении доли меженных периодов.

Изменчивость сезонного стока рек степной зоны является фактором, потенциально лимитирующим структуру водопотребления и объемы использования водных ресурсов. Если сельскохозяйственное производство в той или иной мере способно адаптироваться к подобным условиям, то для промышленности необходимы гарантированные объемы водных ресурсов. В результате в середине XX века формирование крупных промышленных центров в Южном Зауралье происходило совместно с сооружением крупных водохранилищ на р. Урал, чем локально решалась проблема неравномерного речного стока. Антропогенные факторы вносят определенный вклад в процессы трансформации стока, как прямой (регулирование стока), так и косвенный (изменение условий поверхностного стока). В итоге, современные тенденции водного режима, обусловленные климатическими флуктуациями на фоне высокой антропогенной освоенности территорий, должны быть учтены при оптимизации мероприятий комплексного использования водных ресурсов трансграничных рек.

2.1.3. Пространственная дифференциация водно-ресурсного потенциала

Водные ресурсы рек относятся к категории возобновляемых компонентов природной среды, в связи с чем водообеспеченность регионов не является стационарной характеристикой, и, соответственно, значение данного показателя определяется пространственно-временной вариацией гидроклиматических условий и социально-экономической обстановкой в регионах. Отметим, что своевременность решения задач комплексного использования водных ресурсов трансграничных рек степной зоны актуализирована региональной спецификой структуры водопотребления и физико-географическими условиями водосборных территорий.

Влияние климатического фактора на водопотребление носит зональный характер и для Европейской территории России увеличивается с севера на юг и с запада на восток по мере сокращения естественного увлажнения, а в зоне избыточного и достаточного увлажнения этот фактор практически не сказывается на объеме водопотребления (Водные ресурсы России…, 2008). Важно отметить, что природная водообеспеченность выступает как фактор регулирования объема водопотребления и развития экономики субъекта и наряду с экономическими условиями (размещение населения и хозяйства) лежит в основе водохозяйственного районирования (Долгополов, Федорова, 1973). Кроме того, роль природных факторов проявляется как непосредственно, так и в скрытой форме, например, через посредство технологии производства (Коронкевич, 1972). Особенности формирования режимов тепла и влаги обусловливают не только специфику ландшафтных условий природных зон, но также условия и характер ведения хозяйственной деятельности на их территориях, в том числе и в использовании водных ресурсов (Зайцева, 1981). Однако учет природной зональности в использовании водных ресурсов речных систем до настоящего времени не проводился, что не обеспечивает полного комплексного представления о вкладе каждой из природных зон в общее использование водных ресурсов (Ясинский, Вишневская, 2018).

Физико-географические условия рассматриваемой территории обусловливают пространственно-временную неоднородность речного стока в многолетнем и сезонном аспектах. Распределение возобновляемых водных ресурсов в трансграничном бассейне р. Урал характеризуется значительной пространственной дифференциацией – главная область формирования ресурсов расположена в верхнем и среднем течениях *(рисунок 2.6)*.

Водосборная область исследуемого бассейна замыкается южнее г. Уральск (Республика Казахстан). Поверхностные водные ресурсы бассейна р. Урал по створу г. Уральск составляют 11,4 км^3, в маловодные годы 95%-ной обеспеченности – 2,7 км^3 (Родионов, 1977). Нижний гидрографический участок (южнее г. Уральск) является зоной использования и рассеивания стока, общие потери оцениваются до 20% годового стока. Главная причина – непродуктивное испарение с поверхности поймы в весенне-половодный период. Так, в многоводные годы (P=5%) величина потерь может увеличиваться до 1,8-2,0, а в маловодные (P=95%) сокращаться до 0,2-0,3 км^3/год (Шикломанов, 1979).

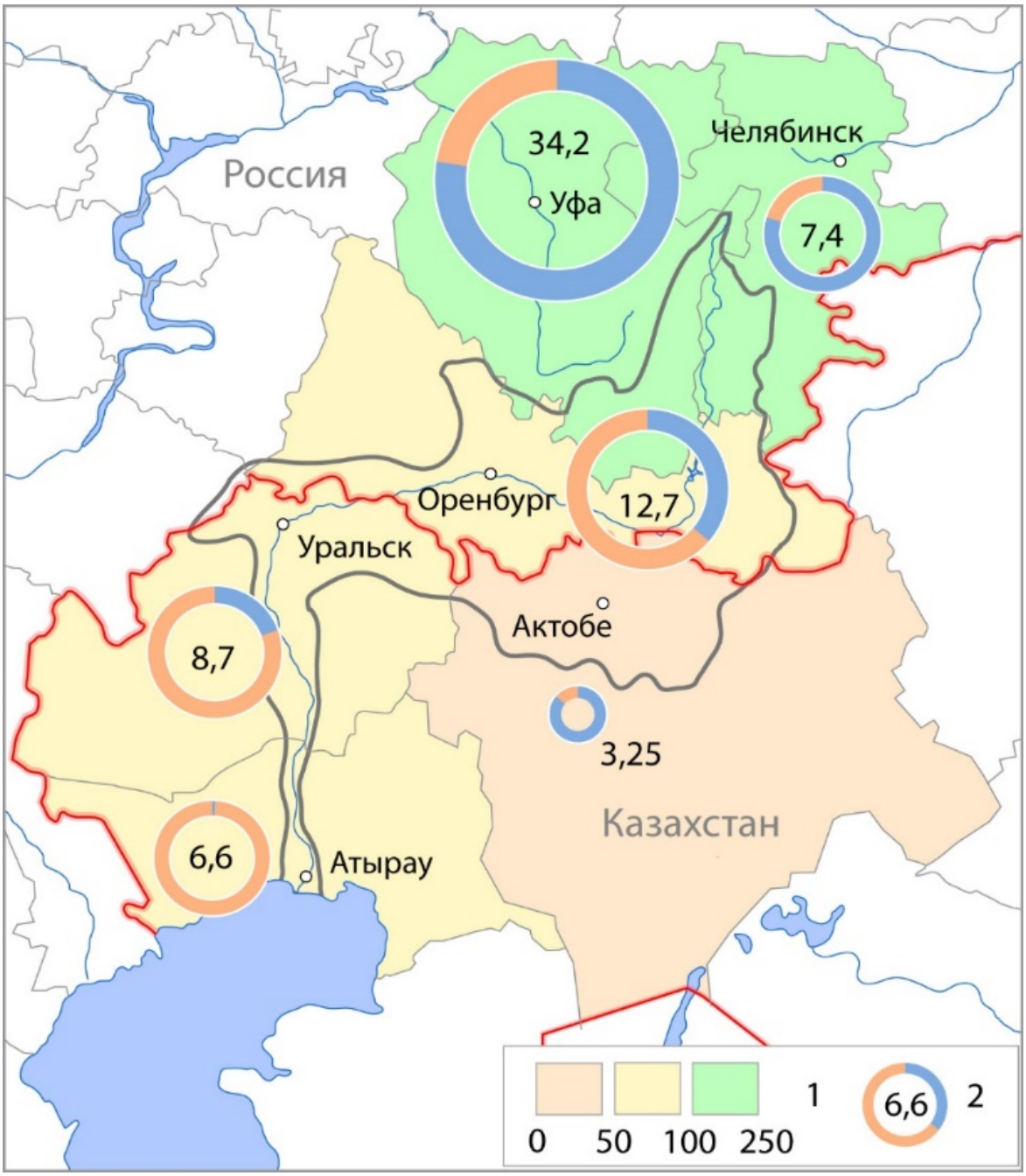


Рисунок 2.6. Водные ресурсы трансграничного бассейна р. Урал
(в разрезе регионов Российской Федерации и Республики Казахстан)

Условные обозначения: 1 – удельная природная водообеспеченность, тыс. м³/км²; 2 – суммарный сток, км³/год, соотношение долей местного (синий сектор) и транзитного (оранжевый сектор) стока.

По данным О.К. Тленбекова (1967) потери речного стока в нижнем течении (п. Тополи) составляли в среднем 0,8 км^3/год. Основная причина – непродуктивное испарение с поверхности поймы в весенне-половодный период – в многоводные годы (Р=5%) величины потерь на испарение могут увеличиваться до 1,8-2,0 км^3/год, а в маловодные (Р=95%) уменьшаться до 0,2-0,3 км^3/год (Шикломанов, 1979). В соответствии с русловым водным балансом за 1981-1985 гг. снижение фактического стока р. Урал на участке Кушум-Атырау достигало около 0,57 км^3/год, из них 28% расходовалось на испарение (за вычетом осадков), остальное – на безвозвратный водозабор и отток в староречья (Магрицкий, Ефимова, Гончаров и др., 2022). Необходимо отметить, что потери на обводнение каналов и староречий в нижнем течении также могут быть значительными – по О.К. Тленбекову (1967) только на участке Тополи – Атырау в староречья Новобогатинской дельты могло уходить около 0,47 км^3/год.

Для р. Урал до середины 1960-х гг. суммарный объем ресурсов речного стока изменялся от 25,6 (1946 г.) до 2,92 км^3 (1967 г.) (створ Кушум) (Цыценко, Владимирова, 2011). Среднее многолетнее значение (1940-1973 гг.) наблюденного стока р. Урал в створе Кушум – 10,53 км^3, в период 1974-2007 гг. – составляли 9,34 км^3 (сокращение составило 11%). Согласно авторским расчетам, за период 1921-1957 гг. ресурсы поверхностных вод в створе п. Кушум составляли 10,3 км^3/год; в период 1958-1977 гг. – 8,6 км^3/год (сокращение составило 16%); в современный период (1978-2021 гг.) оцениваются в 8,7 км^3/год. Более значительное сокращение ресурсов речного стока зафиксировано для притоков юго-восточной части бассейна р. Урал – рек Илек (с. Чилик), Хобда (с. Новоалексеевка) и Орь (с. Бугетсай) на 24, 27,5 и 28,9% соответственно (Давлетгалиев, 2011).

Как было отмечено выше, ресурсы речного стока степной зоны характеризуются значительной пространственно-временной изменчивостью, что влияет на показатели обеспеченности территорий и регионов в отдельные годы. Несмотря на то, что современный период характеризуется сокращением значений коэффициента вариации, для отдельных рек по-прежнему фиксируется значительная изменчивость водных ресурсов (*таблица 2.9*).

Таблица 2.9.

Водные ресурсы бассейна р. Урал в разрезе ВХУ (Республика Казахстан) (млн м^3) (Давлетгалиев, 2015)

ВХУ	Норма стока	C_v	Водные ресурсы				
			5 %	25%	50%	75%	90%
Бассейн р. Урал в границах ЗКО	308	0,41	17095	12080	9115	6813	4258
Р. Урал от границы ЗКО с Атырауской областью до устья	252	0,40	13814	9809	7538	5646	3564
Бассейн р. Орь	5,76	0,78	464	251	145	76,3	23,6
Бассейн р. Илек	20,1	0,51	1243	814	583	400	209
Р. Хобда	9,56	0,57	628	394	271	175	84,5
Бассейн рр. Оленты, Шидерты, Булдурты, Жаксыбай	4,70	0,67	341	199	139	75,7	29,6

В региональном аспекте максимальными значениями C_v характеризуются водные ресурсы нижнего участка р. Урал – 0,77 (Актюбинская область), 0,64 (Западно-Казахстанская область) и 0,53 (Атырауская область). Из российских регионов наиболее высокие значения C_v характерны для Оренбургской области – 0,52.

Обобщая вышесказанное, отметим, что для детализированной оценки водно-ресурсного потенциала трансграничного бассейна р. Урал ключевое значение имеет соотношение ресурсов общего и местного стока *(рисунок 2.7).* Суммарный приток на

территорию Республики Казахстан оценивается в первую очередь как сумма стока рр. Урал (4,5 км^3/год) и Сакмара (3,3 км^3/год). Местные ресурсы речного стока нижнего участка определяются как сумма стока рек, не впадающих в р. Урал (1,1 км^3/год) и притоков, сток которых формируется в пределах Республики Казахстан – Илек (1,3 км^3/год), Орь (0,12 км^3/год), Утва (0,14 км^3/год) и др.

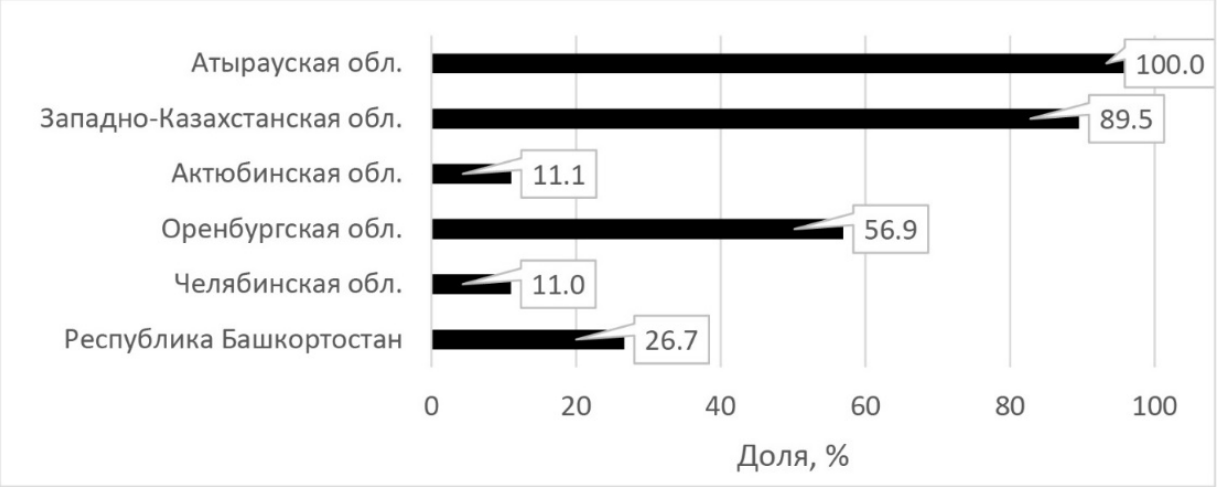


Рисунок 2.7. Доля притока в общих ресурсах речного стока
в регионах трансграничного бассейна р. Урал.

Средняя многолетняя величина ресурсов местного стока оценивается в 2,5 км^3/год, но в маловодные годы может сокращаться до 1,35 км^3/год (75% обеспеченности) и 0,27 км^3/год (97% обеспеченности) (Давлетгалиев, 2011). Таким образом, регионы нижнего течения р. Урал находятся в значительной зависимости от поступления речного стока с сопредельной территории Российской Федерации. В Западно-Казахстанской области доля местного стока не превышает 40% (P=50%) и 20% (P=75-90%). Атырауская область характеризуется практически полным отсутствием местного стока (не более 1%).

Не менее важным для оценки современного состояния ресурсов речного стока в исследуемом бассейне является сопоставление значений общего и местного стока с объемами экологического и свободного стока *(таблицы 2.10, 2.11)*.

В регионах со значительной долей транзитного стока обращают на себя внимание достаточно низкие величины свободного стока в маловодные годы (75-95%). Например, в Оренбургской, Западно-Казахстанской и Атырауской областях в маловодные годы (P=95%) величина свободного стока с учетом только местных ресурсов речного стока не превышает 0,2 км^3/год.

Исходя из полученных результатов, очевидно, что показатели водообеспеченности регионов определяются, в первую очередь, пространственно-временными изменениями речного стока. Кроме того, обеспеченность водными ресурсами напрямую зависит от социально-экономической обстановки в конкретном регионе – динамики численности населения, технологических инноваций в производстве и др. В итоге проблема с удовлетворением спроса возникает лишь в том случае, если физический запас воды на некий период времени оказывается недостаточным для удовлетворения всех потребностей (Фридман, 2012). Вместе с тем, несмотря на определенную «пластичность» показателя водообеспеченности, во многих регионах проблема нехватки пресной воды только усугубляется. С учетом данной тенденции, в мировой практике широко используется несколько подходов к оценке водообеспеченности, отличающихся друг от друга использованием в расчетах различных социально-экономических и гидрологических показателей.

Таблица 2.10.

Средние многолетние ресурсы общего речного стока, экологический и свободный сток (в разрезе регионов Российской Федерации и Республики Казахстан)

Регион	Среднемноголетний сток, км^3/год			Экологический сток[1], км^3/год			Свободный сток, км^3/год		
	средний	75%	95%	средний	75%	95%	средний	75%	95%
Башкортостан	34,2	25,6	18,8	23,9	20,48	16,9	10,3	5,12	1,9
Челябинская	7,4	5,5	4,1	5,2	4,4	3,7	2,2	1,1	0,4
Оренбургская	12,6	9,4	6,9	8,8	7,5	6,2	3,8	1,9	0,7
З.-Казахстанская	8,7	6,5	4,8	6,1	5,2	4,3	2,6	1,3	0,5
Актюбинская	3,2	2,4	1,8	2,2	1,9	1,6	1,0	0,5	0,2
Атырауская	6,6	4,9	3,6	4,6	3,9	3,2	2,0	1,0	0,4

Таблица 2.11.

Средние многолетние ресурсы местного речного стока, экологический и свободный сток (в разрезе регионов Российской Федерации и Республики Казахстан)

Регион	Среднемноголетний сток, км^3/год			Экологический сток[1], км^3/год			Свободный сток, км^3/год		
	средний	75%	9 %	средний	75%	95%	средний	75%	95%
Башкортостан	30,0	22,5	16,5	21,0	18,0	14,8	9,0	4,5	1,7
Челябинская	7,3	5,5	4,0	5,1	4,4	3,6	2,2	1,1	0,4
Оренбургская	2,8	2,1	1,5	2,0	1,7	1,3	0,8	0,4	0,2
З.-Казахстанская	1,7	1,3	0,9	1,2	1,0	0,8	0,5	0,3	0,1
Актюбинская	2,8	2,1	1,5	2,0	1,7	1,4	0,8	0,4	0,1
Атырауская	0,1	0,07	0,05	0,07	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01

Примечание: [1] В данных расчетах оценка экологического стока проведена с использованием метода пропорционального стока (Маркин, 2005), в соответствии с которым экологический сток определяется с помощью эмпирически переходных коэффициентов для стока разной обеспеченности – среднегодовые значения стока – 0,7; 75% – 0,8; 95% – 0,9.

Оценка состояния ресурсов речного стока в трансграничном бассейне р. Урал проведена на основе сопоставления объема водных ресурсов (общего и местного стока): а) с объемами используемой воды (коэффициент использования водных ресурсов – $К_{исп}$); б) с площадью региона (удельная природная обеспеченность, тыс. м^3/км^2); в) с численностью населения – индекс Фалкенмарк (удельная водообеспеченность менее 1700 м^3/чел.) *(таблица 2.12).*

В целом, с учетом ресурсов общего стока, регионы трансграничного бассейна р. Урал характеризуются достаточно оптимальными показателями водообеспеченности на среднемноголетнем уровне. В частности, значения индекса Фалкенмарк свидетельствуют об отсутствии острой напряженности в обеспечении водными ресурсами в регионах. Минимальные значения индекса, близкие к критическим 1700 м^3/год/чел, рассчитаны для Челябинской, Оренбургской и Актюбинской областей, что обусловлено, в первую очередь, недостаточным объемом возобновляемого речного стока. В тоже время, расчет данного индекса с учетом ресурсов местного стока позволяет получить более достоверную оценку ситуации с гарантированным обеспечением водными ресурсами и зависимости отдельных регионов от транзитного стока.

Расчет коэффициента использования ($К_{исп}$) водных ресурсов на основе сопоставления общих объемов и объемов используемой воды является широко распространенным подходом к оценке антропогенной нагрузки на поверхностные воды. Максимальные значения $К_{исп}$ для российских регионов характерны для Оренбургской

(14% – общий сток и 29% с учетом местных ресурсов речного стока) и Челябинской областей (6,3% и 12,4% соответственно). Из казахстанских регионов умеренная антропогенная нагрузка на водные ресурсы характерна для Актюбинской области (9,8% – общий сток и 11,2% – местный сток).

Таблица 2.12.

Многолетняя характеристика состояния водных ресурсов трансграничного бассейна р. Урал (по данным: Водные ресурсы…, 2018; Тюменев, 2008)

Регион	Общий сток				Местный сток			
	Общий сток, км³/год	Удельная природная водообеспеченность, тыс. м³/км²	Индекс Фалкенмарк, м³/год/чел	$К_{исп}$	Местный сток, км³/год	Удельная природная водообеспеченность, тыс. м³/км²	Индекс Фалкенмарк, м³/год/чел	$К_{исп}$
Российская Федерация								
Башкортостан	34,2	239,1	9598,1	1,9	26,5	185,4	6321,5	2,9
Челябинская	7,4	103,9	2626,8	6,3	5,9	67,2	1830,8	12,4
Оренбургская	12,7	76,0	4724,5	13,9	4,6	37,1	1593,6	29,0
Республика Казахстан								
З.-Казахстанская	8,7	57,7	13811,0	3,9	1,7	11,2	2698,7	20,2
Актюбинская	3,25	10,9	3890,4	9,8	2,8	9,3	3404,2	11,2
Атырауская	6,6	58,2	11350,4	3,2	0,0	–	–	–

Сопоставительный анализ $К_{исп}$ и индекса Фалкенмарк позволяет сделать выводы о региональных особенностях состояния ресурсов речного стока в исследуемом бассейне (Sivokhip, Pavleychik, 2023). В частности, несмотря на достаточно низкий или умеренный уровень нагрузки на водные ресурсы в трансграничном бассейне р. Урал, в отдельных регионах наблюдается сложная водно-экологическая обстановка, например в Оренбургской, Челябинской и Актюбинской областях. Для данных регионов характерна низкая или умеренная нагрузка (с учетом общего стока) на водные ресурсы ($К_{исп}$=6-14%) и низкие показатели удельной водообеспеченности (2600-4700 м³/год/чел.).

На основе расчетов величин свободного стока проведена оценка водно-экологической напряженности (водно-экологический стресс) – соотношение забора пресной воды и свободного стока с учетом местных и общих водных ресурсов *(рисунок 2.8).*

Отношение водозабора к свободному стоку (индекс стресса) изменяется в средний по водности год с учетом общих ресурсов от 7% в Республике Башкортостан до 52% в Челябинской области; в маловодный год 75% обеспеченности в большинстве регионов индекс стресса превышает 30% (в Челябинской области ресурсы свободного стока отсутствуют), а в год 95% обеспеченности водно-экологическая напряженность наблюдается во всех регионах (более 50%), кроме Республики Башкортостан. В Челябинской и Оренбургской областях отмечается отсутствие свободного стока. Еще более напряженная водно-экологическая ситуация складывается при расчете индекса стресса с учетом ресурсов только местного стока – отсутствие свободного стока для отдельных регионов отмечается уже в средний по водности год, например, Оренбургская область, а в маловодные годы водно-экологический стресс характерен для всех регионов, кроме Республики Башкортостан.

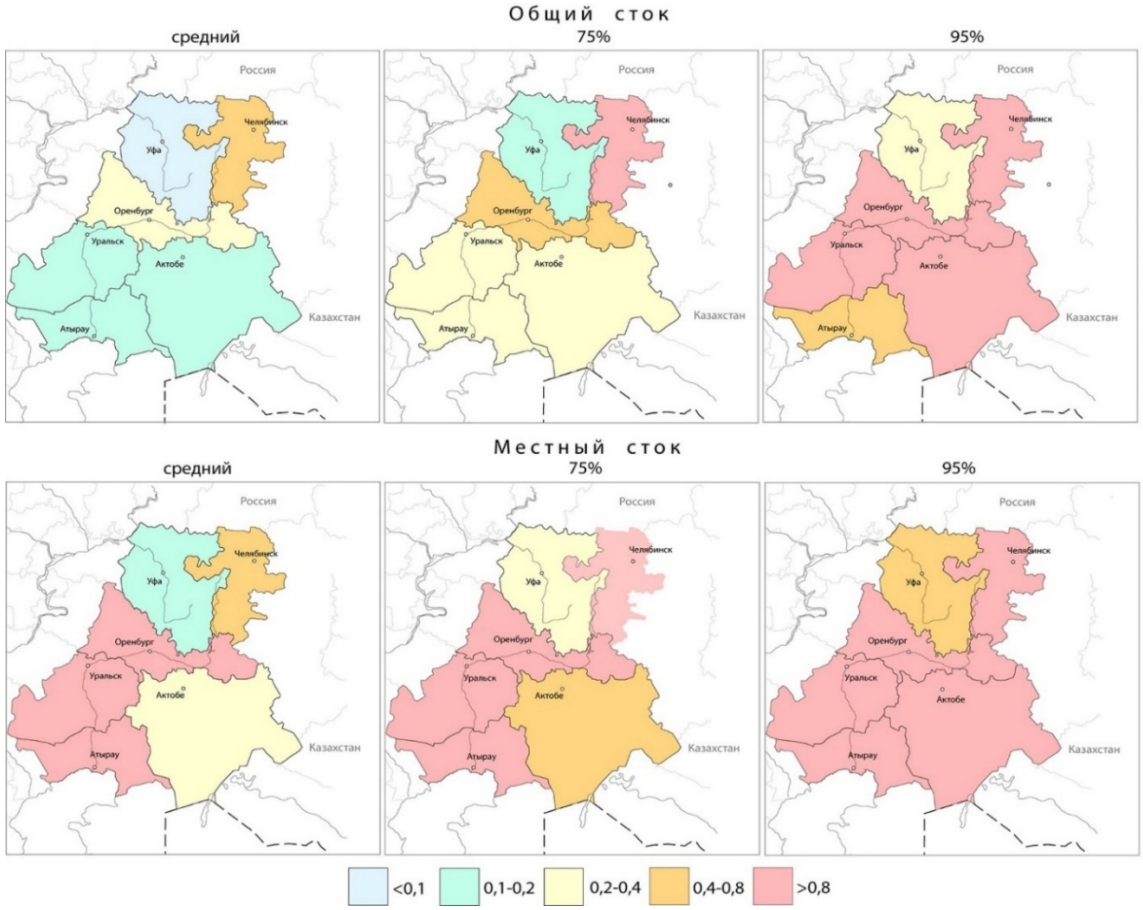


Рисунок 2.8. Оценка водно-экологического стресса в трансграничном бассейне р. Урал (в разрезе регионов Российской Федерации и Республики Казахстан) с учетом общего и местного речного стока в годы разной обеспеченности.

Условные обозначения: индекс стресса <0,1 – незначительный; 0,1-0,2 – низкий; 0,2-0,4 – средний; 0,4-0,8 – высокий; >0,8 – очень высокий.

Таким образом, принимая во внимание современные тенденции изменения водного режима трансграничных рек степной зоны, обусловленные климатическими флуктуациями и региональными особенностями использования водных ресурсов, одной из приоритетных задач является обеспечение устойчивого водопользования для регионов Российской Федерации и Республики Казахстан. Успешное решение данной задачи осложняется комплексом проблем – наличием множественных частных водохозяйственных задач, осложненных фактором межгосударственного взаимодействия; отсутствием четких методик гидролого-водохозяйственного обоснования с учетом трансграничного деления речного стока; асимметричным распределением водных ресурсов и противоречивыми интересами субъектов водопользования; сложностью реализации основных положений бассейнового подхода в условиях фрагментированного подхода к разработке Схем комплексного использования и охраны водных ресурсов трансграничного бассейна р. Урал и др.

В итоге пространственные особенности водно-ресурсного потенциала трансграничного бассейна р. Урал выступают лимитирующими факторами экологически безопасного и рационального водопользования на современном этапе и в ближайшей перспективе. Обращает на себя внимание потенциальное обострение водно-экологической ситуации в маловодные годы (P=75-95%), особенно в регионах со значительной долей транзитных ресурсов речного стока. Соответственно, с учетом необратимости современных трансформаций климата, актуальной является разработка долгосрочных стратегических программ, направленных на урегулирование кризисных ситуаций и минимизацию негативных социально-экономических последствий изменения гидрологического режима рек трансграничного бассейна р. Урал.

2.1.4. Региональные особенности использования водных ресурсов

Пространственно-временная дифференциация водно-ресурсного потенциала бассейна р. Урал является лимитирующим фактором устойчивого функционирования регионального водохозяйственного комплекса, участниками которого являются хозяйственно-бытовое и промышленное водоснабжение, орошение, прудовое рыбное хозяйство, сельскохозяйственное водоснабжение, добывающая промышленность (поддержание пластового давления) *(таблица 2.13).*

Таблица 2.13.

Характеристика ресурсов речного стока и их использования в бассейне р. Урал (Сивохип, Павлейчик, Падалко, 2023)

Регион	Общие ресурсы речного стока, км^3/год	Доля стока р. Урал в общих ресурсах речного стока, %	Доля объема крупных водохранилищ в бассейне р. Урал в суммарном объеме, %	Доля забранной воды в бассейне от общего забора воды из природных источников, %
Республика Башкортостан	34,2	13	7	4
Челябинская область	7,4	16	49	25
Оренбургская область	12,6	73	95	96
Актюбинская область	3,2	44	100	56
Западно-Казахстанская область	10,3	94	74	27
Атырауская область	6,5	77	–	48

В пределах Российской Федерации количество забранной воды составляет в среднем: по Оренбургской области 1604543 тыс. м^3/год (86,3% от общего забора); по Челябинской области 226568 тыс. м^3/год (12,2% от общего забора); по Республике Башкортостан 27701 тыс. м^3/год (1,5% от общего забора).

Основная доля (около 84%) от общего объема водозабора осуществляется непосредственно из р. Урал, 16% – из рр. Сакмара, Илек, Салмыш, Большой Кумак, Орь (Оренбургская область), Большой Кизил, Худолаз (Челябинская область, Республика Башкортостан), Таналык (Республика Башкортостан). В пределах Республики Казахстан основная доля от суммарного водозабора приходится на р. Урал (Западно-Казахстанская и Атырауская области (99,3%), реки Илек, Орь (Актюбинская область).

В Республике Башкортостан, Челябинской и Актюбинской областях велика доля подземного водозабора – 51, 32 и 63% соответственно. В остальных регионах исследуемого бассейна водозабор в основном осуществляется из поверхностных водных объектов – 90,3%.

Интенсивное использование водных ресурсов исследуемого бассейна начинается в 30-е годы прошлого века в связи с освоением рудных месторождений горного Урала. Начиная с данного периода наметились ключевые водохозяйственные проблемы – гарантированное обеспечение нужд главных водопотребителей промышленных новостроек Орско-Халиловского района, а также борьба с засухой в Заволжье (Боскис, Троцкий, 1934). В довоенное время были построены гидроузлы на р. Урал (Магнитогорский, Верхнеуральский) и притоках с целью водохозяйственной интенсификации наиболее развитых в промышленном отношении регионов в пределах РСФСР. В 1950-60-е гг. водохозяйственная интенсификация шла сразу в нескольких направлениях, в том числе были затронуты водохозяйственные участки в пределах Казахстана. Кроме масштабного промышленного освоения исследуемой территории, сопровождавшегося ростом численности населения в промышленных центрах, возникла

потребность гарантированного водообеспечения сельского хозяйства в связи с освоением целинных земель степной зоны.

Длительное время динамика и структура водопотребления в исследуемом трансграничном регионе определялись социально-экономическими потребностями союзного государства. Начиная с 1960-х и до середины 70-х годов отмечалось закономерное увеличение водопотребления (Шикломанов, Бабкин, Балонишникова, 2011; Демин, 2007). Период с 1975 по 1990 г. в характеризовался определенной стабилизацией водопотребления, что объясняется замедлением роста экономики и внедрением водосберегающих технологий, особенно в промышленности (Шикломанов, Бабкин, Балонишникова, 2011). Начиная с 1990-х годов в российских и казахстанских регионах происходит значительное сокращение водопотребления во всех отраслях водного хозяйства на фоне общего масштабного социально-экономического кризиса, но с региональными и отраслевыми различиями *(таблица 2.14).*

Таблица 2.14.

Динамика структуры водопотребления в регионах трансграничного бассейна р. Урал (%)

Регион	1995 г.			2005 г.			2020 г.		
	П	К	С/Х	П	К	С/Х	П	К	С/Х
Респ. Башкортостан	52	32	3	54	37	1	50	26	1
Челябинская	48	47	5	50	49	1	59	40	1
Оренбургская	84	8	8	90	9	1	91	8	1
Зап.-Казахст.	2	5	93	2	6	92	24	49	27
Актюбинская	10	21	69	8	9	73	20	42	38
Атырауская	25	12	63	49	10	41	42	16	42

Примечание: П – промышленное, К – коммунальное, С/Х – сельскохозяйственное водопотребление.

В пределах российских регионов наиболее серьезные изменения зафиксированы в аграрном секторе – фактические объемы использованной воды и ее доля в суммарном водопотреблении сократились до минимальных значений. В структуре водопотребления казахстанских регионов также значительно сократился удельный вес использования воды на нужды сельского хозяйства, в первую очередь за счет сокращения забора воды на лиманное и регулярное орошение. Отметим, что ни одному из казахстанских субъектов не удалось к настоящему времени достичь уровня докризисного периода в сельскохозяйственном водопотреблении (Сивохип, Павлейчик, Чибилёв и др., 2017). Максимально сократился забор воды (начиная с 2005 года) в Западно-Казахстанской и Актюбинской областях – в 14 и 6 раз соответственно. На современном этапе и в этих регионах отмечается стабилизация или даже незначительный рост использования воды на нужды орошения.

Анализ актуальных данных по региональному водопотреблению исследуемого бассейна иллюстрирует схожие тенденции в изменении структуры водохозяйственного комплекса российского и казахстанского участков *(рисунки 2.9, 2.10).*

В российской части, несмотря на некоторое сокращение объемов используемой воды на хозяйственно-бытовые нужды, данный сектор в совокупности с производственным формирует основную долю используемой воды, особенно в пределах водохозяйственных участков главной реки. Крупными водопотребителями остаются горно-металлургические предприятия Южного Урала (в 2018 году Магнитогорский металлургический комбинат переведен на оборотное водоснабжение) и Ириклинская ГРЭС в Оренбургской области.

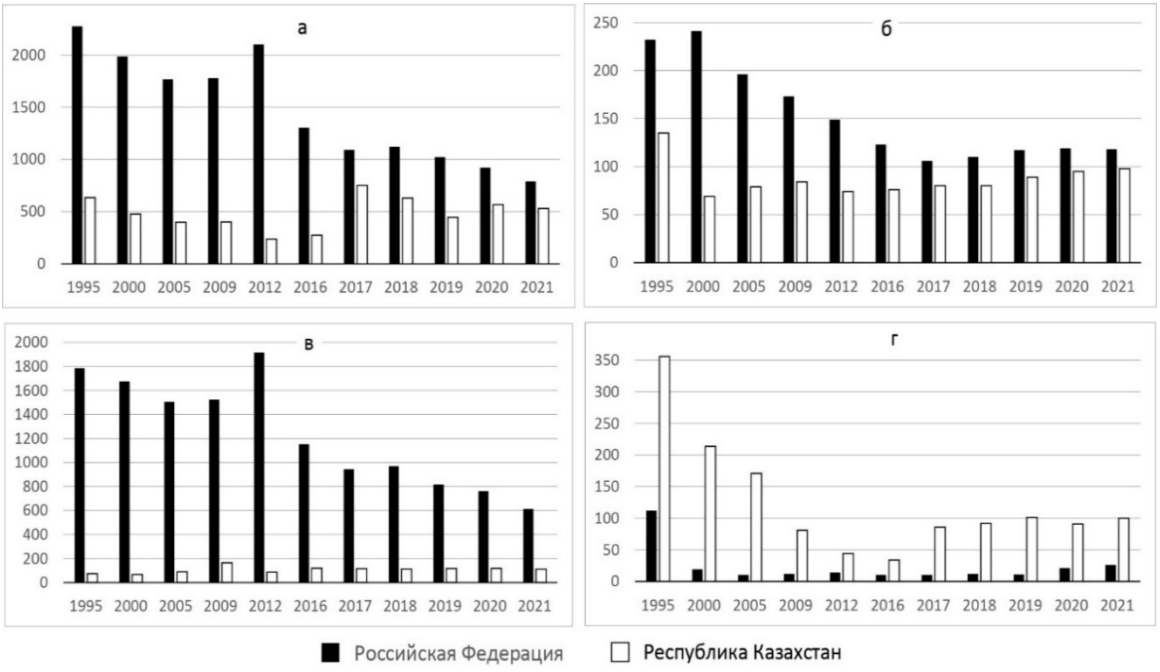


Рисунок 2.9. Динамика структуры водопотребления в бассейне р. Урал, млн м^3.

Условные обозначения: а) суммарное использование воды; б) производственное; в) хозяйственно-питьевое; г) орошение, обводнение пастбищ.

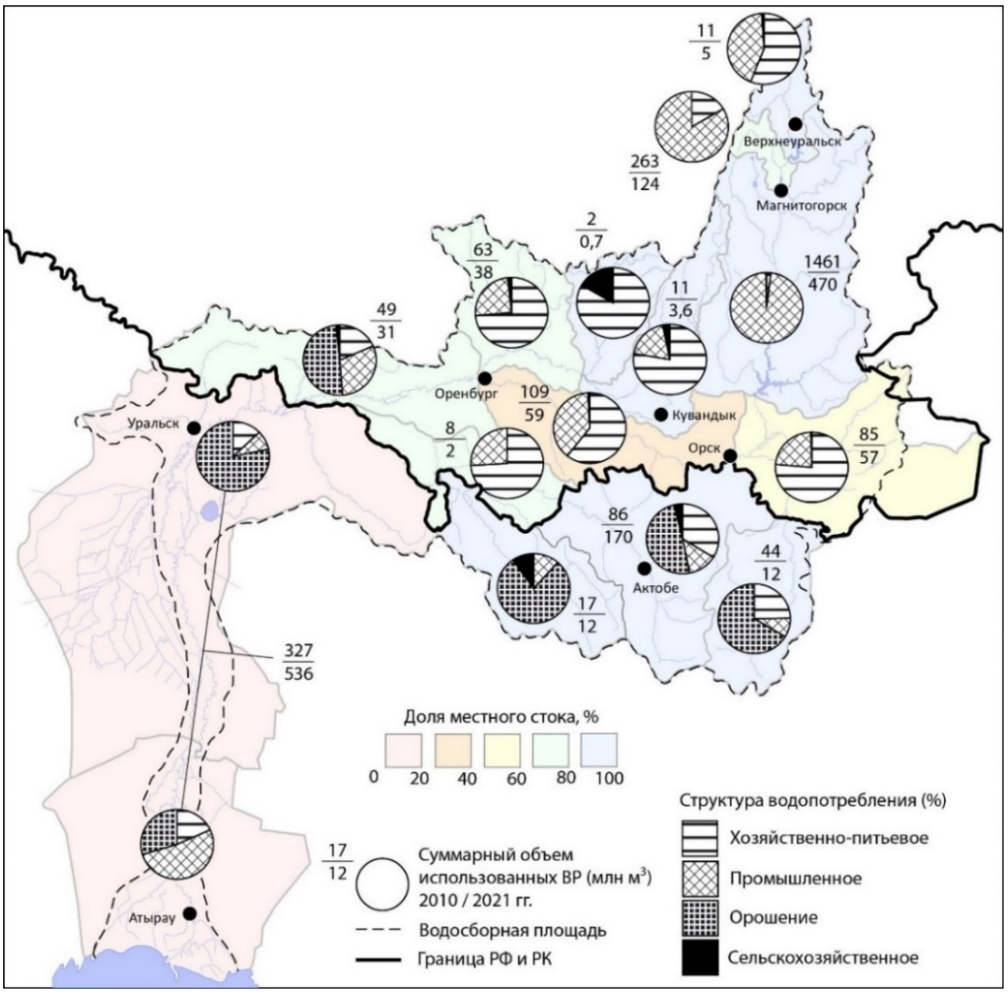


Рисунок 2.10. Региональная структура использования водных ресурсов в бассейне р. Урал (в границах водохозяйственных участков).

В российских регионах фиксируется устойчивый рост расходов воды в системах оборотного и повторного водоснабжения, что свидетельствует о переходе предприятий на более эффективные технологии в использовании водных ресурсов. Обращает внимание максимальное снижение забора воды на орошение – по сравнению с советским периодом доля снизилась более чем в 10 раз (Демин, 2007). В последние годы зафиксирован определенный рост объемов забора воды на нужды орошения, что связано с реализацией ведомственной программы «Развитие мелиоративного комплекса России на период 2019-2025 годов». В пределах казахстанского участка также основную долю суммарного забора водных ресурсов формируют производственный и коммунальный сектор. В настоящее время зафиксирован рост объемов использования воды на производственные нужды, в первую очередь за счет Актюбинской области – с 13 млн м^3 в 2017 году до 18 млн м^3 в 2021 году. Для коммунального сектора характерны достаточно стабильные показатели использования водных ресурсов, за исключением Атырауской области. В регионах Республики Казахстан активно реализуются государственные программы, направленные на улучшение показателей обеспеченности централизованной питьевой водой и услугами водоотведения, в частности Программа «Акбулак 2011-2020 годы».

Отдельного внимания заслуживает анализ динамики безвозвратного изъятия водных ресурсов на нужды регулярного орошения в регионах Республики Казахстан, которые, как было отмечено выше, характеризуются традиционно высокой долей данной отрасли в структуре водопотребления *(таблица 2.15).*

Таблица 2.15.

Использование воды на орошение и доля от общего объема использованной воды в регионах трансграничного бассейна р. Урал (Республика Казахстан) (по данным: Охрана окружающей среды…, 2016; Охрана окружающей среды…, 2022)

Регионы	2005		2010		2015		2020	
	млн м^3	%	млн м^3	%	млн м^3	%	млн м^3	%
Атырауская	67,0	28,4	87,0	31,8	70,0	33,0	40,0	19,5
Актюбинская	108,0	58,1	35,0	14,1	32,0	10,2	17,0	10,7
Западно-Казахстанская	293,0	47,0	20,0	4,4	10,0	2,9	20,0	5,5

Согласно данным *таблицы 2.15*, максимально сократился забор воды (начиная с 2005 года) в Западно-Казахстанской и Актюбинской областях – в 14 и 6 раз соответственно. Отрицательная динамика в данном секторе была обусловлена рядом причин – сокращение финансовых затрат, технический износ мелиоративных систем, перевод орошаемых земель в богарные и др. Кроме того, в настоящее время для данных регионов приоритетным направлением является развитие животноводства мясного направления, что соответствует зональному распространению агроклиматических ресурсов (Сивохип, Павлейчик, 2022). В тоже время, несмотря на увеличение посевных площадей кормовых культур (в Актюбинской области с 144 тыс. га в 2015 до 279 тыс. га в 2019 году), закономерного увеличения забора воды на нужды орошения не произошло, что обусловлено выращиванием сеяного травостоя в богарных условиях. Но в последние годы, в связи с реализацией Концепции развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021-2030 годы, предусматривающей в том числе расширение площадей орошаемых земель, отмечается стабилизация или даже незначительный рост использования воды на нужды орошения в данных регионах.

Существенным фактором стабилизации объемов забора воды на нужды орошения в пределах казахстанского участка бассейна реки Урал является широкое внедрение водосберегающих технологий. В частности, максимальное увеличение площади орошаемых земель с применением дождевания отмечается в Западно-Казахстанской

области (с 1,8 до 2,6 тыс. га, или на 31%). В Атырауской области из водосберегающих технологий преобладает метод капельного орошения, применение которого целесообразно для территорий с недостаточным увлажнением. За последние годы площадь земель, политых данным методом в Атырауской области, увеличилась с 1,9 до 3,0 тыс. га (3%).

В итоге современная структура водопотребления в трансграничном бассейне р. Урал характеризуется наличием региональных различий, обусловленных природно-зональными и социально-экономическими факторами, а также историей хозяйственного освоения территорий.

В условиях пространственно-временной дифференциации водно-ресурсного потенциала и региональных особенностях водного хозяйства трансграничного бассейна р. Урал существенное значение имеют прогнозные оценки использования водных ресурсов. К настоящему времени накоплен значительный опыт по прогнозированию водопотребления отдельных отраслей водного хозяйства. В частности, прогнозирование объемов водопотребления и водоотведения входило в состав балансовой оценки водных ресурсов, а также в исследования по прогнозированию альтернативных путей обеспечения водой (Водные ресурсы России…, 2008; Шикломанов, Бабкин, Балонишникова, 2011; Шикломанов, Георгиевский, Бабкин и др., 2010). Прогнозные оценки перспективного водопотребления на региональном уровне представлены в работах (Демин, Зайцева, 2021; Рыбкина, 2016; Рыбкина, Курепина, 2019; Padalko, 2021).

На основе методики, представленной в (Водные ресурсы России…, 2008), среднесрочный (до 2025 г.) и долгосрочный (2030, 2035 гг.) прогноз использования водных ресурсов на *хозяйственно-питьевые нужды* выполнен с учетом следующих показателей: динамика целевого использования водных ресурсов за период 2000-2020 годов; динамика удельного водопотребления на 1 человека; результаты демографического прогноза на 2025, 2030 и 2035 годы.

В регионах Российской Федерации объемы водопотребления на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды будут сокращаться при условии сохранения современных показателей удельного водопотребления ($м^3$/чел). Так, по базовому варианту среднесрочного прогноза (до 2025 г.) сокращение составит 3,2% в Республике Башкортостан, 2,4% – в Оренбургской области и 2% – в Челябинской области. Сокращение коммунального водопотребления прежде всего обусловлено отрицательной динамикой численности населения, особенно в Челябинской и Оренбургской областях *(таблица 2.16)*.

Противоположная ситуация прогнозируется в регионах Республики Казахстан – на среднесрочный период рост объемов коммунального водопотребления в Актюбинской, Западно-Казахстанской и Атырауской областях составит 6,0, 4,7 и 5,2% соответственно.

Для регионов казахстанского участка бассейна р. Урал в настоящее время характерна более благополучная демографическая ситуация (особенно в крупных городах) с тенденцией положительной динамики численности населения до 2035 года. Важно отметить, что гарантированное обеспечение хозяйственно-питьевых нужд в регионах Республики Казахстан (Западно-Казахстанской и Атырауской областей) в значительной степени зависит от ресурсов речного стока р. Урал.

Прогноз использования водных ресурсов *на производственные цели* выполнен на основе показателей промышленного водопотребления: динамике использования свежей воды для производственных целей (2000-2020 гг.); объема воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения; коэффициента оборота воды ($К_{об}$); результатов среднесрочного прогноза социально-экономического развития регионов (до 2025 г.).

Таблица 2.16.

Прогноз целевых видов использования водных ресурсов в регионах трансграничного бассейна р. Урал (базовый вариант)

Целевые виды	Среднее (2015-2020)	2020 (факт.)	2025	2030	2035
Использование пресной воды на питьевые и хозяйственно-бытовые цели нужды, всего, млн м^3, в т.ч.:					
Республика Башкортостан	181,41	164,47	159,16	155,07	150,99
Челябинская область	216,06	194,80	190,86	186,92	183,84
Оренбургская область	96,36	92,53	90,34	87,66	85,46
Актюбинская область	36,85	39,00	41,41	43,34	44,78
Западно-Казахстанская область	21,00	23,00	24,09	25,19	26,28
Атырауская область	25,85	25,00	26,31	27,19	28,50
Использование пресной воды на производственные нужды, всего, млн м^3, в т.ч:					
Республика Башкортостан	394,94	391,54	379,5		
Челябинская область	463,46	746,60	739,4		
Оренбургская область	990,38	676,07	547,9		
Актюбинская область	15,42	18,00	17,5		
Западно-Казахстанская область	9,71	9,00	7,04		
Атырауская область	79,14	86,00	81,06		
Использование пресной воды на с/х водоснабжения и орошения, всего, млн м^3, в т.ч:					
Республика Башкортостан	11,75	7,43	9,85		
Челябинская область	6,10	6,97	9,84		
Оренбургская область	13,66	21,69	26,49	33,84	
Актюбинская область	31,14	17,00	26,34		
Западно-Казахстанская область	17,42	22,00	29,05		
Атырауская область	70,71	54,00	72,00		

Согласно полученным расчетам, использование водных ресурсов на среднесрочную перспективу сократится как в российских, так и в казахстанских регионах при условии роста доли оборотного и повторно-последовательного водоснабжения. В регионах с высокой долей оборотного и повторно-последовательного водоснабжения (Челябинская область, Республика Башкортостан, Актюбинская область) сокращение составит в среднем 1-3%. Максимальное сокращение объемов промышленного водопотребления (18%) ожидается в Оренбургской области при условии роста $К_{об}$ не менее 5%, что в целом соответствует текущей динамике данного показателя. Одна из причин сокращения объемов промышленного водопотребления на ближайшую перспективу – уменьшение объемов забора воды крупнейшим водопользователем – Ириклинской ГРЭС Интер РАО «Электрогенерация». Из казахстанских регионов максимальное сокращение использования водных ресурсов прогнозируется для производственного сектора Западно-Казахстанской области (22%) при условии роста $К_{об}$ не менее чем на 6%. По результатам альтернативной оценки, представленной в (Padalko, 2021), в регионах исследуемого бассейна прогнозируется незначительный рост производственного водопотребления при условии положительной динамики социально-экономического развития.

Прогноз использования водных ресурсов для целей сельскохозяйственного водоснабжения и орошения выполнен на основе следующих показателей: динамика

целевых видов водопотребления (2000-2020 годов); водоемкость сельскохозяйственного производства; среднесрочный прогноз объемов продукции сельского хозяйства (до 2025 г.); прогноз индекса сельскохозяйственного производства. Результаты расчетов подтверждают наличие общей тенденции к увеличению объемов использования свежей воды на нужды сельского хозяйства. Необходимо отметить, что максимальный рост на среднесрочную перспективу прогнозируется в Актюбинской области (54% по сравнению с 2020 г.), что в первую очередь обусловлено значительным увеличением площадей используемых земель регулярного орошения (6-е место в Республике Казахстан). Для остальных регионов трансграничного бассейна р. Урал рост составит от 22% (Оренбургская область) до 32-33% (Республика Башкортостан, Западно-Казахстанская и Атырауская области) и 40% (Челябинская область).

Таким образом, в пределах трансграничного бассейна р. Урал сформировался многоотраслевой водохозяйственный комплекс, включающий крупных региональных водопотребителей (Магнитогорский металлургический комбинат, Ириклинская ГРЭС, Актюбинский завод хромовых соединений и др.), которые активно внедряют системы оборотного водоснабжения, что влияет на значения перспективных оценок использования водных ресурсов на производственные цели и повышение показателей экономии воды. В тоже время, в ряде регионов (в первую очередь, казахстанского участка) традиционно развито орошаемое земледелие, и несмотря на значительное сокращение забора воды по сравнению с предыдущими периодами, по-прежнему актуальными остаются проблемы безвозвратного изъятия ресурсов речного стока (Урало-Кушумская ООС). Соответственно, одной из приоритетных задач комплексного использования водных ресурсов является повышение эффективности водопользования во всех секторах водохозяйственного комплекса трансграничного бассейна р. Урал.

2.2. РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКИЕ ТРАНСГРАНИЧНЫЕ ВОДОЕМЫ: ТИПОЛОГИЯ, ДИНАМИКА, ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ. АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. УРАЛ *(Падалко Ю.А., Чибилёв А.А.)*

Водоемы и их водосборные бассейны, разделенные национальными границами государств, относятся к трансграничным водным объектам. Часто водотоки являются природным ориентиром при определении положения государственной границы на местности. На судоходных реках границу устанавливают по фарватеру, а на несудоходных водотоках – по середине реки. Границу по озерам устанавливают, не привязываясь к водному объекту, поэтому доля площади водного зеркала может быть различной. Международное правовое определение, а также регулирование в области охраны и использования трансграничных водных объектов прописано в «Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер» (Конвенция…, 1992) между странами, которые присоединились к Конвенции. Российская Федерация одной из первых присоединилась к договору по сравнению с сопредельными странами. В настоящее время не все страны, с которыми имеются трансграничные водные объекты, присоединились к Конвенции, из соседних государств это Китай, Монголия и Грузия.

На национальном правовом уровне в первой версии Водного кодекса Российской Федерации (1995 г.) (Водный кодекс…, 1995) имелось определение термина «трансграничный», и обозначалась его равнозначность с понятием «пограничный» водный объект. В последней редакции Водного кодекса (Водный кодекс…, 2006) этим терминам определение не дается. Данные понятия определяются только в межгосударственных соглашениях между Российской Федерацией с пограничными государствами (Соглашение…, 2010).

Государственная граница Российской Федерации проходит по большому количеству рек, озер и водохранилищ, суммарная длина ее отрезков, проходящей по водотокам, составляет 7,1 тысяч км. Самые протяженные речные промежутки государственной границы проходят по рекам Аргунь и Амур с КНР, а также с Казахстаном – по рекам Урал, Илек, Мал. и Бол. Узень и Тобол с притоком р. Уй. Изменение положения русла пограничной реки влечет за собой смещение государственной границы. Случаи смещения положения государственной границы в результате русловых деформаций наблюдаются на границе России с КНР, Норвегией и другими соседними государствами (Беркович и др., 2011; Демин, Болгов, Шаталова, 2018; Иванов, Завадский, 2012; Завадский, Иванов, Чалов, 2010).

Несмотря на созданную межгосударственную правовую основу Российской Федерации и Казахстана, работы по согласованию использования и охраны водных объектов еще не закончены. Между тем имеются проблемные вопросы по пограничным водным объектам, которые могут решаться в рамках межгосударственного взаимодействия по практической реализации текущих Соглашений между странами. За последний 30-летний период существования российско-казахстанской границы сложился совместный опыт использования и делимитации приграничных водоемов.

Протяженность государственной границы двух стран, проведенной по рекам и водоемам, составляет более полутора тысяч километров или 21% от суммарной протяженности границы. Сегменты границы на водных объектах отмечаются значительным разнообразием водоемов как по их типу, так и высокой дифференциацией по гидрологическому режиму и морфодинамическим типам русел.

Спецификой озер на границе России и Казахстана является значительный размах в вариации площади водного зеркала. Большинство озер приграничья – временные или с не постоянным урезом воды, время от времени пересыхают вовсе на территории одного из государств. Данные ситуации имеют место на озерах в приграничной зоне с Республикой Казахстан в Западной Сибири. Примером является ситуация с озером

Сладким на границе Новосибирской области с Павлодарской областью, когда понижение уровня в озере стало причиной межгосударственного общественного резонанса, а также озером Айке на границе Оренбургской области и Актюбинской области (Республикой Казахстан) *(рисунки 2.11, 2.12)*.

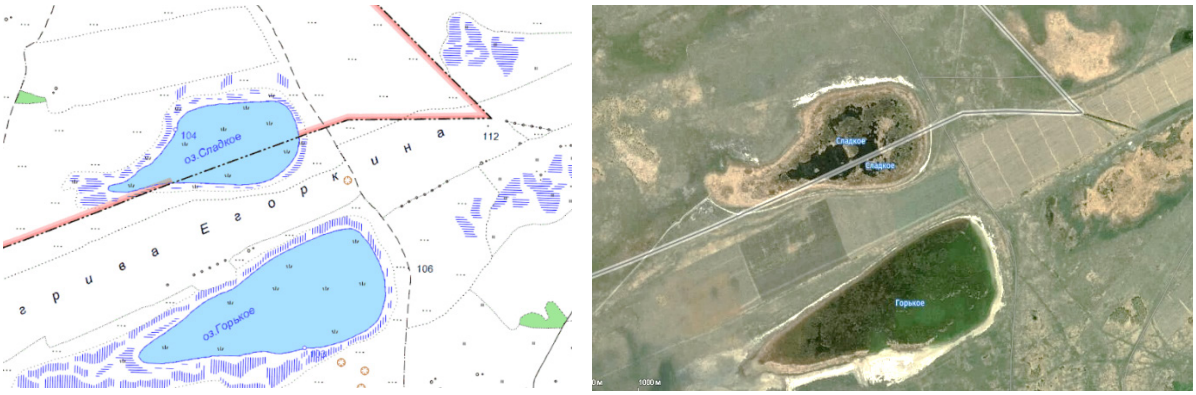


Рисунок 2.11. Пограничное озеро Сладкое на границе Российской Федерации и Республики Казахстан (слева – по состоянию на 2001 г. и справа – на лето 2016 г.).

Фрагмент топографической карты озера Сладкое, пограничная территория РФ (Новосибирская область) и Республики Казахстан (Павлодарская область), (1:200000 ГГЦ) и спутникового снимка данной территории (ArcGIS ESRI Imagery).

На водотоках можно выделить 3 естественных типа русел: 1) врезанные – образуются в ограниченных условиях развития боковой русловой эрозии; 2) адаптированные – формируются в смешанных условиях затрудненной горизонтальной деформации, но с небольшой поймой; 3) широкопойменные – формируются в неограниченных условиях обширной поймы (Чалов, 1996). Кроме этого, необходимо отметить наличие русел рек, которые трансформировались вследствие решения хозяйственных задач и защиты территории. В регионе исследования чаще встречаются свободные излучины широкопойменного типа на больших реках. На малых водотоках и средних реках преобладают врезанные и адаптированные русла, вследствие отражения руслом структуры залегания коренных пород и влияния хозяйственной деятельности.



Рисунок 2.12. Пограничное озеро Айке на границе Российской Федерации и Республики Казахстан в 2016 г (слева) и 1997 г. (справа).

Фрагменты разновременных спутниковых снимков пограничной территории РФ (Оренбургская область) и Республики Казахстан (Актюбинская область) (Airbus DS 2017 /ArcGIS ESRI Imagery)).

Выделено 23 участка прохождения государственной границы по водным объектам, из них 18 речные и 5 генерализованных нами озерных областей с замкнутым стоком *(рисунок 2.13, таблица 2.17)*. Речные участки пограничной зоны имеют

различные морфодинамические типы русел, но наибольшая динамика русловых преобразований отмечена на реках с широкопойменным типом: протоки дельты Волги, р. Таловая, р. Илек, р. Урал и р. Уй.

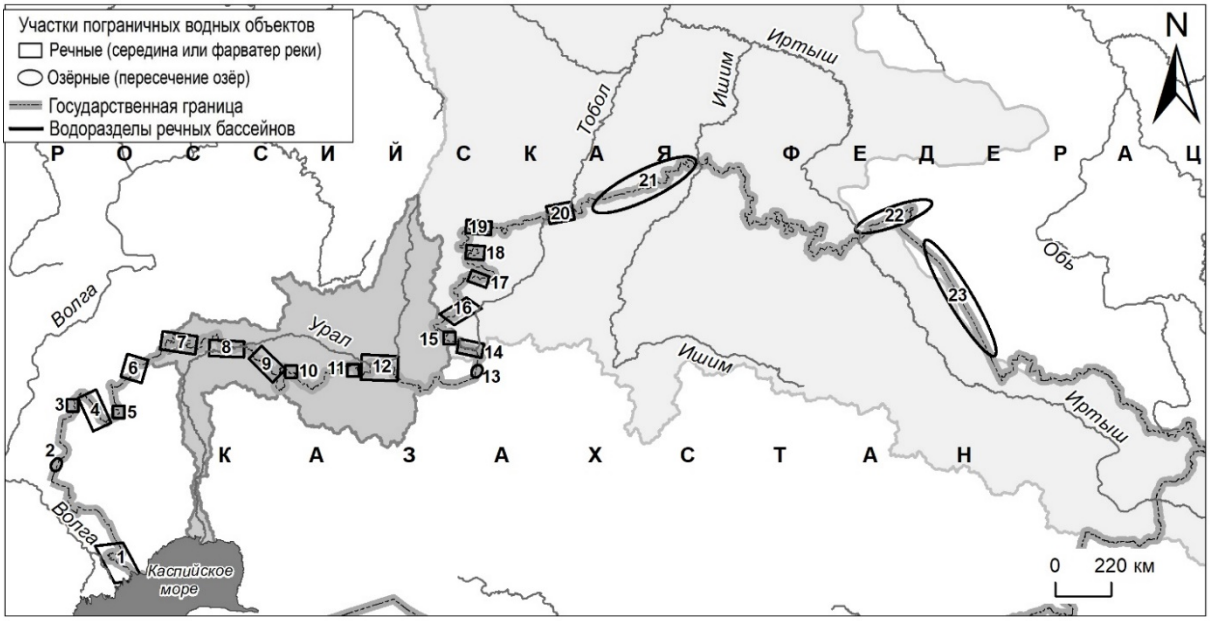


Рисунок 2.13. Карта-схема расположения трансграничных водоемов на государственной границе Российской Федерации и Республики Казахстан.

Таблица 2.17.

Пограничные водные объекты Российской Федерации и Республики Казахстан

№ на карте	Регионы РФ / РК	Водный объект	Протяженность, км
Водотоки			
1	Астраханская область / Атырауская область	Протоки (дельта р. Волга)	80, 9
3	Волгоградская область / Атырауская область	Р. Торгун (Бессточная область междуречья Волги и Урала)	–
4	Саратовская область / Западно-Казахстанская область	Р. Мал. Узень (Варфоломеевское водохранилище) и Бол. Узень (Бессточная область междуречья Волги и Урала)	135,8
5-6		Р. Дюра, Горькая, Меркень (Бессточная область междуречья Волги и Урала)	45,1
7	Саратовская область, Оренбургская область / Западно-Казахстанская область	Р. Таловая (Бассейн р. Урал)	46,6
8, 12	Оренбургская область / Актюбинская область, Костанайская область	Р. Урал	193,4
9		Р. Илек (Бассейн р. Урал)	214
10		Р. Бол. и Мал. Хобда (Бассейн р. Урал)	–
11		Р. Киялы-Буртя (Бассейн р. Урал)	–
14		Р. Тобол (нижн. течение)	44

15	Челябинская область / Костанайская область	Р. Сарысай, Берсуат, Желкуар (Бассейн р. Тобол)	35,7
16		Р. Камысты-Аят, Карагайлы-Аят, Арчаглы-Аят (Бассейн р. Тобол)	85,4
17		Р. Сред. Тогузак и Верхн. Тогузак (Бассейн р. Тобол)	20
18		Р. Уй, Троицкое водохранилище (Бассейн р. Тобол)	179,1
20	Курганская область / Костанайская область	Р. Тобол (ср. течение)	93,5
Озера			
2	Волгоградская область / Атырауская область	Оз. Боткуль	
13	Оренбургская область / Актюбинская область	Айке	
21	Тюменская область, Курганская область / Костанайская область, Северо-Казахстанская область	Бессточные озера междуречья Тобола и Ишима: Пьянково, Арлаколь, Третье, Орлёнок, Антоново, Лебяжье, Сиверга, Акуш, Юдино, Бугровое	
22	Омская область, Новосибирская область / Павлодарская область	Оз. Половинное, Солёное, Сладкое	
23	Новосибирская область / Павлодарская область	Оз. Каратал, Бура, Чаган	

В результате проведенного анализа динамики русловых деформаций на пограничных реках выявлен участок реки Урал с наиболее интенсивными эрозионными процессами, а также действиями пограничного государства по защите своей территории от берегоразрушения. Отрезок р. Урал протяженностью 128,6 км от с. Илек до с. Раннее в соответствии с делимитацией границы России и Республики Казахстан проведен посередине реки.

В долине реки в этом районе распространено множество стариц в форме сомкнутых излучин и их частей, что свидетельствует о динамичном развитии русловых переформирований, прорывах и смыканиях излучин. Значительная трансформация русла на пограничном отрезке р. Урал произошла в результате смыкания в двух меандрах: у с. Иртек и с. Бумаколь. В первом случае прорыв основания излучины пришелся на начало 70-х гг. XX века по данным обработки космических изображений данного участка за 1976 год. Позднее в результате разрушения перешейка между старым руслом в конце XX века, а вначале XXI века привело к спрямлению участка и отчуждению территории верхней части. В другой меандре у поселка Бумаколь промыв основания зафиксирован в конце 80-х гг., а с середины 90-х гг. отделился от основного русла. Окончательное формирование нового русла произошло в начале XXI века *(рисунок 2.14)*.

За время существования государственной границы двух стран интенсивные процессы берегоразрушения наблюдались по левому берегу р. Урал возле сёл Облавка и Жарсуат. За исследуемый период береговая линия продвинулась на расстояние 0,2-0,4 км со скоростью около 6-7 м/год. Проведение работ по укреплению берега от разрушения позволило снять опасность для селитебных территорий и дорожной инфраструктуры. Основной вектор горизонтальной русловой деформации левосторонний, направленный к коренным берегам. Основными факторами высокой динамики боковой эрозии на данном участке реки являются скорость течения и наличие быстро разрушаемых грунтов, обусловленных геологическим строением территории.

Согласно пункту 4 Договора (Договор…, 2005) природные трансформации русла пограничного водотока не приводят к смещению границы государства, если страны не предусмотрели иное. Отсюда следует, что отделенные в последствие русловых процессов земли в пограничной зоне присоединяются к территории государства, в зависимости от того, в каком направлении от середины реки данный участок обособлен. Сейчас приграничная территория, отчуждаемая в результате этих процессов, мало освоена, но перспективна в разведке и добычи углеводородов. За исследуемый период из-за русловых деформаций от территории Российской Федерации отделилось около 10 км^2. Горизонтальные деформации русла останутся активными и далее, поэтому площадь приграничной территории соседних стран будет изменяться. В тоже время процессы берегоразрушения на участках в близи заселенных территорий, транспортных путей и трубопроводов представляют значительную опасность. Согласование проведения работ по возведению берегозащитных объектов одним из государств носит уведомительный характер, но односторонние действия в последствии могут нести риск развития негативных геоэкологических процессов для реки Урал и ее экосистемы на пограничном участке.

К сожалению, вопросы о состоянии водоемов в приграничной зоне менее актуальны в отличие от проблем вододеления и качества воды. Более двадцати процентов от общей протяженности государственной границы между Российской Федерацией и Республикой Казахстан проходит по водным объектам. На реках горизонтальные русловые деформации формируют проблемные участки территории, которые в настоящее время мало используются в хозяйстве, но обладают уникальной экосистемой. В частности, озера играют большую роль для сохранения степной биоты межбассейновых пространств, а участки рек – для воспроизводства рыбных ресурсов рек Волга, Урал, Тобол, Иртыш в пограничной зоне. Принимая во внимание ландшафтные и биологические значимость этих территорий, следует провести межгосударственные работы по сохранению природного разнообразия. Одним из важных действий в этом направлении, может быть, организация межгосударственных трансграничных биосферных резерватов.

Анализ многолетней динамики русловых деформаций среднего течения р. Урал. На отрезке среднего течения реки Урал преобладает широкопойменный морфодинамический тип русла, который осложнен русловой многорукавностью и островами на некоторых участках. Отдельно необходимо отметить русла, искусственно измененные, которые подверглись антропогенным преобразованиям. В пределах равнинной платформенной части среднего и нижнего течения на формирование излучин оказывает действие солянокупольная тектоника. Имеются следующие соляные структуры, оказывающие влияние на динамику деформации русла: Белогорский (с. Бурлин), Китайшинский (с. Кабыл Тобе), Алебастровский (с. Тонкерис), Сауркин и Аксуатский (п. Аксуат). Вскрытые в результате соляно-купальной тектоники и русловой эрозии известково-меловые толщи пород служат ограничением для русловой деформации с формированием участков адаптированного морфодинамического типа русла (Сергалиев, Ахмеденов, 2013). В тоже время меловые породы способствуют устойчивому одно направленному развитию разрушения коренного берега с формированием вытянутых излучин.

На скорость протекания процессов русловой деформации оказывают влияние как расходы воды на участке реки, так и геологические условия долины реки. Скорость размыва берегов р. Урал увеличивается на отдельных участках с 0,3 м/год до более 4,0 м/год от верховьев к нижнему течению. При этом максимальная величина размыва берега на р. Урал составляет 4,69 м/год. Наиболее динамичные русловые переформирования с полным развитием излучин отмечены на Илекско-Кинделинском и в начале Кирсановско-Рубежинского участков. Удлинение излучин без признаков размыва основания наблюдается от устья Кирсановской протоки и до города Уральска с

максимальным изменением положения русла. Необходимо отметить сокращение участков с русловой многорукавностью и срастанием русловых островов с берегом.

Наибольшие изменения в плане русла на пограничном участке р. Урал произошли в двух излучинах: первая у с. Иртек и вторая у поселка Бумаколь. В первой излучине прорыв основания проходил в период 1960-1975 гг. по данным доступных спутниковых снимков за 1976 год. В дальнейшем в процессе размытия берега старого русла к 1999 г., что привело в 2006 г. к спрямлению участка и отчленению верхней части. Во второй излучине у поселка Бумаколь прорыв основания появился в 1985 году и с 1996 отчленился от реки участок старого русла, полное спрямление сформировалось к началу 2000 гг.

На основании пространственного развития русловых деформаций в долине р. Урал и их морфометрических характеристик нами выделяются четыре участка на отрезке среднего течения от устья р. Илек до устья р. Чаган:

1. Илек – Кинделя (92,0 км);
2. Кинделя – Кирсановская протока (40,2 км);
3. Кирсановская протока – Рубежка (92,8 км);
4. Рубежка – Чаган (74,6 км).

Участок р. Урал с. Илек до устья р. Кинделя *(рисунок 2.14)*. Здесь отмечается чередование свободных и врезанных типов русла до с. Облавка, так как русло тяготеет к левому коренному берегу, оставляя широкую пойму справа. Далее русло начинает смещаться к средней части долины, ширина пояса меандрирования достигает 2-2,3 км. С 1981 по 2021 г. протяженность участка сократилась на 0,7 км. Уклон реки составляет 8,9% (увеличение значения 0,1%). Среднее смещение русла составляет 42,9 м, на изменение в положение до 50 м приходится 80% участка. На участке с максимальном смещением, более 100 м и выше 175 м, приходится менее 5% (излучины возле населенных пунктов Жарсуат, в 3 км выше по течению от с. Приуральное и у с. Облавка). За прошедший период произошло спрямление излучины в 5 км к С-В от сёл Утвинка и Бумаколь.

Строительство железобетонного берегоукрепительного сооружения проведено на левобережье р. Урал у с. Облавка в вершине врезанной излучины в коренной берег. В завершающей стадии работ находится постройка аналогичного берегоукрепления у с. Жарсуат. По морфодинамическим параметрам развитости излучины у с. Облавка высока вероятность ее спрямления и образования прорванной излучины, но дноуглубительные работы при постройке излучины изменили рельеф дна, что отразится на величине периода развития данной излучины. Наблюдается интенсивное антропогенное воздействие на геоэкологическое состояние, основным фактором является наличие населенных пунктов в непосредственной близости от реки и автомагистрали Илек - Уральск.

Кинделинско-Кирсановский участок р. Урал в настоящее время имеет протяженность 40,2 км от устья р. Кинделя до истока Кирсановской протоки. Участок реки смещен к правому склону долины р. Урал. За последние сорок лет длина участка реки увеличилась на 0,5 км. В этот период закончено спрямление излучин. Уклон реки в результате уменьшился на 0,5% и составляет в настоящее время 8,7%. Среднее смещение русла составляет 41,3 м. Изменения до 50 м произошли на 81% протяженности участка. Максимальное смещение (от 100 м и выше 175 м) произошло у с. Раннее.

Кирсановско-Рубежинский участок р. Урал протяженностью 92,8 км расположен полностью в Западно-Казахстанской области Республики Казахстан. С начала 80-х гг. XX века по 2021 г. протяженность участка увеличилась на 4,1 км. Уклон реки на участке уменьшился на 0,4% и составляет 8,9%. Среднее смещение русла составляет 68,4 м, на изменение в положении до 50 м приходится только 52% участка. На отрезки с максимальным смещением, от 125 м и выше 175 м, приходится около 21%. На этом участке наблюдается не характерное для других участков продольное и поперечное

смещение излучин. Так как большая часть участка равноудалена от коренных берегов, русловые деформации не встречают препятствий в развитии излучин.

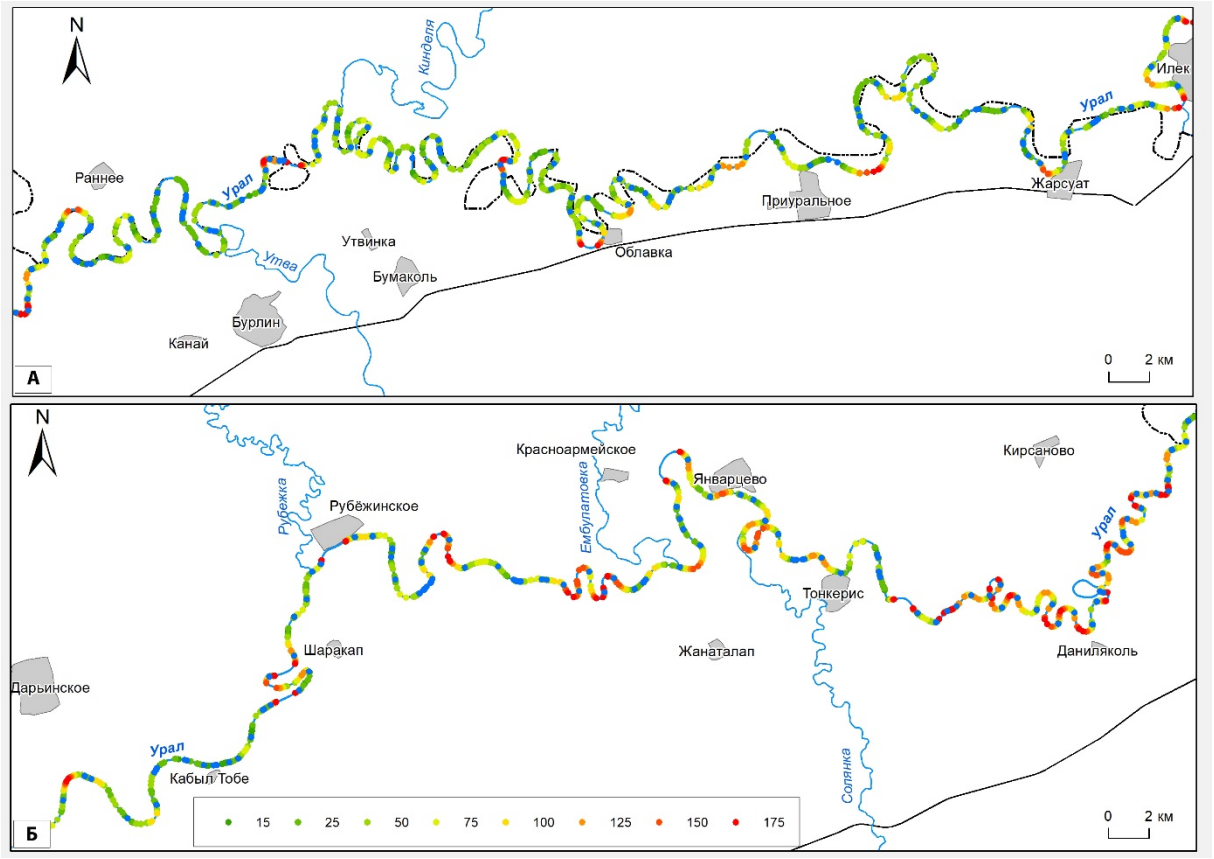


Рисунок 2.14. Картограмма динамики русловых деформаций р. Урал с 1980 по 2022 г.
Участки русла: А. Илек – Кинделя, Кинделя – Кирсановская протока; Б. Кирсановская протока – Рубежка.

Рубежинско-Уральский участок реки Урал имеет протяженность 74,6 км. За исследуемый период произошло увеличение участка на 2,7 км, уклон снизился на 0,2% и составляет 6,7%. Среднее смещение русла составляет 55,2 м, на изменение в положении до 50 м приходится 68% участка. На отрезки с максимальным смещением свыше 125 м приходится около 22%. На данном участке от населенного пункта Рубежинское до г. Уральска проводились периодические дноуглубительные работы для целей судоходства. На протяжении длительного времени здесь существуют излучины без прорыва основания, что связано с изменением рельефа дна при дноуглубительных работах и слагающими коренные берега горными породами. Основными антропогенными факторами на участке являются проводимые дноуглубительные работы и транспортная доступность, добыча ПГС.

За исследуемый период под влиянием географо-гидрологических факторов произошли значительные русловые деформации на участке трансграничного, в том числе пограничного, отрезка р. Урал. В процессе исследования динамики русловых деформаций разработана методика геоинформационной оценки изменений на основе дистанционных данных. Показана детальная характеристика динамики русловых деформаций на участке среднего течения р. Урал от с. Илек Оренбургской области до г. Уральск Республики Казахстан. В процессе анализа отмечены участки с относительно стабильным руслом на прямолинейных отрезках и крыльях вытянутых излучин с наибольшей концентрацией от устья р. Илек до истока Кирсановской протоки и ниже устья р. Рубежка, на последнем участке стационарность русла связана с

дноуглубительными работами. Предположено влияние долин притоков на тяготение положения русла к противоположному левому или правому склону долины относительно притока. Установлены максимальные значения смещения русла до 5 м/год на участке ниже Кирсановской протоки и вершинах излучин у с. Облавка (4,6 м/год) и с. Жарсуат (4,2 м/год) до строительства берегоукрепления и с. Январцево (5 м/год). Указаны основные антропогенные факторы, влияющие на русловые деформации – дноуглубительные и берегоукрепительные работы. В результате развития русловых процессов имеются ситуации в приграничной территории с отчуждением участков к территории соседнего государства. Дана оценка динамики перестройки русла в пограничном участке реки, что указывает на высокую вероятность повторения ситуаций по отчуждению территорий и подтверждает проведенные ранее исследования по Российско-Казахстанским трансграничным водоемам как наиболее динамичному участку.

2.3. СТЕПНЫЕ ПОЖАРЫ КАК ВЫЗОВ УСТОЙЧИВОМУ ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗВИТИЮ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

2.3.1. Региональные особенности развития пожаров в степях Северной Евразии *(Павлейчик В.М., Падалко Ю.А.)*

Природные пожары представляют собой актуальную угрозу экологической и экономической безопасности, в связи с чем проблема выявления предпосылок и закономерностей их развития несомненно представляет научный и практический интерес. В географических регионах с преобладанием травянистых биомов, к каковым относятся степи, лесостепи и пустыни Северной Евразии, условия и причины возникновения и развития природных пожаров, уровень пирогенного воздействия и особенности постпирогенного состояния заметно отличаются от таковых на залесенных территориях.

В проведенном исследовании мы исходили из того, что именно зональная структура равнинных ландшафтов определяет формирование определенных пирологических обстановок посредством особенностей погодно-климатических условий, растительного покрова, специализации сельскохозяйственного производства. В качестве картографической основы нами принята схема условного районирования, отражающая широтно-зональную и региональную дифференциацию ландшафтов Северной Евразии. Границы зон и подзон проведены в целом в соответствии с (Волкова и др., 2010; Зоны и типы..., 1999*а*) по ботанико-географическим признакам, границы секторов – по крупным географическим рубежам; сочетание этих типов границ образует наименьшую единицу районирования – провинцию (Павлейчик, Чибилёв, Падалко, 2022). Ввиду специфического пожарного режима выделены элементы азональных и интразональных ландшафтов – предгорные области, поймы и дельты крупных рек. Подготовленная основа охватывает преимущественно равнинные ландшафты степной зоны (2278 тыс. км²), а также прилегающие к ней пустынную (1318 тыс. км²) и лесостепную (976 тыс. км²) зоны *(рисунок 2.15)*.

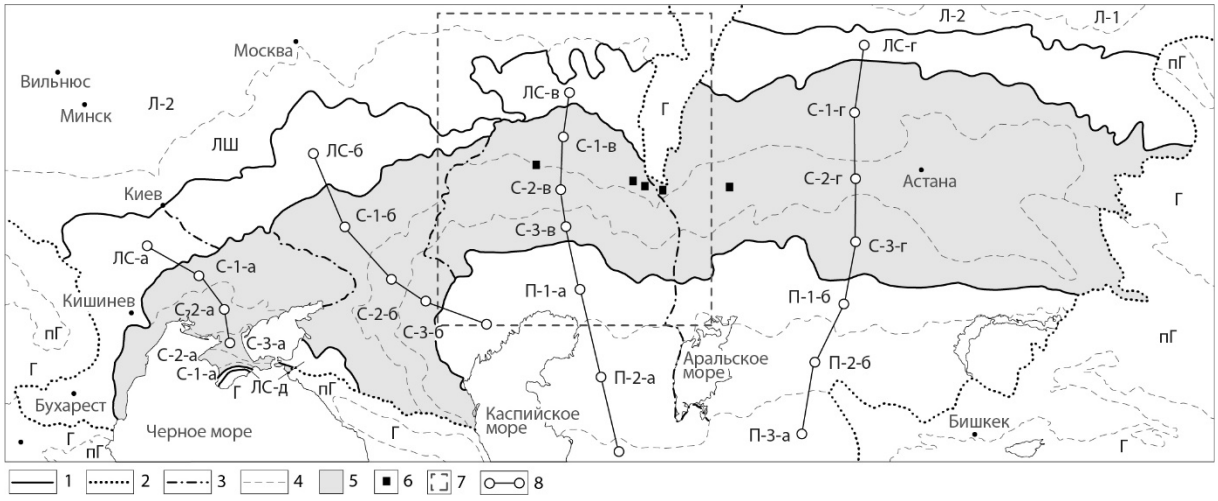


Рисунок 2.15. Схема пространственной дифференциации растительного покрова степей Северной Евразии.

Границы: 1 – зон; 2 – горных областей; 3 – географических секторов; 4 – подзон и горных подобластей; 5 – степная зона; 6 – ключевые территории, по которым производилось дешифрирование гарей по снимкам Landsat за 1984-2021 годы; 7 – границы ключевой территории, по которой производилось дешифрирование крупных гарей по снимкам MODIS за 2001-2021 годы; 8 – линии профилей (к рисунку 2.16).

Зоны и подзоны. Зона тайги *(Л) – южная тайга (Л-1); подтайга (Л-2).* ***Зона широколиственных лесов*** *(ЛШ).* ***Лесостепная зона*** *(ЛС).* ***Степная зона*** *(С) – северные степи*

(С-1); средние (сухие) степи (С-2); южные (опустыненные) степи (С-3). ***Пустынная зона*** *(П) – северные пустыни (П-1); средние пустыни (П-2); южные пустыни (П-3).*

Горные области*, включая предгорные (пГ) и горные (Г) подобласти.*

Ботанико-географические секторы *(* – общие для смежных секторов).*

Западно-Причерноморский – ЛС-а → С-1-а → С-2-а → С-3-а.

Волго-Донский – ЛС-б → С-1-б → С-2-б → С-3-б → П-1-а.*

Волго-Уральский – ЛС-в → С-1-в → С-2-в → С-3-в → П-1-а → П-2-а → П-3-а*.*

Урало-Алтайский – ЛС-г → С-1-г → С-2-г → С-3-г → П-1-б → П-2-б → П-3-а.*

Основной источник использованных данных по пожарам – архивы по тепловым аномалиям (термоточкам, MCD14ML) и сгоревшим территориям (MCD64A1) FIRMS за 2001-2021 годы. Привлечены результаты, полученные ранее (Павлейчик, Чибилёв, 2018) – многолетние данные по распространению пожаров на пяти ключевых участках *(рисунок 2.15, пункт легенды № 6),* дешифрированные по снимкам Landsat. Таким образом, продолжительность рядов анализируемых данных максимально составила 38 лет (1984-2021), а на обзорном уровне – 21 год (2001-2021). Результаты анализа пространственного распределения возгораний в разрезе зональной структуры секторов представлены на *рисунке 2.16.*

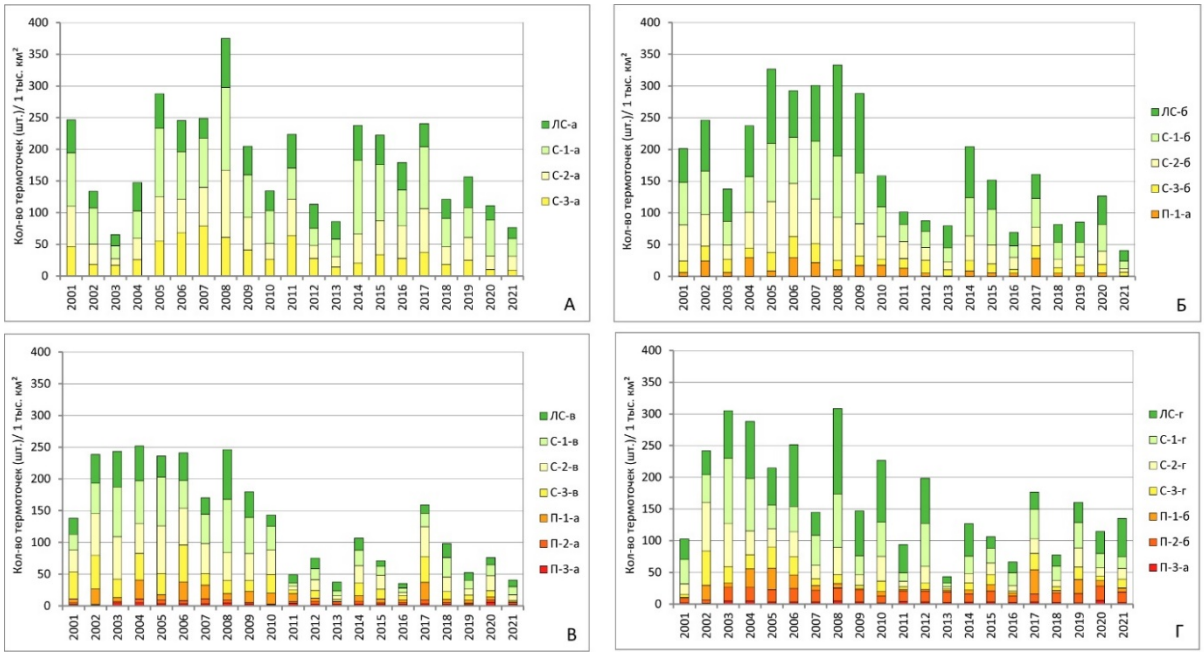


Рисунок 2.16. Многолетняя динамика плотности распределения тепловых аномалий в разрезе зональной структуры секторов.

Секторы: А – Западно-Причерноморский; Б – Волго-Донский; В – Волго-Уральский; Г – Урало-Алтайский. Индексы согласно рисунку 2.15.

Полученные результаты показывают определенное сходство в многолетней динамике пожаров как между природными зонами и подзонами, так и между смежными провинциями различных секторов, выражающееся в общности уровней и синхронности смены пожарных обстановок.

Следует заметить, что продолжительность использованных архивов (2001-2021) при оценке макрорегиональных пирологических обстановок не позволяет охватить один из ключевых этапов в современной истории степных ландшафтов Северной Евразии. Это период кризисного состояния сельскохозяйственного производства с середины-конца 1990-х годов, сопровождавшийся сокращением пастбищной нагрузки и формированием массивов малоиспользуемых угодий, что впоследствии привело к восстановлению растительного покрова, увеличению продуктивности и запасов надземной фитомассы.

Последовавший рост потенциала пожарной опасности реализовался резким увеличением количества и площади степных пожаров. Применительно к Волго-Уральскому и Урало-Алтайскому степным секторам смена пирологических обстановок выглядит следующим образом *(рисунок 2.17)*. В качестве показателя приведены средние значения доли площади гарей от общей площади пяти ключевых участков. На этом же рисунке приведена диаграмма количества термоточек в пересчете на 1 тыс. км² по той же территории – северные и средние степи двух секторов (провинции С-1-в, С-2-в, С-1-г, С-2-г на *рисунке 2.15*).

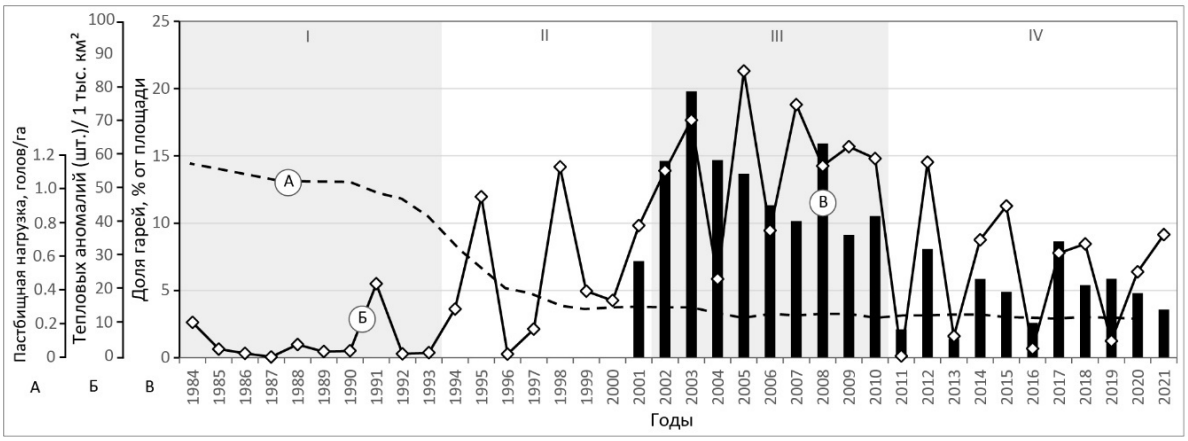


Рисунок 2.17. Многолетняя динамика распространения травяных пожаров в Волго-Уральском и Урало-Алтайском степных секторах. Пастбищная нагрузка (Оренбургская область).

Условные обозначения: А – уровень пастбищной нагрузки (крупный рогатый скот, овцы и козы, голов / 1 га); Б – доля площадей, пройденных пожарами по пяти ключевым территориям; В (столбчатая диаграмма) – количество тепловых аномалий на 1 тыс. км². I-IV – фазы пожарной обстановки, ниже по тексту.

Было выявлено, что за рассматриваемый период выделяется 4 фазы, характеризующиеся различным уровнем, характером и направленностью развития травяных пожаров: 1984-1993 гг. – стабильно низкие значения площадей пожаров (I на *рисунке 2.17*); 1994-2001 гг. – нарастание площадей (II), 2002-2010 гг. – стабильно высокие значения (III); 2011-2021 гг. – сокращение площадей и рост амплитуды межгодовых колебаний (IV).

Выводы о тесной взаимосвязи пастбищной нагрузки и масштабов развития пожаров приводятся по различным географическим регионам – северные пустыни Прикаспия (Dubinin et al., 2010, 2011), степной сектор Заволжья, Южного Урала и Зауралья (Павлейчик, Чибилёв, 2018; Pavleichik, 2019), в зональных ландшафтах юго-востока европейской части России ((Шинкаренко, Дорошенко, Берденгалиева, 2022). Сокращение пирогенной нагрузки, наблюдающееся в отдельных регионах в последнее десятилетие, связывают как с частичным восстановлением сельскохозяйственного производства (Шинкаренко, Дорошенко, Берденгалиева, 2022), так и с увеличением аномальности погодно-климатических условий с проявлением разнонаправленных тенденций в отдельные годы.

Распространение отдельных пожаров регулируется преимущественно сменой пространственной структуры сельскохозяйственных угодий в меридиональном направлении, согласно смене широтно-зональных условий. Особенно заметна неоднородность в распределении пожаров по природным зонам и подзонам, расположенным к востоку от субмеридионального участка долины р. Волга (Волго-Уральский и Урало-Алтайский секторы). Для этих двух секторов максимум распространения крупных пожаров фиксируется в пространственном диапазоне,

охватывающем подзоны средних и опустыненных степей, в отдельные годы – и подзону северных пустынь. В северном и южном направлении от этих подзон количество и площадь крупных травяных пожаров резко сокращается; в первом случае – в основном из-за плотно сомкнутых пахотных угодий, лимитирующих распространение огня, во втором – в результате сокращения количества надземной фитомассы и плотности травостоя в сочетании со слабой освоенностью территории. Отметим, что наблюдаемые возгорания в этих секторах в подавляющем числе случаев распространяются в условно-естественных ландшафтах, частично используемых в качестве пастбищных угодий, либо на старовозрастных залежных землях – пахотных угодий, ранее осваиваемых со времен целинной кампании (1954-1965) и заброшенных ввиду экономической нецелесообразности возделывания.

Принципиально иная пожарная обстановка складывается в регионах с устойчивым характером развития земледельческого сектора. Для рассматриваемой территории к таким относится практически вся лесостепная зона и северные степи всех секторов, и, главным образом, все подзоны степей Западно-Причерноморского и Волго-Донского секторов. Именно здесь сосредоточены провинции с постоянно максимальными значениями плотности тепловых аномалий, преимущественно обусловленными сжиганием пожнивных остатков на обрабатываемых пахотных угодьях. Абсолютный максимум приходится на агроландшафты причерноморских средних степей и сопредельных провинций. Заметим, что достоверный учет сельхозпалов на пахотных и залежных угодьях является объективной методологической проблемой (Hall et al., 2016), во многом обусловленной краткосрочностью периода между их проведением и последующими этапами обработки земли. Вместе с тем, данные по тепловым аномалиям фиксируют прямую взаимосвязь между сельскохозяйственной освоенностью земельных ресурсов и практикой применения огня в хозяйственных целях. Практика сельскохозяйственных палов пожнивных остатков и сжигания других видов невостребованной в хозяйстве фитомассы, традиционно использовавшаяся во многих районах европейской части России и Украины, по-видимому, была привнесена переселенцами-земледельцами в XVIII-XIX веках и в степи Заволжья и Зауралья.

Внутригодовой характер развития пожаров применительно к Заволжско-Уральскому региону показан на *рисунке 2.18.*

Первые за календарный год природные пожары массово отмечаются в феврале-марте в тростниковых зарослях дельты и поймы р. Волга, в меньшей степени – в дельтах рр. Урал и Эмба. По мере разрушения снежного покрова становятся доступны сельскохозяйственные угодья, в связи с чем единичные очаги пожаров постепенно смещались в северном направлении, достигая земледельчески освоенных районов. К концу апреля – началу мая здесь наблюдались массовые малоплощадные возгорания, связанные с периодом проведения активных сельскохозяйственных работ. В мае развитие пожаров становится равномерным по региону, но наиболее обширные пожары отмечаются лишь в благоприятные периоды, с июня по сентябрь включительно. В октябре пожары также остаются повсеместными, но относительно локальными. Такой порядок распространения пожаров отмечается для большинства лет рассматриваемого периода (2001-2021), наиболее заметные отклонения наблюдались в нехарактерные, исключительно влажные на макрорегиональном уровне, годы (2011, 2013, 2016).

Степи Северной Евразии и прилегающие к ней природные зоны отличаются высокой степенью подверженности травяным пожарам, вместе с тем полученные результаты свидетельствуют о существенной пространственно-временной неравномерности их возникновения и распространения. Пирологическая ситуация в степных регионах и на прилегающих территориях в разрезе одного года (или серии однотипных лет) как правило развивается синхронно, но отличается региональными чертами, среди которых особенности сезонного развития пожаров, морфометрические и

количественные показатели, типы затронутых сельскохозяйственных угодий и др. Наряду с широтно-зональными условиями развития пожаров важным фактором развития пирологических обстановок является уровень земледельческой освоенности, исходя из чего в степях Северной Евразии выделяются два макрорегиона – западный (Западно-Причерноморский и Волго-Донской секторы), охватывающий преимущественно земледельчески освоенные территории, и восточный (Волго-Уральский и Урало-Алтайский секторы), в котором наиболее отчетливо проявлена смена взаимообусловленных природных и природно-хозяйственных условий развития пожаров.

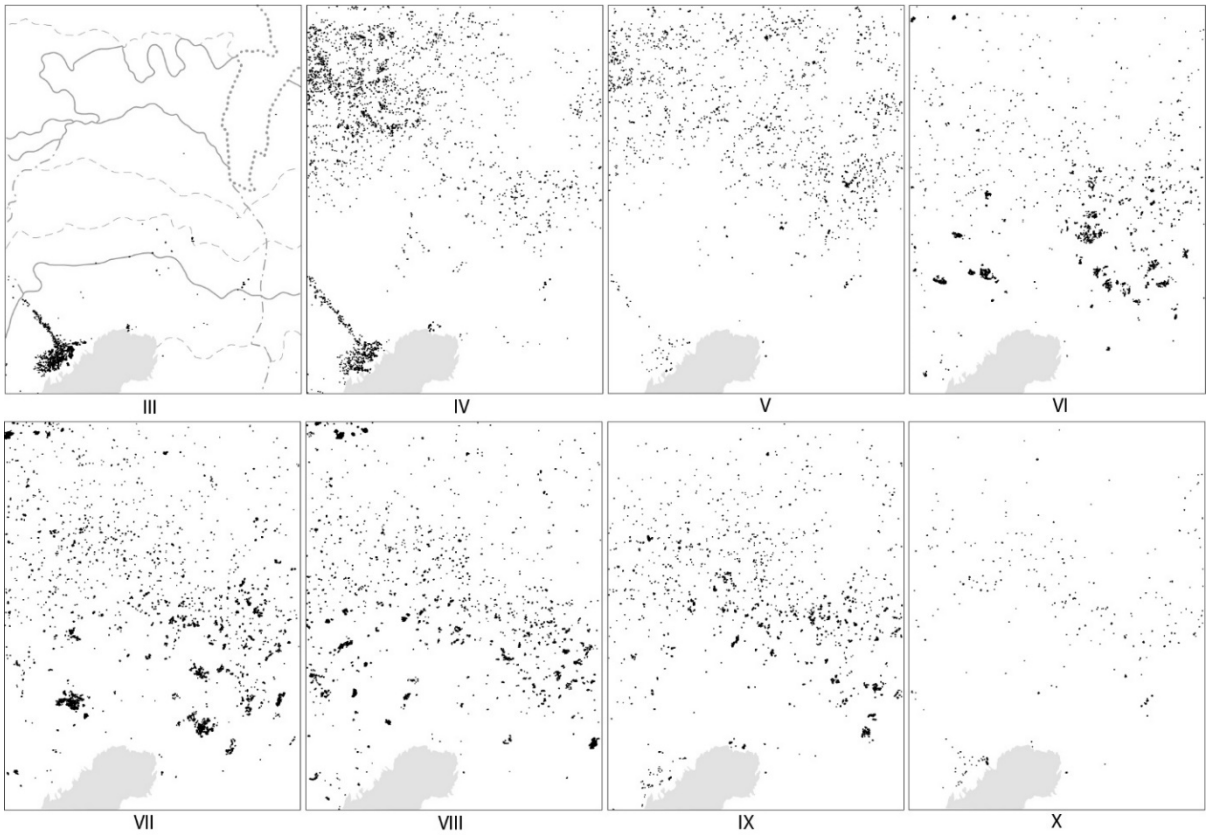


Рисунок 2.18. Распространение пожаров в разрезе календарных месяцев пожароопасного периода (март-октябрь) в 2010 году.

Пирологическая обстановка за рассматриваемый период отличалась неоднородностью, с чередованием серий лет (фаз) с однотипным уровнем и направленностью показателей развития пожаров. Синхронность наблюдаемых смен в различных природных провинциях указывает на сходство условий развития пирологических обстановок. Наиболее значимой предпосылкой активизации пожаров стало сокращение сельскохозяйственного производства в странах бывшего СССР и формирование обширных массивов малоиспользуемых угодий. В то же время в большинстве земледельческих районов сохранилась традиция выжигания пожнивных остатков и других видов использования огня для сельскохозяйственных целей. Все это привело к формированию сложной пирологической обстановки, имеющей негативные экологические последствия.

2.3.2. Метеоклиматические условия и факторы формирования пожароопасных обстановок в Заволжско-Уральском регионе *(Павлейчик В.М., Языкбаев Э.Р.)*

Метеоклиматические условия определяют степень благоприятности возникновения и распространения природных пожаров. Тем не менее, степень реализации пожарных обстановок обусловливается множеством других факторов, связанных с непосредственным наличием источников возгораний и дифференцированным (как в пространстве, так и во времени) пирологическим состоянием растительного покрова.

В этой связи, одной из методологических задач пирогеографии является выявление роли метеорологических факторов в развитии пожаров. Данное направление имеет прикладное значение, являясь важным этапом прогнозирования пожарных обстановок с учетом современных знаний о тенденциях изменения климата. Подходы к такого рода исследованиям могут быть разнообразны, но в целом основаны на сопоставлении метеорологических показателей с показателями горимости отдельных регионов. При этом следует учитывать, что максимально возможная продолжительность таких сопоставлений составляет не более 40-45 лет, так как сведения о пожарах зависят от наличия материалов ДЗЗ – с середины 1980-х гг. (снимки спутников Landsat) и с 2000-2002 гг. (снимки MODIS, спутники Terra и Aqua) по настоящее время. В то же время базы данных метеонаблюдений имеют гораздо большую продолжительность, вплоть до середины XIX-начала XX в.в.

В данном разделе кратко обобщены результаты исследований за 2021-2025 гг., посвященные, главным образом, Заволжско-Уральскому сектору степей, лесостепей и пустынь Северной Евразии, в ходе которых: а) выявлены особенности многолетней динамики основных метеорологических параметров (температура, осадки, гидротермические условия увлажнения), а также тенденции в изменении аномальности температуры и осадков (Pavleichik, 2021); б) на основе сопоставления метеорологических данных по 2010 и 2020 годам выявлены особенности формирования и реализации пожароопасных обстановок в аномально жаркие и засушливые (Павлейчик и др., 2023); в) оценены современные тенденции атмосферного увлажнения за 1960-2020 гг. (Pavleichik, Yazykbaev, 2021); г) на основе данных по метеостанциям (МС) Оренбург, Ершов, Зилаир и Курган выявлены особенности многолетней динамики продолжительности солнечного сияния в качестве показателя установления пожароопасной антициклональной погоды (Языкбаев, Павлейчик, 2021); д) проведен анализ уровня реализации пожароопасной обстановки на основе специализированных индексов.

Анализу каждого из метеорологических показателей предшествовало составление тематических баз числовых данных различного уровня (от срочных 8-кратных суточных до помесячных и годовых) из различных источников с последующим расчетом необходимых показателей. Данные по МС использовались при расчетах как максимально возможной продолжительности, так и применительно к двум последним 30-летним периодам (1961-1990 и 1991-2020 гг.), каждый из которых принимается за норму в метеорологических исследованиях.

Температура воздуха. На основе анализа длительных рядов данных и расчета значений линейных трендов выявлено, что по всем МС наблюдается положительный тренд в динамике температур за 1936-2020 годы. Среднемноголетняя температура воздуха за год на МС за последние 20 лет выросла на 0,3-0,5°С, а за последние 60 лет – на 0,4-1,1°С. На всех без исключения МС наблюдается рост показателей среднемесячных температур весенних месяцев (март, апрель и май), а также некоторых летних и осенних месяцев (август, октябрь и ноябрь). Наибольший рост температур отмечен для зимних и весенних сезонов года от лесостепи до северных пустынь; южнее (средние и южные

пустыни) сезонные трансформации становятся практически однозначными. По направлению с севера на юг наблюдается отчетливо выраженное нарастание трендов летних температур, с 0,13 до 0,28°С/10 лет, а осенние значения в целом однотипны для всех подзон. По нарастанию степени континентальности (с запада на восток, в пределах одной подзоны) не наблюдается отчетливых равномерных закономерностей. Выявлено, что наиболее значимые многолетние трансформации теплового фона отмечаются в начале и в завершении пожароопасного периода (в апреле и в октябре), несколько менее выражены тенденции роста значений температуры также в весенние и осенние месяцы (май и сентябрь). Средние температуры летних месяцев остаются более постоянными и испытывают меньшие межгодовые вариации.

Помимо общей направленности многолетней динамики температуры, выражаемой в виде линейных трендов, важными являются показатели аномальности, определяющие в том числе прогнозируемость благоприятных для развития пожаров условий. Рост погодных аномалий значится в качестве одной из тенденций изменения климата, наблюдаемых в настоящее время и прогнозируемых на ближайшую перспективу (Третий оценочный..., 2022). Многолетняя динамика индекса Токарева по 13 МС региона показана на *рисунке 2.19.*

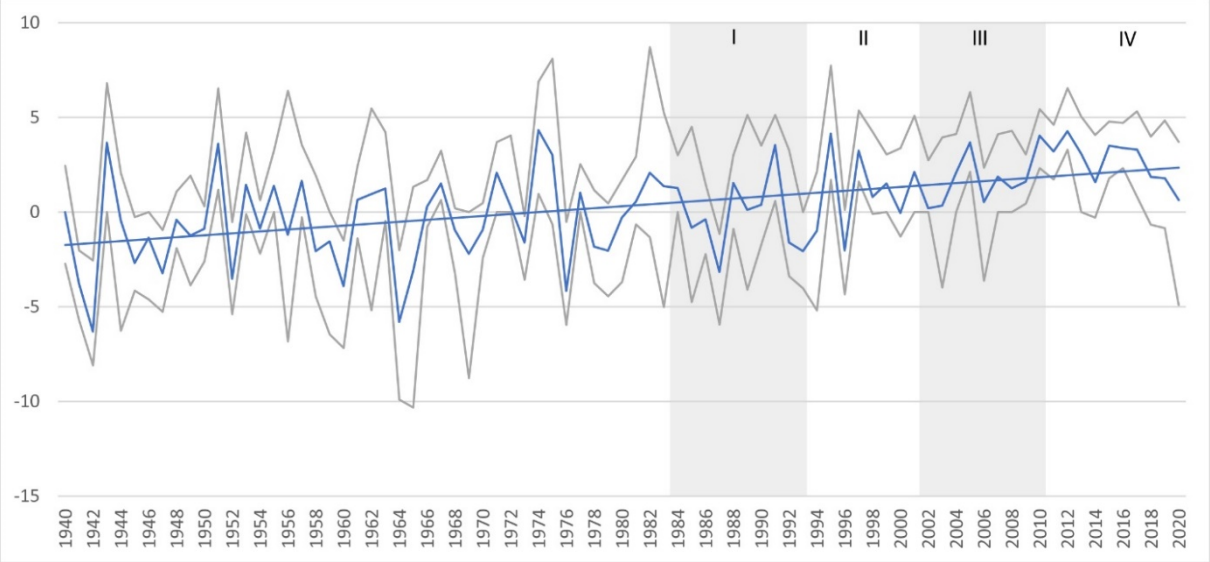


Рисунок 2.19. Динамика аномальности температуры (индекс Токарева) в Заволжско-Уральском регионе за теплый период – средние значения, разброс показателя по МС, линия тренда.
Условные обозначения: I-IV – фазы активности пожаров (см. рисунок 2.17).

Многолетние изменения температурного режима – это фон, на котором формируются определенные пожарные обстановки. В то же время достаточно часто пожары реализуются за относительно короткий промежуток времени (от нескольких дней), характеризующийся повышенными температурами, отсутствием значительных атмосферных осадков и высокой скоростью ветра – так называемые волны тепла. Подобные условия нередко имеют макрорегиональный характер распространения и сопровождаются обширным и повсеместным распространением пожаров. Нарастание показателей волн тепла характерно для последних десятилетий для европейской территории России (Виноградова, 2014). За волну тепла нами приняты дни с максимальной суточной температурой >30°С, расчеты проведены для МС Оренбург. Несмотря на предполагаемую зависимость повышенной пожароопасности от интенсивности развития волн тепла, ни один из анализируемых показателей – сумма дней с температурой >30°С, количество волн тепла за пожароопасный период, средняя

продолжительность волн тепла (дней), абсолютный годовой максимум температуры (°С) – не объясняет причину активизации пожаров в начале 2000-х годов. Лишь значения суммы дней с температурой >30°С с запозданием (с 2007 года) достигают стабильно высоких и постоянных значений с тенденцией сокращения. Замечено, что макрорегиональные волны тепла в отдельные годы и периоды могут как способствовать возникновению и массовому распространению пожаров, так и не оказывать существенного влияния. Данное несоответствие отражает один из аспектов методологической сложности при оценке роли климата и метеоусловий в формировании и реализации пожарных обстановок.

Несомненно, что одним из последствий нарастания температур является перераспределение метеорологических сезонов года (Ширяева, Ширяев, Семенов, 2018). Применительно к рассматриваемому региону выявлено нарастание продолжительности пожароопасных сезонов в среднем за весь период (1961-2020), составляющее около 4-5 дней по метеорологическому лету (по среднесуточным значениям >15°С) и примерно столько же по метеорологической осени (>0°С). При этом фазы высокой активности пожаров соотносятся с началом периода повышенных значений продолжительности метеорологического лета с тенденцией увеличения.

Атмосферные осадки. Распределение осадков также отличается высокой вариабельностью, но в многолетнем ряду не показывает каких-либо отчетливых трендов *(рисунок 2.20),* но это не означает отсутствие изменений.

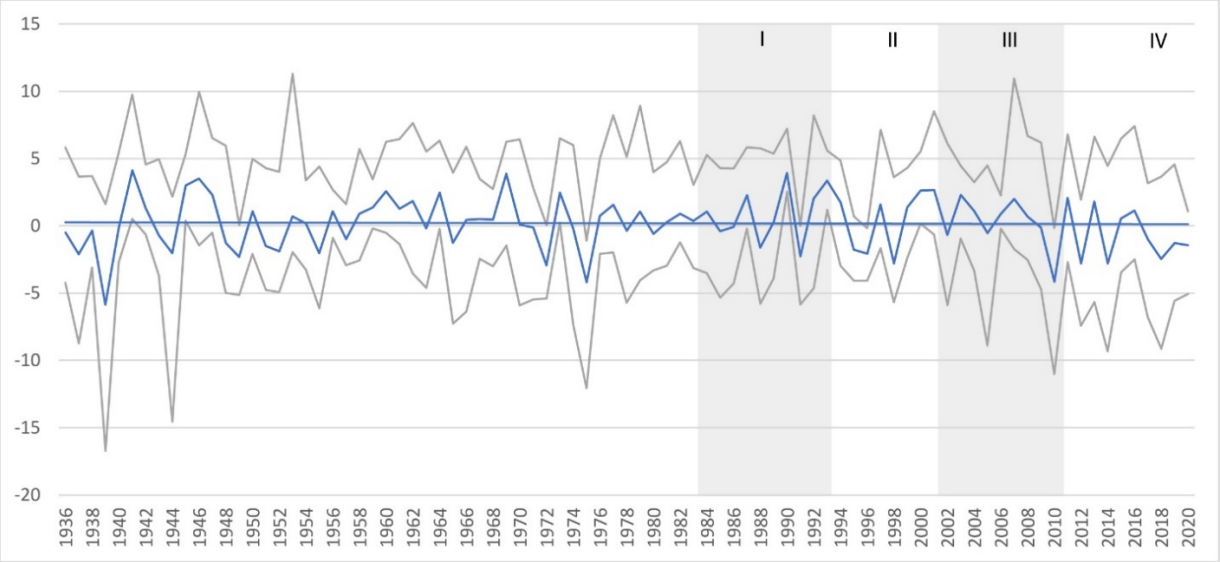


Рисунок 2.20. Динамика аномальности осадков (индекс Токарева) в Заволжско-Уральском регионе за теплый период – средние значения, разброс показателя по МС, линия тренда.
Условные обозначения: I-IV – фазы активности пожаров (см. рисунок 2.17).

Наиболее значимые изменения касаются внутригодового перераспределения количества осадков. В летние и осенние сезоны года наблюдается повсеместное сокращение, в весенний сезон – столь же повсеместный рост. В аспекте долговременных тенденций в формировании пирологической обстановки примечательно выглядит сокращение осадков, приходящихся на большую часть пожароопасного периода.

Таким образом, в последние десятилетия осадки теплого периода повсеместно сокращаются. Но если на западе и в центральной частях региона (Заволжье и Предуралье) эта тенденция наблюдается на протяжении последних 10-12 лет, то восточнее – значительно ранее, с конца 1980-х годов (Домбаровка), середины 1990-х годов (Кувандык) и с 2000 года (Бреды). Фаза повышенного атмосферного увлажнения

выражена не на всех МС, но в целом приходится на период 1990-2010 годы. Как указывают авторы (Виноградова, Титкова, Черенкова, 2015; Золотокрылин, 2019; Золотокрылин, Титкова, Черенкова, 2014), сходные тенденции прослеживаются и в других регионах Евразии.

Гидротермические условия. Для понимания степени метеорологической пожароопасности отдельных лет и сопоставления с рядами данных по степным пожарам было апробировано применение гидротермического коэффициента увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК). Расчет среднемноголетних значений (по рядам данных за период 1947-2020 годы) позволил выявить характерные особенности природных зон и ландшафтных провинций. Значения ГТК в широтно-зональных рядах по Предуралью и Зауралью показывают закономерное и в целом сопоставимое между собой снижение от лесостепи к северным пустыням в сочетании с нарастанием вариативности. Единственным исключением из ряда является значения по МС Атырау, расположенной вблизи Черного моря, тепло- и погодоформирующее функциональное значение которого понижает характерную для пустынной зоны высокую вариабельность значений ГТК. Азональные МС (Зилаир) показывают максимальные значения, но одновременно по ним наблюдается наиболее явная тенденция к сокращению многолетних показателей. Весьма заметно изменение значений ГТК по нарастанию градиента континентальности, что свидетельствует о внутризональной неоднородности по гидротермическим условиям. Так, на протяжении более 1,5 тыс. км между крайними МС (Элиста-Тургай) средние значения ГТК снижаются в 1,8 раза и еще более увеличивается вариабельность значений. Такая степень различий не может не отражаться на составе растительного покрова и на уровне пожарной опасности. Таким образом, гидротермический показатель в полной мере отражает общую картину пространственной дифференциации условий термического режима и увлажнения, обусловленную неоднородностью, связанную со сменой широтно-зональных условий и с нарастанием континентальности.

Динамика значений ГТК показывает на повсеместное ухудшение гидротермических условий, наблюдающееся с начала 1990-х годов *(рисунок 2.21).*

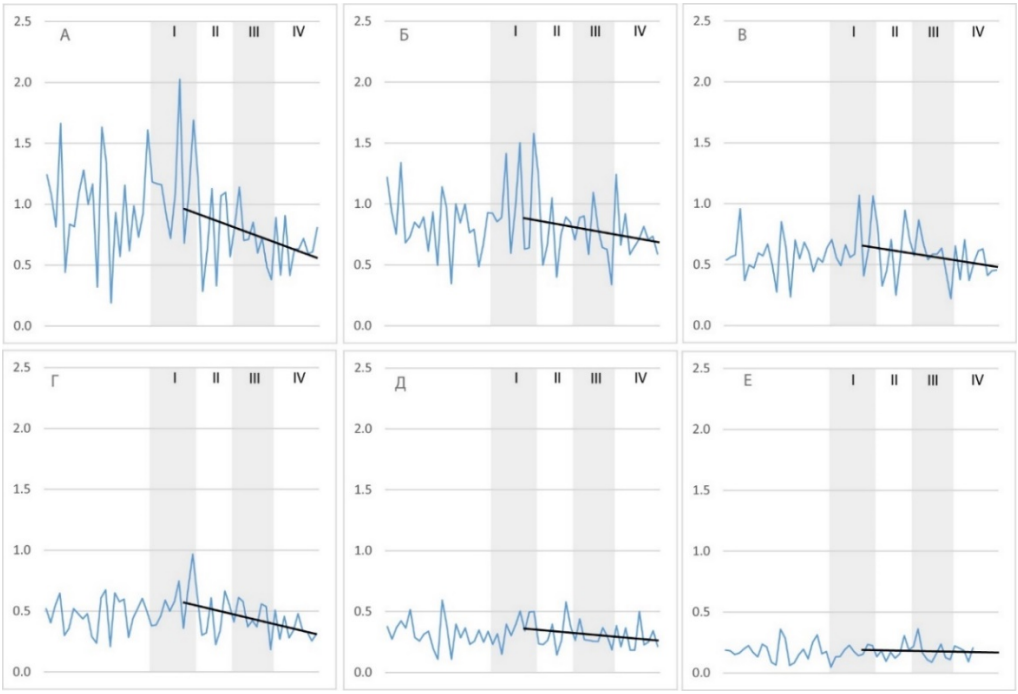


Рисунок 2.21. Динамика ГТК за 1961-2020 гг. Линия тренда за 1991-2020 гг.

Условные обозначения: А – горные леса Урала, Б – лесостепи, В – северные степи, Г – средние степи, Д – южные степи, Е – северные пустыни. I-IV – фазы активности пожаров (см. рисунок 2.15).

Следует учитывать, что гидротермические условия имеют двойственное воздействие на формирование пирологической обстановки – с одной стороны, участвуют в формировании растительного покрова (в том числе определяют особенности структуры сообществ, продуктивность и степень покрытия), с другой – косвенно отражают специфику непосредственно погодных условий.

Инсоляция и давление. Данные по инсоляции служат признаками отсутствия осадков, повышенного температурного режима и засушливости. Следовательно, в многолетнем разрезе показатели инсоляции отражают динамику пожароопасных условий. Уровень инсоляции также во многом определяет гидротермические показатели приповерхностного слоя почвы и растительного покрова, что особенно важно при постпирогенном восстановлении растительного покрова. Данные об инсоляции дополнительно могут быть использованы в качестве критерия оценки достоверности и возможности использования исходных данных (архива термоточек FIRMS и космических изображений). Полученные результаты косвенно свидетельствуют о преобладании в летний период антициклонального характера погодных условий и о наличии тренда на повышение их значимости в многолетнем аспекте *(рисунок 2.22)*.

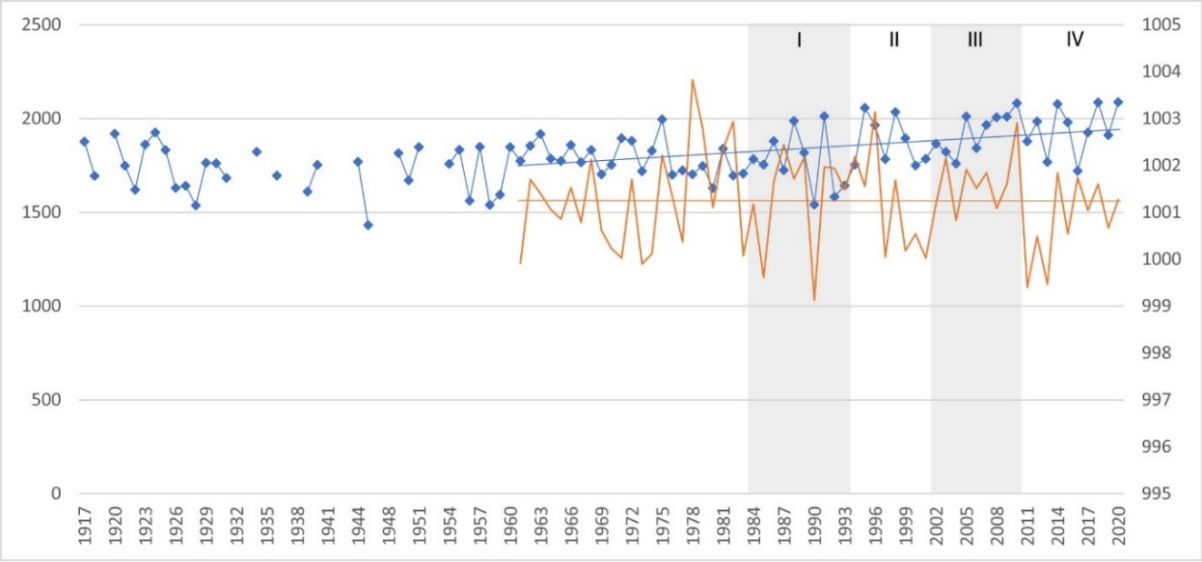


Рисунок 2.22. Динамика показателей суммарной продолжительности солнечного сияния за теплый период (IV-X) (Y1) и средних показателей атмосферного давления (Y2) по МС Оренбург. Линии трендов.
Условные обозначения: I-IV – фазы активности пожаров (см. рисунок 2.17).

Согласно исследованиям (Клещенко, 2018), тенденция на увеличение продолжительности годовой суммы часов солнечного сияния во второй половине XX – начале XXI вв. прослеживается на большей части территории России, особенно стремительное – на юге Европейской территории. В работе (Переведенцев и др., 2016) указывается, что периоды с более высоким температурным фоном во внетропической зоне Северного полушария соответствуют более низкому давлению и наоборот. Говоря о причинах наблюдаемых тенденций, следует обратить внимание на атмосферное давление, которое является достаточно достоверным показателем преобладания циклонального, либо антициклонального типа погоды. Выявление тесноты связей между рядами данных по продолжительности солнечного сияния и давления не дает статистически значимых результатов (коэффициент корреляции обычно не превышает 0,5) ввиду существенных различий в амплитуде колебаний. Вместе с тем, в графическом отображении заметен явный синхронный характер в динамике годовых значений.

Ветер. Ветер является вторичным фактором развития пожаров и в редких случаях используется при оценке уровней пожарной опасности. Вместе с тем, как показывает анализ посуточного распределения пожаров, именно скорость ветра становится определяющей в краткосрочных периодах реализации пожароопасных обстановок. Одновременно этот фактор часто становится причиной причинения социально-экономического ущерба ввиду быстроты распространения огня. Скорость ветра особенно значима для сухих степей и малонаселенных междуречных пространств, где развитие пожаров практически не ограничено естественными и антропогенными рубежами. В таких условиях пожары, как правило, распространяются в течение нескольких дней, охватывая значительные площади. Это позволяет рассчитать примерную зависимость скорости распространения огня от силы ветра по серии ежедневных спутниковых изображений – при средней скорости ветра 2,0-2,5 м/с скорость распространения огня достигает около 0,5 м/с, при 5,0-7,0 м/с – 0,9 м/с. В районах земледельческого освоения пожары обычно распространяются не более суток, в условиях освоенности и фрагментированности степных угодий развитие пожаров лимитируется природными и антропогенными рубежами.

Обобщая результаты, относящиеся к многолетней динамике метеорологических показателей, отметим, что погодно-климатические особенности следует рассматривать в двух аспектах. Первый (наиболее явный) – как фактор благоприятности погодных условий развития пожаров в суточном, либо в многолетнем выражении. Второй аспект определяет межгодовую изменчивость условий для вегетации степной растительности и, следовательно, накопления запасов фитомассы. Выявленные региональные климатические характеристики и их многолетняя динамика свидетельствуют о тенденциях формирования условий, благоприятствующих развитию природных пожаров в степных регионах. Этот факт нельзя игнорировать при оценке и прогнозе пожароопасности.

2.3.3. Особенности реализации пожароопасных обстановок *(Павлейчик В.М., Языкбаев Э.Р.)*

Сезонные и межгодовые особенности реализации пожароопасной обстановки. В качестве оцениваемого параметра нами выбран комплексный показатель пожарной опасности (КППО, или индекс Нестерова). Особенностью его расчета является использование в качестве исходных срочных наблюдений, что в определенной мере лимитирует продолжительность рассматриваемого периода.

$$\text{КППО}n = \sum_{1}^{n} (T - Td) * Td$$

где T – температура воздуха, Td – температура точки росы, n – число дней с осадками.

За факт выпадения осадков принимаются любые значения, начиная с 3 мм за 24 ч, осадки меньше 3 мм не учитываются. На основе индекса Нестерова рассчитываются классы пожарной опасности (КПО).

В результате проведенных расчетов была сформирована база посуточных данных значений КППО с 2005 г. по 2020 г. по МС, в целом отражающих пространственную неоднородность Заволжско-Уральского региона. Для понимания региональных различий и с учетом высокой межгодовой изменчивости была рассчитана посуточная динамика среднемноголетних значений для МС Стерлитамак, Троицк, Зилаир, Оренбург, Уил и Тургай *(рисунок 2.23).*

Естественно, что Заволжско-Уральский регион крайне неоднороден, как в климатическом отношении, так и в аспекте метеорологических условий отдельных лет. В этой связи по 20 МС, расположенным в различных природных зонах, подзонах и географических

областях региона, были рассчитаны посуточные значения комплексного показателя пожарной опасности (КППО) и сопоставлены с данными, отражающими активность развития пожаров в 2010 г. (тепловые аномалии в пределах окружностей диаметром 100 км) *(рисунок 2.24)*. Корреляция значений КППО и числа термоточек не обнаруживает тесной связи – значения коэффициента в среднем за 2005-2020 годы составляют 0,2, варьируя от 0,5-0,6 до отрицательных значений. Сглаживание пиков значений числа термоточек методом скользящего квадрата усиливает зависимость незначительно.

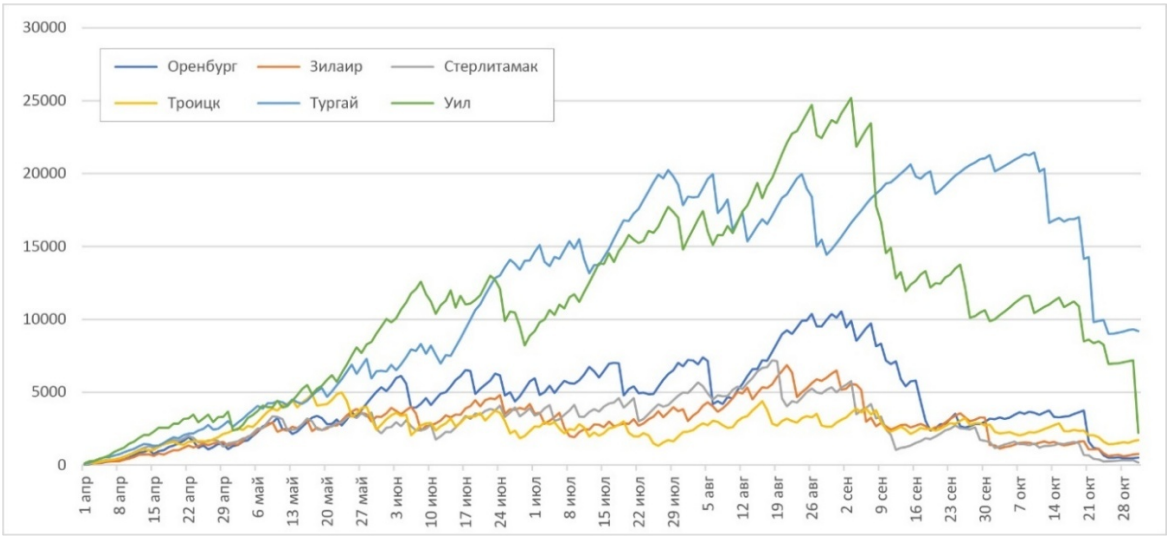


Рисунок 2.23. Посуточное распределение среднемноголетних (2005-2020 гг.) значений КППО.

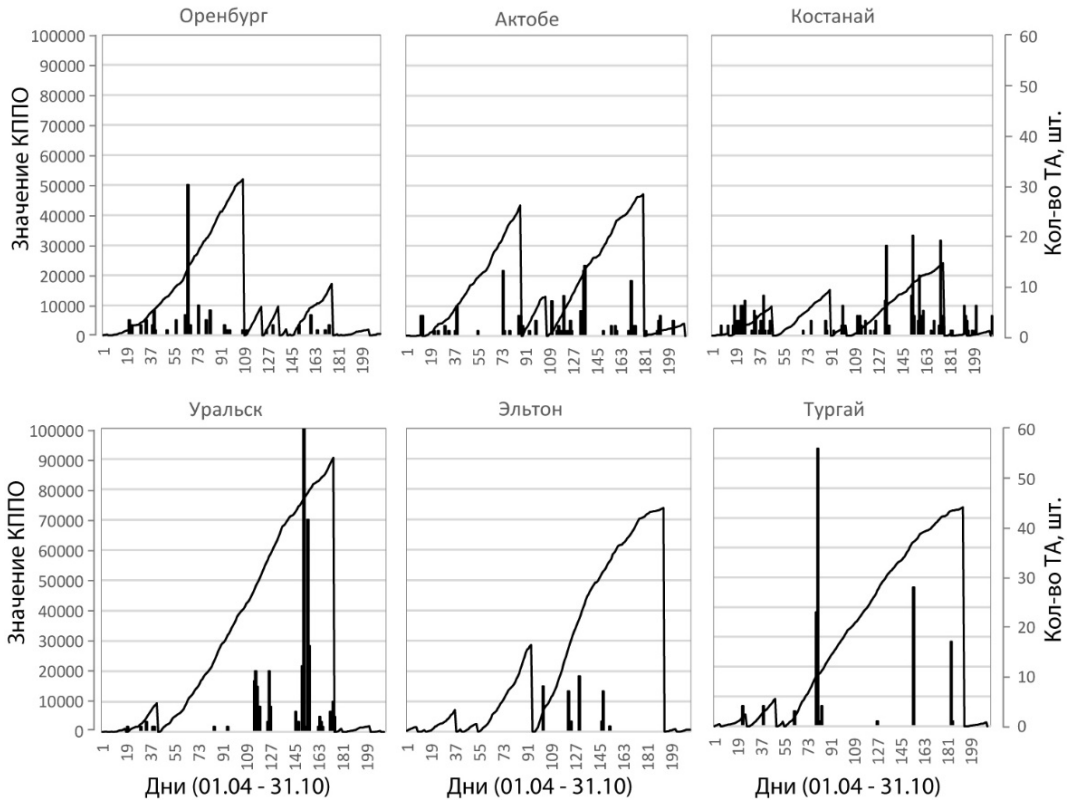


Рисунок 2.24. Посуточное распределение в 2010 году количества тепловых аномалий (Y2, столбчатая диаграмма) и значений индекса КППО (Y1, график) для отдельных МС.

Очевидно, что результаты такого рода сопоставления не могут быть статистически значимы, в первую очередь ввиду случайного характера возникновения природных пожаров. Об отсутствии тесных и однозначных взаимосвязей между метеоклиматическими условиями формирования пожароопасных обстановок и их реализацией в виде пожаров указывается в работах (Archibald et al., 2013; Dubinin et al., 2011).

Следует отметить, что показатели пожарной опасности (включая зарубежные рейтинговые системы) изначально разрабатывались для лесных территорий, в связи с чем в их расчет включены различные вариации поправочных коэффициентов, отражающих влажность надпочвенного покрова и лесной подстилки. В индексе КППО подобные коэффициенты отсутствуют, тем не менее обнуление значений индекса при осадках более 3 мм, на наш взгляд, целесообразно лишь для залесенных территорий. Особенностью травянистых ландшафтов является быстрая инфильтрация атмосферной влаги и ее испарение, поэтому растительный покров (в качестве топлива пожаров) восстанавливает пирологические свойства после дождей за весьма короткий промежуток времени. В отличие от лесных территорий, следует учитывать и вегетационное состояние растительного покрова, пополняющего к середине лета запасы сухой растительной массы. Эти факторы определяют необходимость корректировки (разработки и обоснования) методики применительно к степным условиям.

Большинство лет характеризуется явным несоответствием между погодными условиями и развитием пожаров в весенний период (примерно с 1 апреля по 15 мая), что объясняется воздействием внешних, нехарактерных для других сезонов года, факторов – повсеместная практика сельскохозяйственных палов, осуществляемая по мере схода снега, установления погодных условий, достаточных для доступа на угодья и начала сельхозработ.

Особенности формирования и реализации пожароопасных обстановок в Заволжско-Уральском регионе в аномально жаркие и засушливые годы. Для степных регионов Северной Евразии и сопредельных территорий характерно формирование относительно устойчивой антициклональной погоды на протяжении большей части пожароопасного периода, обычно с мая по август-сентябрь. В этот период преобладает засушливая, часто жаркая и суховейная погода. В принятый для анализа период наиболее активных климатических изменений (1985-2021 гг.) наиболее жаркими и засушливыми в рассматриваемом регионе являлись 1995, 1996, 1998, 2010, 2014 и 2021 годы. Из них 2 года, 2010 и 2021, по многим метеопоказателям являются абсолютно аномальными не только за 1985-2021 годы, но и за всю историю наблюдений. Заметим, что аномальные значения температур и показателей атмосферного увлажнения в эти два года были отмечены, как минимум, для всей северной части Евразийского континента.

Процесс блокирования западного переноса для рассматриваемого региона может отмечаться в любые сезоны года и обычно продолжается несколько дней. В отдельных случаях блок может сохраняться до нескольких недель, что и наблюдалось в июле-августе 2010 года. Центр антициклона располагался над Уралом, а по его западной периферии сухие и максимально прогретые воздушные массы из Средней Азии и Казахстана продвигались на северо-запад. Большая продолжительность светового дня усугубляла процесс дополнительным прогревом воздуха. В итоге на обширных площадях европейской территории России (ЕТР) и сопредельных стран отмечались экстремально высокие температуры в течение двух месяцев, июля и августа. Максимальные значения отклонений среднемесячной температуры в 2010 году были достигнуты на западе рассматриваемой территории (Самара, Саратов, Волгоград). Засуха охватила практически всю территорию степной зоны, дефицит осадков за летний период (май – август) в среднем по территории составил 72 мм. Самые неблагоприятные условия сложились в Предуралье и на Средней Волге, где дефицит осадков превысил 100 мм за четыре месяца. В то же время МС, расположенные в Зауралье и на юге

Западной Сибири (Троицк, Костанай, Тургай) не фиксировали особо значимых отклонений ни по температуре, ни по увлажнению. На МС, занимающих центральное положение (Южное Предуралье, Северный Прикаспий – МС Оренбург, Актобе, Уральск, Тайпак), период аномальной жары в 2010 году начался в июне и завершился в начале сентября, самым жарким стал период конец июля – начало августа, превышения суточных температур были сильными, но не рекордными.

Период повышенных температур в 2021 году начался уже в мае, достигнув максимума в августе на западе Казахстана. В итоге в ряде пунктов лето 2021 года стало жарче, чем в 2010 году (Тайпак, Уральск, Оренбург, Зилаир, Троицк, Костанай). Но западные районы региона в мае и июне получали довольно обильные дожди, в июле осадки прошли почти во всей исследуемой территории, а в августе засуха охватила уже все МС региона. В результате 2021 год стал немногим влажнее 2010 года, а в некоторых районах Южного Урала и Зауралья, напротив, засушливее (Зилаир, Домбаровский, Троицк). Так, для МС Оренбург май 2021 года стал самым жарким в истории инструментальных наблюдений в городе (+21,2°С), а в целом за летний период 2021 года было отмечено 11 волн тепла. Впервые три раза за один год максимальная температура воздуха превышала +40°С, 79 раз максимальные столбики термометров достигали отметки в +30°С и выше, было установлено множество суточных рекордов максимальной температуры. Средняя максимальная температура суток за лето (май – август) составила +31,3°С и +31,5°С соответственно в 2010 и 2021 годах, что также говорит о беспрецедентно неблагоприятных пожароопасных сезонах этих лет *(таблица 2.18).*

Таблица. 2.18.

Основные метеорологические показатели пожароопасных периодов 2010 и 2021 годов по МС Оренбург

Показатель	2010	2021	За период 2001-2021 годы		
			max	min	среднее
Количество дней с Т +30°С и выше	81	79	81 (2010)	26 (2002, 2003)	46,8
Количество волн тепла за летний период	11	10	11 (2010, 2014)	4 (2002)	7,6
Средняя продолжительность одной волны, дней	7,4	7,9	10,8 (2016)	3,7 (2003)	6,3
Абсолютный максимум Т, °С	38,1	40,8	40,8 (2021)	36,3 (2004)	38,5
Сумма максимальных суточных температур, °С	2797,3	2711,5	2797,3 (2010)	857,8 (2002)	1561,0
Значение ГТК	0,17	0,26	0,92 (2003)	0,17 (2010)	0,51
Количество дней с среднесуточной Т ≥ +10°С	153	153	173 (2005, 2012)	137 (2006)	153,4

Площадные показатели развития пожаров на большей части территории были несколько выше (2010) и ниже (2021) среднемноголетних (2001-2021) значений. Интересно, что по данным (Шинкаренко, Барталев, Берденгалиева и др., 2022) 2010 год выделялся (но не был рекордным, которым стал 2012 г.) также и по весенним (март-апрель) тростниковым пожарам в дельте р. Волга. В то же время по зональным ландшафтам Юго-Востока России (Шинкаренко, Дорошенко, Берденгалиева, 2022) пожары 2010 года также находились на уровне ниже среднемноголетнего. Также отметим, что практически единственным свидетельством соответствия неблагоприятных пожароопасных обстановок и их реализации в виде пожаров стало резкое увеличение количества и площади пожаров в 2010 и 2021 годы в горнолесных и

предгорных лесостепных районах Южного Урала. Среднее значение ГТК (МС Зилаир) за 1985-2021 годы составило 0,86, тогда как в отдельные засушливые годы (1995, 1998, 2010, 2012, 2021) не превышало и половины от среднего, от 0,36 до 0,43. Тем не менее, именно в 2021 году отмечалось повсеместное развитие крупных пожаров в лесных массивах Заволжья, Южного Урала и Зауралья, в том числе охраняемых – так, практически полностью выгорел Джабык-Карагайский бор (памятник природы), возникали реальные угрозы для Бузулукского бора (национальный парк) и горно-лесостепного хребта Шайтан-тау (государственный заповедник).

Результаты проведенного исследования показывают, что прямой и отчетливо выраженной взаимосвязи между метеорологическими показателями пожароопасности и собственно развитием пожаров не наблюдается. Во многом это может быть обусловлено тем, что: а) возникновение пожаров имеет в целом случайный характер; б) использование огня в сельскохозяйственных целях до сих пор остается одним из традиционных элементов степного природопользования; в) количество пирогенно-опасных запасов растительной массы в сильной мере зависит от гидротермических условий теплого периода как текущего, так и предшествующего годов; г) не стоит исключать, что в аномально засушливые периоды повышается действенность комплекса противопожарных мероприятий и осознание населением необходимости выполнения требований противопожарной безопасности. Эти и другие факторы способны нивелировать роль метеоусловий в развитии пожаров, даже в экстремальных пожароопасных условиях.

Отсутствие статистически значимых взаимосвязей между рассмотренными показателями является свидетельством того, что погодные условия во многом определяют условия пожароопасности, а вот их реализация (возникновение и распространение пожаров) подчиняется многим другим природным и антропогенным факторам. Опыт предшествующих исследований позволяет сделать вывод о том, что использование в анализе обобщенных данных (в пространственном либо временном выражениях) дает возможность сократить влияние фактора случайности в возникновении пожаров и получить более полное представление о роли климата и погодных условий. В методологическом аспекте обоснованными выглядят мнения о необходимости переоценки значения осадков в расчетах значений КППО. Несмотря на объективную сложность получения достоверных фактических данных и выводов о роли погодно-климатических условий в формировании пирологических обстановок, считаем это направление одним из актуальных. Несомненно, что на фоне наблюдаемых последствий трансформации глобального климата и усиления аномальности регионального климата, пирологическая обстановка также будет претерпевать изменения.

2.3.4. Динамика запасов надземной фитомассы и интенсивность продукционно-деструкционных процессов в степных фитоценозах «Буринской степи» (заповедник «Оренбургский») после пожара *(Дусаева Г.Х., Калмыкова О.Г., Дусаева Н.В.)*

Проблема изучения запасов растительного вещества и продукционно-деструкционного процесса в степных фитоценозах представляет исключительный интерес. Растительное вещество и заключенная в нем энергия являются основной движущей силой большого круговорота в биосфере (Алексеенко, 1967). В настоящее время антропогенный пресс на биосферу значительно увеличился, усилилось воздействие пирогенного фактора на степные фитоценозы. В аридных регионах Российской Федерации отмечается катастрофическое увеличение площади и частоты пожаров в степях (Шинкаренко, 2018; Шинкаренко, Иванов, Берденгалиева, 2021; Шикаренко, Берденгалиева, 2019), которые без всяких сомнений влияют на продукцию

и деструкцию растительного вещества. Запасы надземной фитомассы и ход продукционно-деструкционных процессов являются важными показателями, обеспечивающими возможность оценки влияния природных условий и антропогенных факторов на степные фитоценозы.

В качестве модельной территории для проведения исследования был выбран участок «Буртинская степь» заповедника «Оренбургский». В связи с произошедшим в августе 2014 года пожаром возникла необходимость и возможность оценки влияния пожара на степную растительность заповедника и наблюдения за ее восстановительной динамикой. В ботанико-географическом отношении Буртинская степь расположена в подзоне разнотравно-дерновиннозлаковых степей (Зоны и типы поясности…, 1999*а, б*; Сафронова, Калмыкова, 2012). Почвы участка представлены черноземами южными (обыкновенными), карбонатными, неполноразвитыми (Климентьев и др., 2001). Динамику фитоценозов изучали в 2015-2020 гг. на ключевом участке (мониторинговый участок № 1) *(рисунок 2.25),* на котором выделяли 2 площадки: горевшую (А) и негоревшую (контрольную – Б) *(рисунок 2.26).*

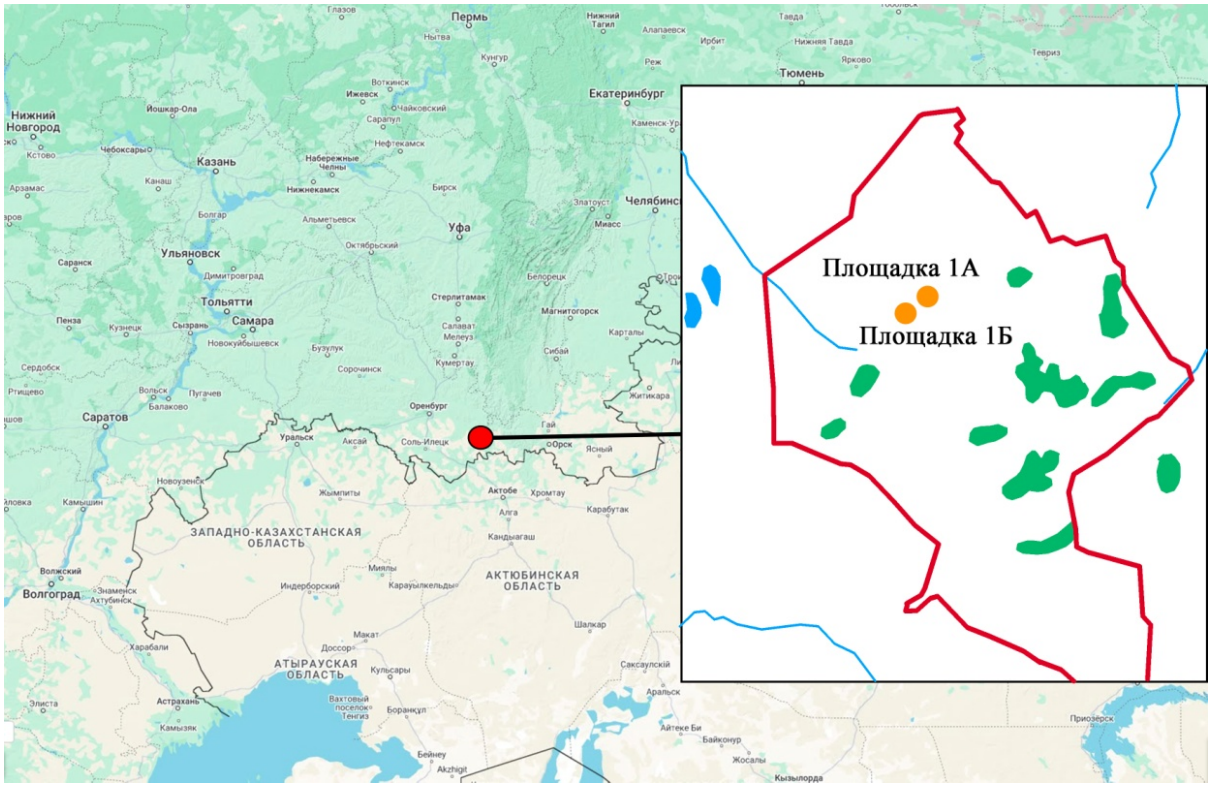


Рисунок 2.25. Расположение ключевого участка.

Условные обозначения: А – местоположение участка «Буртинская степь». Б – Карта-схема расположения мониторингового участка. Красная линия – граница участка «Буртинская степь»

Растительный покров на контрольном участке был представлен разнотравно-типчаково-степномятликово-залесскоковыльным (*Stipa zalesskii, Poa transbaicalica, Festuca valesiaca, Herbae stepposae*) сообществом со *Spiraea crenata, Artemisia austriaca* и *Artemisia marschalliana*. За время наблюдений состав контрольного фитоценоза был стабильным. В горевшем растительном сообществе в разные годы изменялось обилие и проективное покрытие содоминирующих злаков (*Festuca valesiaca, Stipa zalesskii, Poa transbaicalica*), в результате чего роль доминанта выполняли разные виды, наблюдалось увеличение обилия отдельных видов и смена содоминантов из числа разнотравья (*Falcaria vulgaris, Galium ruthenicum, Achillea nobilis, Otites wolgensis*).

Учет надземной фитомассы проводился методом укосных площадей (Базилевич и др., 1978; Родин и др., 1968). Укосы выполнялись на площадках по 0,25 м^2 в 3-кратной повторности ежемесячно с мая по сентябрь. Растения срезались вровень с почвой. Продукционно-деструкционные процессы изучали с помощью методики минимальной оценки интенсивностей образования и разложения растительной органической массы (Базилевич и др., 1978; Титлянова и др., 1988). Запасы растительного вещества обозначали следующими символами: G – зеленая фитомасса, L – подстилка, D – ветошь. Прирост в соответствующих блоках – ΔG, ΔD, ΔL, разложение подстилки – ΔM. Надземная первичная продукция (ANP) равняется сумме ΔG за вегетационный сезон (Титлянова и др., 1988). Статистическая оценка значимости различий выполнялась с помощью U-критерия Манна-Уитни ($\rho<0,05$) в программе Statistica 12.

Запасы живой фитомассы. В 2015 г. различия в запасах общей живой фитомассы между горевшим и контрольным сообществом на ключевом участке были подтверждены статистически. При этом запасы живой фитомассы злаков, разнотравья и полукустарников статистически достоверно не отличались. Различия в значениях общих запасов живой фитомассы достигались за счет кустарничков (*Ephedra distachya* L.), доля которых в горевшем сообществе составляла 11% от всей живой фитомассы, а в контрольном они отсутствовали.

Начиная с 2016 г., статистически значимых различий в общих запасах живой фитомассы на этом участке не наблюдалось. В то же время в 2016 г. они появились в запасах живой фитомассы злаков, которые в контрольном сообществе были больше, чем в горевшем. В данном случае, несмотря на различия в значениях запасов живой фитомассы злаков, сходство в количестве живой фитомассы в целом достигалось за счет разнотравья или полукустарничков, запасы которых в 2016 году в некоторые месяцы на горевшей площадке были выше, чем на контрольной. Таким образом, они компенсировали разницу в запасах злаков в общей живой надземной фитомассе.

Статистически значимых различий запасов надземной фитомассы разнотравья и полукустарничков не было выявлено за весь период исследования.

Запасы мортмассы. Сезонная динамика запасов мортмассы контрольного сообщества характеризовалась выбросами и резкими значительными колебаниями. В горевшем фитоценозе в первые три года (2015-2017 гг.) после пожара она отличалась малой амплитудой среднемесячных значений.

Статистически значимые различия в течение всех лет исследования (2015-2020 гг.) после пожара между запасами надземной мортмассы горевшего и негоревшего сообщества подтверждены непараметрическим *U*-критерием Манна-Уитни (при $\rho<0,05$). Запасы мортмассы контрольных сообществ были больше запасов горевших сообществ весь период исследования. Этим была обусловлена незавершенность процессов восстановления надземной фитомассы в целом.

Запасы ветоши. В первые пять лет (2015-2019 гг.) после пожара при сравнении общих запасов ветоши и запасов ветоши злаков на горевшей и контрольной площадках с помощью U-критерия Манна-Уитни ($\alpha<0,05$) были выявлены статистически значимые различия между горевшими и негоревшими площадками. С 2020 г. статистически значимых различий этих показателей на ключевом участке выявлено не было. Таким образом, к шестому году исследования происходило восстановление запасов ветоши в горевшем фитоценозе. Это расходится с данными А.А. Титляновой, А.Д. Самбуу (2016), по результатам исследований которых в Туве, к шестому году после пожара восстановления этого компонента мортмассы не происходило.

Статистически значимые различия запасов ветоши разнотравья были выявлены только в 2017 году, когда этот показатель был значительно выше на горевшей площадке (за исключением августа). Проективное покрытие (ПП) разнотравья тоже было выше на гари, чем на контроле, причем для двулетников – в два раза.

При сравнении запасов ветоши полукустарничков горевшего и контрольного сообществ участка статистически значимые различия были выявлены только в 2015 и 2018 годах. И в 2015, и в 2018 годах запасы ветоши этой группы в контрольном фитоценозе каждый месяц и в среднем за год были выше, чем в горевшем. Такая ситуация наблюдалась в большинстве случаев и в другие годы, при том, что проективное покрытие и обилие полукустарничков всегда было выше на гари. В 2015 году *Artemisia marschalliana* Spreng. и *A. austriaca* Jacq. снизили обилие и проективное покрытие, причем первая наиболее существенно.

Запасы подстилки. Запасы подстилки горевшего и негоревшего фитоценозов статистически значимо различались в течение всего периода исследования. Это определило различия в общих запасах мортмассы и общей надземной фитомассы, когда все остальные компоненты надземной фитомассы восстановились. В дальнейшем сроки восстановления подстилки в горевшем фитоценозе будут ориентиром окончания восстановительной сукцессии после пожара.

Продукционно-деструкционный процесс. По данным А.А. Титляновой, С.В. Шибаревой (2020), в разнотравно-дерновиннозлаковых степях надземная первичная продукция (ANP) варьирует от 180 до 990 г/м²·год. В наших исследованиях величина ANP в контрольных сообществах изменялась от 136 г/м²·год до 236 г/м²·год, а в горевших – от 64 г/м²·год до 99 г/м²·год. Величина продукции и деструкции всех компонентов надземной фитомассы в контрольном фитоценозе все шесть лет исследования была выше, чем горевшего *(таблица 2.19).*

Таблица 2.19.

Интенсивность продукционно-деструкционного процесса, г/м²·год

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Площадь Параметр	**1Б**	**1Б**	**1Б**	**1Б**	**1Б**	**1Б**
ΔG (ANP)	192	236	161	201	139	136
ΔD	168	235	225	230	192	248
ΔL	134	347	189	218	169	121
ΔM	0	211	141	216	194	117
	1А	**1А**	**1А**	**1А**	**1А**	**1А**
ΔG (ANP)	88	97	98	99	79	64
ΔD	99	172	174	156	131	168
ΔL	69	191	135	125	100	87
ΔM	61	162	65	86	127	58
Средняя температура за вегетационный период	19,1	19,2	18,3	18,7	18	18,8
Сумма осадков за вегетационный период	96,1	120,8	97,5	131,9	88,5	94,9
ГТК за вегетационный период	**0,3**	**0,4**	**0,3**	**0,5**	**0,2**	**0,3**

Наибольшие значения надземной первичной продукции контрольного фитоценоза соответствовали наибольшим значениям ГТК *(рисунок 2.26).* Наименьшие значения этого показателя для обоих сообществ были характерны для 2020 г. Этот год был сухим, и ему предшествовал еще более сухой год. Периоды резкой засухи нарушают нормальный ритм развития и продуцирования растений (Титлянова, Шибарева, 2020). Первичная надземная продукция контрольного сообщества превышала продукцию горевшего в 1,5-2,4 раза на протяжении всего периода исследования. В ее сезонной

динамике было отмечено два пика прироста: в мае-июне и августе-сентябре, что связано со второй генерацией некоторых злаков (*Festuca valesiaca, Poa bulbosa* L.), плодоношением *(Poa transbaicalica, Stipa capillata* L.) и цветением некоторых крупных и обильных видов разнотравья и полукустарничков, например, *Galatella villosa*, *Artemisia austriaca.*

Величина прироста живой надземной фитомассы в разные годы на гари изменяется незначительно по сравнению с контрольным сообществом, независимо от погодных условий. В горевшем сообществе первичная надземная продукция (ΔG) увеличилась на второй год после пожара и оставалась на этом уровне до 2018 г., в этот же период основным доминантом сообщества стал *Stipa zalesskii.* По гидротермическому коэффициенту Селянинова (ГТК) эти годы были очень засушливымии сухими. В самый сухой 2019 г. продукция резко снизиласьи продолжила снижаться на следующий год. С 2019 г. в сообществе стал доминировать *Festuca valesiaca.*

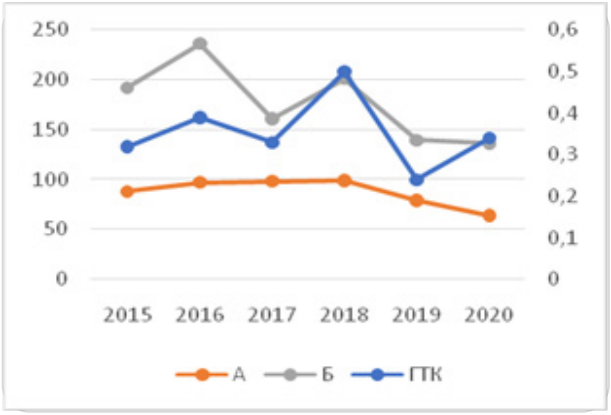


Рисунок 2.26. Динамика надземной первичной продукции горевших (А) и контрольных сообществ (Б) относительно ГТК Селянинова.

В ветоши исследуемых сообществ преобладали злаки. Отмирание побегов злаков идет непрерывно, так как особь состоит из побегов и листьев разной продолжительности жизни. В связи с медленным темпом минерализации сухие побеги остаются в структуре особи на протяжении жизни нескольких последующих поколений (Семенова-Тян-Шанская, 1977). В контрольном фитоценозе прирост ветоши характеризовался низкимизначениями в 2015 г и 2019 г., в остальные годы он оставался на уровне 225-248 г/м^2 год. Минимальные значения прироста ветоши были отмечены в сухие годы исследования, что согласуется с данными А.М. Семеновой-Тян-Шанской (1977) о влиянии погодных и климатических условий на сохранность отмерших органов растений.

В горевшем фитоценозе минимальное значение прироста ветоши было характерно для первого года после пожара. На второй год прирост ветоши увеличился в 1,7 раза и до 2019 г. значительно не изменялся, но в самый сухой год (2019 г.) снизился. Прирост ветоши в контрольном сообществе в течение всего периода исследования был выше, чем в горевшем, в 1,3-1,7 раза.

Прирост подстилки (ΔL) в контрольном сообществе увеличился с 2015 г. по 2016 г. более чем в 2,5 раза и достиг максимального значения – 347 г/м^2 год. Следующим пиком увеличения прироста подстилки стал самый влажный год в период исследования – 2018 г. После череды сухих лет ΔL снизился до минимальных 121 г/м^2·год. Для горевшего фитоценоза значение ΔL было минимальным в первый год после пожара. На второй год прирост подстилки увеличился в 2,8 раза и стал максимальным за весь период исследования. С 2016 г. по 2020 г. прирост подстилки снижался. Прирост

подстилки в контрольном сообществе в течение всего периода исследования был выше, чем в горевшем, в 1,4-1,9 раза.

Скорость разложения мертвого растительного вещества на поверхности почвы зависит от условий увлажнения (Титлянова и др., 1988; Семенова-Тян-Шанская, 1977). При благоприятных соотношениях тепла и влаги этот процесс протекает очень интенсивно (Семенова-Тян-Шанская, 1977). Минимальная минерализация (ΔМ) в контрольном сообществе была отмечена в засушливом 2015 г. По условиям методики минимальной оценки интенсивности процессов образования и разложения растительной органической массы минерализация принята за ноль (Базилевич и др., 1978). В действительности данный параметр был гораздо больше. Минерализация в контрольном фитоценозе достигала максимума в самые влажные годы исследования (2016 г. и 2018 г.). В самый сухой (2019) год исследования она незначительно снизилась и продолжала уменьшаться в 2020 г.

В горевшем сообществе максимальная интенсивность минерализации была отмечена во второй год после пожара. Второй пик величины этого показателя пришелся на самый сухой 2019 г. Следует отметить, что ему предшествовал наиболее влажный год, который, возможно, сглаживал суровые условия 2019 г. Интенсивность минерализации надземной фитомассы в контрольном сообществе была выше, чем в горевшем, в 1,3-2,5 раза на протяжении всего периода исследования.

Таким образом, в ходе проведенных исследований было установлено, что на ключевом участке общие запасы живой надземной фитомассы восстанавливаются на второй год после пожара, запасы живой фитомассы злаков – на третий год. Статистически значимых различий запасов живой надземной фитомассы разнотравья и полукустарничков не было выявлено за весь период исследования. Выявлено, что в ряде случаев эти группы растений выполняют компенсаторную функцию, увеличивая общие запасы надземной фитомассы сообщества при снижении запасов надземной фитомассы злаков.

Запасы надземной мортмассы в целом и подстилки за шесть лет исследований после пожара не восстановились. Восстановление общих запасов ветоши, основу которой составляла ветошь злаков, началось с 2020 г. (с шестого года исследования). Запасы ветоши разнотравья значимо не различались с 2018 г., а полукустарничков – с 2019 года.

Изучение многолетней динамики продукционно-деструкционных процессов на постоянном мониторинговом участке в «Буртинской степи» позволило выявить ряд отличий в ходе накопления и разложения надземной фитомассы после пожара. Прирост всех компонентов надземной фитомассы (живой фитомассы, ветоши и подстилки), как и минерализация, все годы исследования были выше на негоревшей площадке по сравнению с горевшей. После пожара в отдельные годы в горевшем фитоценозе отличалось направление динамики прироста и убыли отдельных компонентов фитомассы по сравнению с контролем. Так, на третий год после пожара прирост живой надземной фитомассы и ветоши на горевшей площадке продолжал увеличиваться, в то время как на негоревшей он снизился. На четвертый год – противоположно изменялся прирост ветоши и подстилки: на гари уменьшился, а на контроле увеличился по сравнению с предыдущим годом. На пятый год исследования разнонаправленно изменялась деструкция надземной фитомассы: минерализация усилилась в горевшем фитоценозе и снизилась в негоревшем.

Пики максимума прироста почти всех компонентов и разложения подстилки отличались по годам после воздействия пожара и на контроле, а пики минимума прироста – совпадали. Только в накоплении подстилки наблюдалось обратное: максимум накопления в горевшем и негоревшем сообществах характерен для одного и того же года (2016 г.), а минимум – для разных (2015 г. и 2020 г. соответственно). В горевшем сообществе в период исследования изменялись доминанты и содоминанты, а в контрольном сообществе их состав и роль в фитоценозе оставались стабильными.

2.4. ЛАНДШАФТНОЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ КАК ИНДИКАТОРЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

2.4.1. Посткриогенные образования в рельефе степной зоны Заволжско-Уральского региона *(Рябуха А.Г., Поляков Д.Г.)*

Геологические, геоморфологические образования, остатки растений и животных, служащие доказательством существования в геологическом прошлом многолетнемерзлых пород и связанных с ними криогенных процессов, называют палеокриоиндикаторами (Геокриологические условия…, 1974). Палеокриоиндикаторы играют важную роль при реконструкции ландшафтно-климатических условий прошлого, а также для составления долгосрочного географического прогноза. Различают несколько типов индикаторов древних мерзлотных процессов: геоморфологические – реликтовые формы криогенного рельефа; геологические – криогенные нарушения первичного строения отложений и биологические – остатки растений и животных.

На территории Заволжско-Уральского региона наиболее многочисленны геоморфологические индикаторы палеомерзлоты, повсеместно распространенные на водоразделах, пологих склонах, речных террасах и хорошо дешифрируемые на космических снимках (Величко, 1973; Рябуха, 2019). Они характеризуются разнообразными формами и их хорошей сохранностью. Микрорельеф чаще всего представлен полигональными и западинными образованиями различного размера (от нескольких до сотен метров), которые приурочены к разным геоморфологическим уровням, составу поверхностных отложений, степени увлажненности территории.

Возникновение комплекса палеоформ рельефа было обусловлено существованием в прошлом обширной криолитозоны тундро-степей, где основными рельефообразующими процессами были морозобойные растрескивания с образованием полигональной решетки и заполнением трещин водой (льдом) или грунтом (Романовский, 1977). В периоды потеплений активизировались термоденудационные и термокарстовые процессы, формировались остаточно полигональный и термокарстовые формы микрорельефа (Бердников, 1976; Величко, 1965).

Анализ космических снимков и полевые исследования доказывают, что реликтовый криогенный микрорельеф встречается на поверхностях всех геоморфологических уровней Заволжско-Уральского региона (Рябуха и др., 2022; Kovda et al., 2021).

Для эрозионно-денудационных равнин Бугульминско-Белебеевской возвышенности, Общего Сырта, Подуральского и Урало-Тобольского плато, перекрытых плащеобразно залегающими дисперсными осадками мощностью до 45 м и состоящих из широких плосковыпуклых увалов, характерно повсеместное распространение *полигонально-блочного микрорельефа.* Выровненные водораздельные поверхности и платообразные вершины увалов покрыты сетью округлых полигонов, которые хорошо дешифрируются на космоснимках по рисунку на распаханных полях *(рисунок 2.27, а)*. Полигоны имеют светлую окраску, ложбины характеризуются более темными оттенками за счет неоднородности увлажнения почв и растительности. Размер полигонов изменяется в широких пределах – от 20 до 80 м в поперечнике, однако наиболее часто встречаются полигоны размером ~35-45 м. На местности микрорельеф представлен пологими изометрическими микроповышениями относительной высотой 0,2-0,3 м и разделяющей их регулярной сетью плоских ложбинообразных понижений шириной от 3 до 10 м. В районах распространения полигонально-блочного микрорельефа на склонах развита овражно-балочная сеть, заложенная и разработанная эрозионными процессами по понижениям микрорельефа *(рисунок 2.27, б)*. В верхней части склонов возвышенностей полигоны объединяются в более крупные (до 80-120 м) удлиненные формы, направленные вниз по склону.

На склонах правильная полигональная решетка трансформируется в *продольно-полосный (эрозионно-термокарстовый, веерная бороздчатость, делли) микрорельеф,* представляющий собой регулярную серию пологих ложбин *(рисунок 2.27, в)*. Продольно-полосный микрорельеф хорошо читается на вспаханных полях в виде темных полос, которые расположены параллельно друг другу и ориентированы вдоль склонов крутизной от 2° до 5°, сложенных лёссами и лёссовидными суглинками. Длина субпараллельных ложбин достигает 2-3 км, а ширина их днищ – первых десятков метров. Расстояние между соседними ложбинами коррелирует с размерами решетки полигонально-блочного микрорельефа водоразделов и составляет от 60 до 80 м, в нижней части склонов может увеличиваться до 100-120 м. Поперечный профиль ложбин пологовогнутый, они прямолинейны или слабоизогнуты. На выпуклых склонах ложбины веерообразно расходятся, образуя «веерную бороздчатость» по А.А. Величко (Величко, 1965). Продольно-полосный микрорельеф широко распространен на склонах Общего Сырта и Бугульминско-Белебеевской возвышенности, где линейные формы покрывают практически все склоны увалов и междуречий. Существует множество переходных палеокриогенных форм микрорельефа на водоразделах и склонах.

На плоских низменных аккумулятивных озерно-аллювиальных и аллювиальных равнинах региона, перекрытых полигенетическими суглинками и супесями, распространен *блочный и блочно-западинный микрорельеф*. Блокам свойственен менее правильный рисунок, они имеют неодинаковые размеры, нечеткие границы *(рисунок 2.27, г)*. На космоснимках хорошо видны светлые центральные части блоков и межблочные понижения темного цвета. Размеры блоков составляют от 20-30 м до 200-250 м, ложбины хорошо разработаны эрозионными процессами. Ширина межблочий обычно более 10 м и может достигать 40-50 м. Характерными элементами микрорельефа являются округлые или овальные западины, приуроченные к пересечениям полигональных трещин и выраженные на космоснимках в виде темных пятен, диаметром от 10-15 м до 50-80 м. Внутри крупных блоков фиксируется более мелкая полигональная сеть с размером решетки 15-20 м, которая на космических снимках выделяется за счет светлых центральных частей полигонов.

Для участков эрозионно-денудационных равнин, сложенных песчаными породами или опесчаненными суглинками (плоские водоразделы по левобережью р. Самары и ее правых притоков в пределах Общего Сырта), характерен *слитно-полигональный и редуцированный рельеф*. Слитнополигональные и редуцированные формы на космических снимках имеют нечеткую выраженность, смазанность конфигураций и преимущественно неправильную овальную форму размером от 50 до 150 м в поперечнике. Полигональные системы здесь сильно трансформированы, и блоки теряют свои полигональные очертания. На местности слитно-полигональный и редуцированный микрорельеф не выражен.

К плоским междуречным пространствам и высоким надпойменным террасам рек, сложенным с поверхности лёссами и лёссовидными суглинками, приурочен *западинный микрорельеф.* Он представлен округлыми, овальными продолговатыми или лопастными плоскодонными западинами, расположенными изолированно друг от друга или группами, образуя определенные системы *(рисунок 2.27, д, е)*. Особенно хорошо западинные формы выражены на практически горизонтально-ровных поверхностях. Западины не связаны с современной или древней речной сетью и находятся в окружении полигонально-блочного, блочного и блочно-западинного микрорельефа. Часто днища котловин разбиты сетью полигонов, с размером решетки в среднем ~30 м.

В зависимости от размера западины региона подразделяются на два подтипа: небольшие западины, имеющие диаметр от нескольких до 20-50 м, глубину до 1 м, расположенные обычно упорядоченно – по полигональной сети *(мелкозападинный),* и крупные западины (*палеоаласы*) диаметром от 50 м до 1-5 км, глубиной до 2-4 м. Самые крупные озера в Зауралье – Шалкар-Ега-Кара (S=96,0 км^2), Айке (S=65,0 км^2), Жетыколь

(S=40,0 км^2); в Предуралье – озеро Курколь (S=6,5 км^2), на Общем Сырте – Новопокровское болото (S=1,4 км^2).

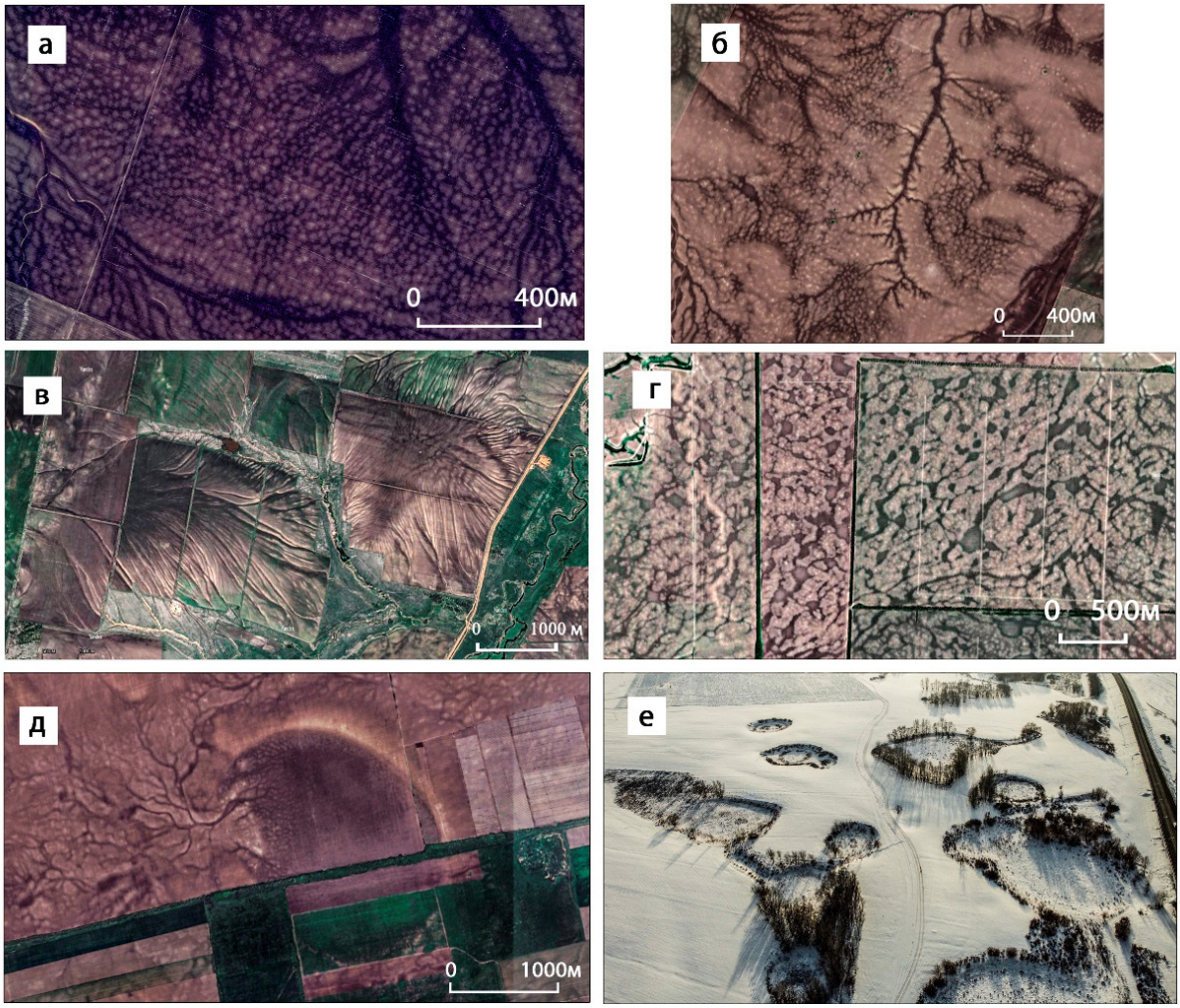


Рисунок 2.27. Реликтовый криогенный микрорельеф
Заволжско-Уральского региона.

Условные обозначения: а) полигонально-блочный микрорельеф; б) овражно-балочная сеть, заложенная при вытаивании полигонально-жильных льдов; в) продольно-полосный микрорельеф; г) блочный и блочно-западинный микрорельеф; д) палеоалас с полигональной решеткой на дне озерной котловины в окружении полигонально-блочного микрорельефа; е) западинный микрорельеф.

Бугристо-западинный микрорельеф представлен чередованием небольших бугров (гряд) и западин округлой или овальной формы, имеющих полигональный рисунок в плане, размеры которых различны и определяются мощностью и составом отложений. Диаметр бугров и западин составляет 5 – 20-30 м, превышение бугров над западинами – от 0,5 до 1,5 м. Бугристо-западинный микрорельеф приурочен, в основном, к первым и вторым надпойменным террасам рек, к нижним частям склонов и к днищам долин.

Бугристо-западинный микрорельеф в Заволжско-Уральском регионе представлен несколькими подтипами в зависимости от литологического состава пород, на которых он получил развитие: бугристо-западинный микрорельеф, развитый на гипсоносных гажевых отложениях (гаже); бугристо-западинный микрорельеф на морских глинах батского яруса юрской системы; бугристо-западинный микрорельеф на песчаных отложениях речных террас.

В пределах Общего Сырта в бассейне р. Салмыш встречается бугристо-западинный микрорельеф, развитый на гипсоносных гажевых отложениях (гаже), представляющих собой рассыпчатую, мучнистую светло-серую массу, содержащую до 70% мучнистого гипса, мощность до 3,5 м (*рисунок 2.28, а, б*). Гажевые отложения также являются продуктом перигляциальных эпох, сформировавшихся в неоплейстоцене в слабопроточных озеровидных водоемах, в результате осаждения гипса из концентрированных растворов. Источником гипса послужили широко распространенные на водоразделах гипсоносные породы пермского возраста. Накоплению сульфатов на поверхности способствовала многолетняя мерзлота, активно участвующая в физическом разрушении коренных пород (гипса) и являющаяся водоупором, препятствующим просачиванию воды с растворенными в ней солями в нижележащие породы.

Микрорельеф представлен округлыми западинами конусовидной формы диаметром от нескольких до 25 метров и глубиной от 0,5 до 1,5 м, расположенными между ними пологими микроповышениями диаметром до 20-30 м и слабо выраженными, линейно вытянутыми, узкими ложбинообразными понижениями, ограничивающими склоны микроповышений и соединяющими западины. Дно западин осложнено воронкообразными углублениями размером 0,3×0,4 м и глубиной до 0,15 м. Микроповышения часто осложнены полигонально-бугристым микрорельефом, состоящим из серии изометричных бугров размером от 2,5 до 3,5 м в поперечнике и высотой – от 0,3 до 0,4 м, разделенных вытянутыми понижениями. Микрорельеф приурочен к участкам резкого расширения долины рек и образует обширные поля площадью до нескольких квадратных километров.

На морских глинах батского яруса юрской системы, представленных черными сланцевыми глинами с прослоями аргиллитов, перекрытых метровой пачкой об лёссованных глин четвертичного возраста, встречен бугристо-западинный микрорельеф, состоящий из хорошо выраженных в рельефе бугров и вытянутых гряд (микроповышений), разделенных широкими ложбинообразными микропонижениями. Микрорельеф организован в сеть, в узлах которой развиты конусообразные западины *(рисунок 2.28, в-д)*, и приурочен к пологим склонам. Форма и размеры микроповышений различны: округлые – диаметром 6-15 м; вытянутые слабоизогнутые длиной 10-25 м и шириной около 5-8 м; сильно вытянутые червеобразно изогнутые длиной 20-40 м и шириной 7-9 м, лопастные с несколькими вершинами. Микропонижения имеют вытянутую изгибающуюся форму шириной 5-7 м с серией округлых западин в виде четок диаметром 3-5 м. Превышение микрорельефа составляет до 1-1,5 м. Вершины микроповышений в виде микрогребней с бугорчатым микрорельефом, образованным бутанами сусликовин.

На Общем Сырте в долине р. Татарка (бассейн р. Иртек) встречены три разобщенных ареала такого микрорельефа. Самый крупный участок (52°1'25.69"С; 52°41'55.47"В) имеет площадь 0,15 км^2 и приурочен к пологим склонам верховья балки, окружая ее амфитеатром.

На речных террасах, сложенных с поверхности песчаными и супесчаными отложениями, также развит *бугристо-западинный микрорельеф,* но представленный округлыми буграми и вытянутыми грядами длиной от 30 до 100 м, шириной 20-40 м, сочетающимися с котловинами и ложбинами, часто замкнутыми или полузамкнутыми, диаметром от 20 до 40-50 м и глубиной от 0,5 до 0,8 м *(рисунок 2.28, е)*. Сочетание бугров с разделяющими их узкими извилистыми ложбинами и пологими котловинами придает рельефу ячеистый характер. Характерен для боровых надпойменных террас рек Самары, Большого и Малого Урана, Тока, Бузулука, Боровки, Урала, Илека, Малой Хобды, Иртека, Киндели, Карабутака, Ори, Большого Кумака и др., а также Орской и Урало-Тобольской равнин, с поверхности сложенных песчаными и супесчаными отложениями.

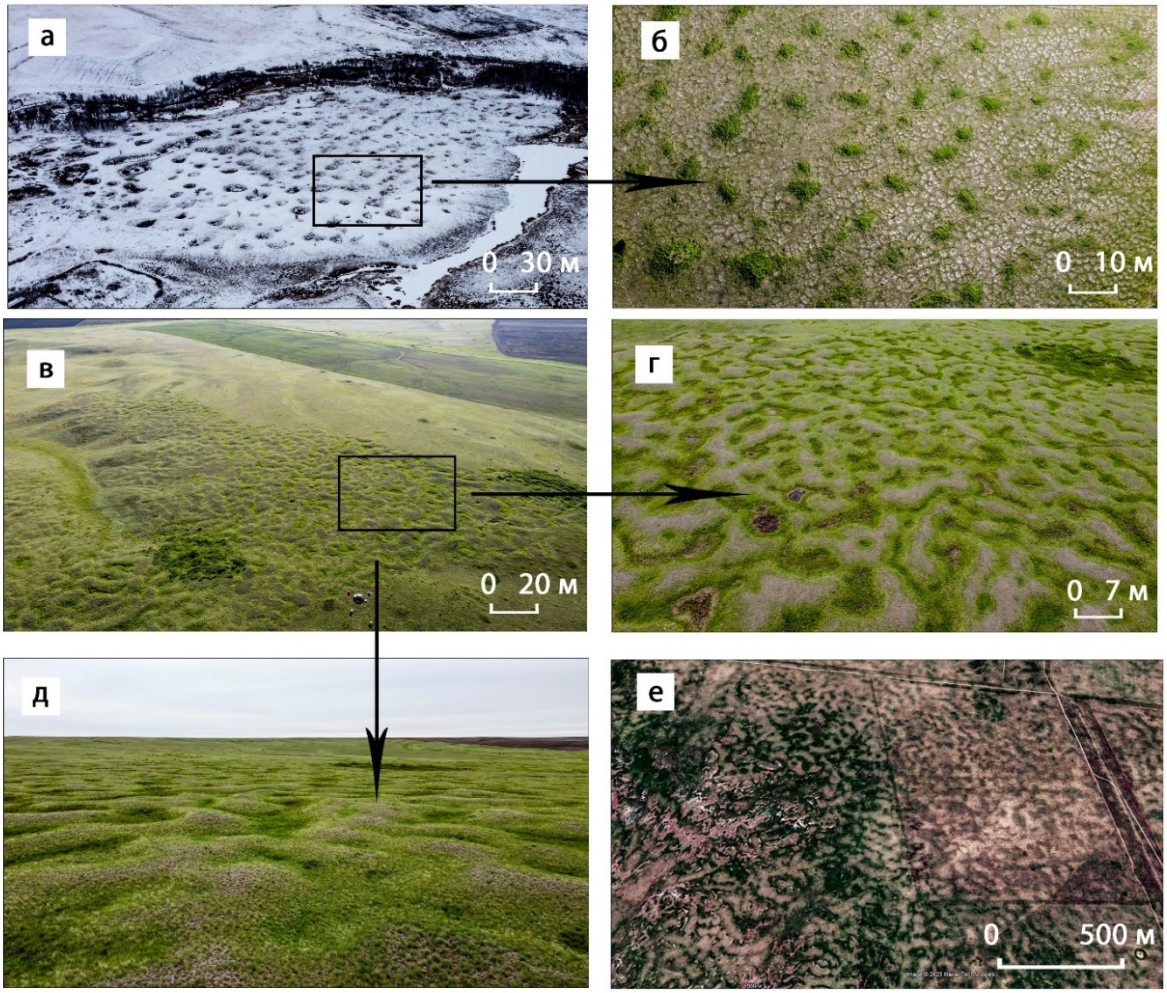


Рисунок 2.28. Бугристо-западинный микрорельеф.

Условные обозначения: (а, б) – на гипсоносных гажевых отложениях (гаже); (в-д) – на морских глинах батского яруса юрской системы, перекрытых об лёссованными глинами и суглинками; (е) – на песчаных отложениях речных террас.

Характерным элементом микрорельефа степных ландшафтов является специфический *полигонально-бугристый микрорельеф,* состоящий из серии изометрических микроповышений, имеющих форму выпуклых многоугольников, разделенных вытянутыми ложбинообразными понижениями, которые формируют в рельефе строго упорядоченные полигональные системы.

Данный микрорельеф распространен на породах различного литологического состава и, в зависимости от этого, имеет свои региональные названия. Выделяем следующие подтипы полигонально-бугристого микрорельефа: на участках, сложенных верхнемеловыми породами, микрорельеф представлен «меловыми полигонами», на участках, сложенных дисперсными породами – «туфурами»; на зауральских пестроцветных корах выветривания – «миграционными буграми пучения»; на участках, сложенных морскими глинами верхней юры и нижнего мела, – *буграми-«могильниками»*.

На верхнемеловых отложениях маастрихтского яруса (Cr_2m), представленных с поверхности белым писчим мелом и мелоподобными мергелями, распространены «*меловые полигоны*» *(рисунок 2.29, а-г)*. Микрорельеф представлен выпуклыми полигонами высотой 0,3-0,5 м и разделяющими их ложбинообразными понижениями. Диаметр полигонов изменяется от 3,5 м до 7,2 м и в среднем составляет 5,0 м. Повышения имеют асимметричный профиль с более крутыми и короткими северными склонами и длинными пологими южными. Понижения глубиной 0,1-0,15 м и шириной 0,6-0,8 м в

местах пересечения расширяются до 1,0-1,2 м. В центре меловых полигонов незадернованные пятна меловой «муки» диаметром от 0,5 до 4 метров возвышаются над поверхностью на 0,1-0,15 м. Тонкодисперсный меловой материал насыщен щебнем и фрагментами белемнитов. Меловые пятна разделены на сегменты тонкими трещинами, занятыми растительностью, под прямым углом или трехлопастными трещинами более мелкой генерации. На плоской поверхности пятен, сложенных меловой мукой, встречаются мелкие бугорки высотой до 0,05-0,1 м.

Поля меловых полигонов формируют локальные участки площадью от 5 до 30 га и приурочены к слабонаклонным (2-3°) склонам речных долин южной и юго-западной экспозиции, где денудационными процессами близко к поверхности выведены меловые породы, а процессы физического выветривания измельчили породу до размерности глинистых частиц. На одном участке можно насчитать в среднем около 300-350 меловых полигонов. Поля меловых полигонов широко распространены на юго-востоке Восточно-Европейской равнины в пределах Подуральского плато (в бассейнах рек Утвы, Илека, Большой и Малой Хобды, Есенанкаты, Оленты, Булдурты, Калдыгайты, Жаксыбая, Киила, Уила) и Общего Сырта (в бассейнах рек Чагана, Деркула, Большого Камышлака, Бузулука, Чижи 1-ой, Чижи 2-ой).

На участках, приуроченных к берегам озер, низким речным террасам, в днищах долин, падей и котловин, впервые в степной зоне описаны «*туфуры*», представленные серией невысоких заросших бугров или валообразными грядами, разделенных понижениями шириной от 0,3 до 0,6 м *(рисунок 2.29, в, г)*. Размер бугров составляет в поперечнике от 1,5 до 3,0 м, высота – от 0,2 до 0,4 м. Форма бугров прямоугольная, округлая или куполообразная, с крутыми склонами и уплощенной вершиной. На склонах бугры трансформируются в параллельные друг другу заросшие валообразные гряды высотой около 0,2-0,3 м и длиной до 30 м. Микрорельеф имеет строго упорядоченное расположение и образует полигонально-сетчатый или полосчатый рисунок на пологих склонах, который хорошо читается на космических снимках. Выделено около 200 туфуровых полей в долинах рек Тузлукколь, Тарабутак, Илек, Большой Кумак, Салмыш, Шестимир, Мельник, Кызала, Башкирка, Неть, Губерля и др. Наиболее крупный ареал туфуров находится в Зауралье в долине реки Баузда (приток р. Большой Кумак).

В пределах Общего Сырта и Подуральского плато на территории близкого залегания от поверхности морских глин верхней юры и нижнего мела распространен микрорельеф, имеющий региональное название *бугры-«могильники»* (Мусихин, 1996), представленный округлыми (щитовидными) пологосклонными заросшими буграми, высотой 0,2-0,4 м, диаметром 2-6 м, образующими упорядоченные ячеисто-полигональные системы *(рисунок 2.29, д, е)*. Расстояние между центрами соседних бугров составляет 5-9 м, со средним значением 7 м. На пологих склонах бугры трансформируются в вытянутые гряды. Микрорельеф приурочен к эрозионным депрессиям, на склонах и водораздельных поверхностях, которые лишены покровных лёссовидных суглинков и хорошо дешифрируются на космических снимках за счет темной окраски обнажающихся глинистых отложений.

На зауральских пестроцветных корах выветривания распространены «*миграционные бугры пучения*», представленные изометричными незадернованными буграми с пологими склонами, плоскими вершинами и чашеобразными углублениями в центре. Их размеры составляют от 2 до 8 м, высота 0,3-0,6 м *(рисунок 2.30, а-г)*. Расстояние между центрами соседних бугров составляет от 5 до 10 м. Бугры разделены ложбинами шириной ~0,5-1,0 м, заросшими растительностью. В центральной части ложбин между буграми находятся узкие воронкообразные трещины шириной 0,05-0,1 м и глубиной 0,1-0,2 м. В плане ложбинообразные понижения образуют сеть, состоящую из пяти-, шестиугольных полигонов, с размером решетки 5-10 м, в ячеях которой расположены бугры. Бугры сложены глинистой породой, образующей на поверхности плотную крепкую корку, разбитую серией радиально-поперечных или концентрически-продольных трещин. Форма бугров различна –

округлые, эллиптические, эллиптически-удлиненные, эллиптически-вытянутые, эллиптически-вытянутые изогнутые (в виде разорванного кольца), кольцевые, овально-треугольные, овально-полигональные и сложно-лопастные. Цвет бугров зависит от цвета коры выветривания и может быть красным, малиновым, серым, желтым, розовато-коричневым, лиловым, оранжевым, палевым, темно-серым, фиолетовым и др. Часто в пределах одного участка выделяется несколько зон различного цвета.

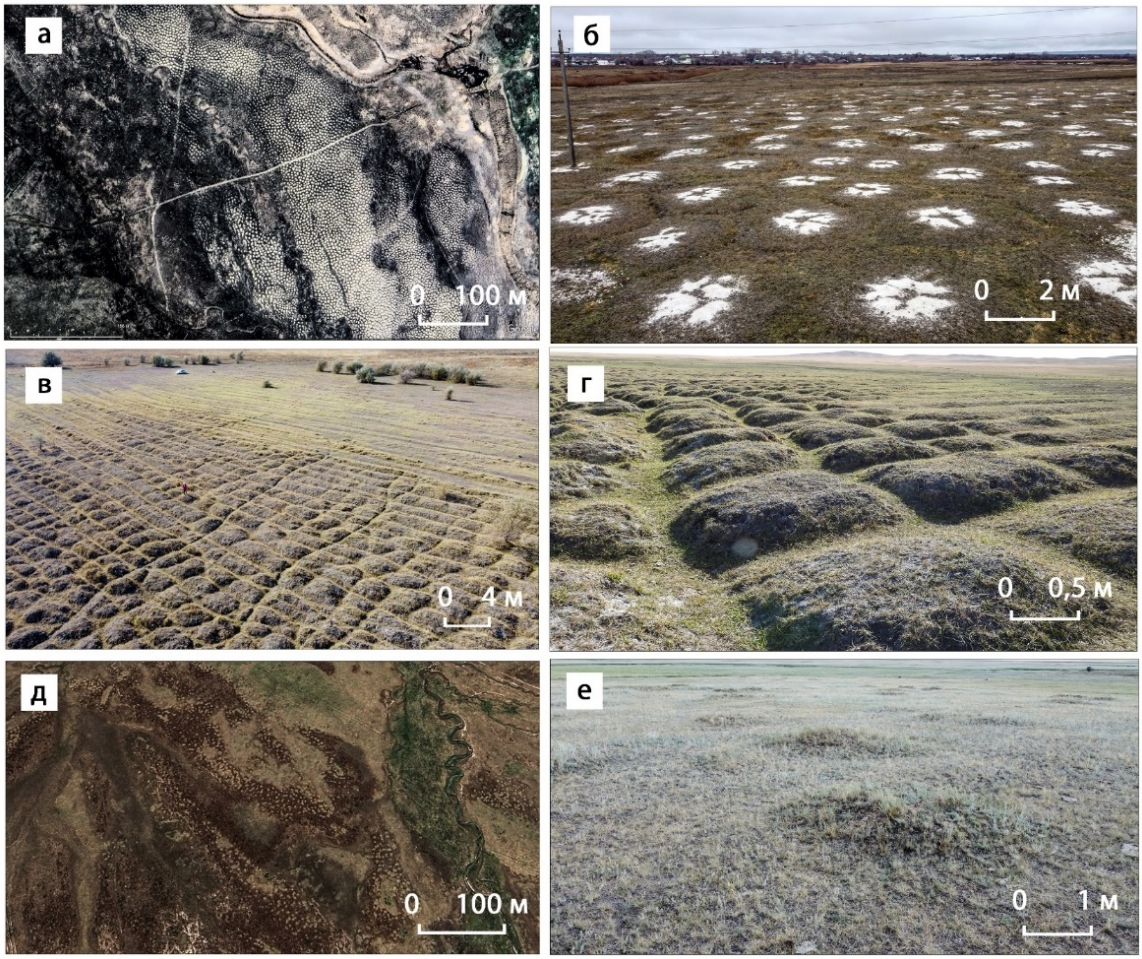


Рисунок 2.29. Реликтовый криогенный микрорельеф Заволжско-Уральского региона.

Условные обозначения: а-б) «меловые полигоны»; в-г) «туфуры»; д-е) «бугры могильники».

Встречается полигональная сеть без микрорельефа, представленная четырех-, пяти- или шестиугольными полигонами, лишенными растительности и ограниченными ложбинообразными понижениями, глубиной 0,1-0,15 м и шириной 0,2-0,4 м *(рисунок 2.30, д-е).* Размеры полигонов изменяются от 2 до 20 м. Внутри некоторых крупных полигонов фиксируется более мелкая полигональная сеть. Растительность отмечается только по полигональной сети различных генераций. Характерна морозная сортировка обломочного материала.

Микрорельеф локально распространен в пределах Урало-Тобольского плато на выравненных площадях развития древней коры выветривания и продуктов ее переотложения, представленных практически однородной глинистой массой пестроокрашенных цветов. Формирует локальные участки площадью от 10 до 40 га и приурочен к пониженным частям рельефа: к пологим склонам сопок и небольших долин или располагается на дне плоскодонных неглубоких эрозионных ложбин и депрессий в

рельефе, где эрозионными процессами снесен лёссовидный суглинок, и коры выветривания выходят непосредственно на поверхность. Так же, как и меловые полигоны, единичные участки с полигонально-бугристым микрорельефом на древних корах выветривания встречаются редко, обычно они образуют поля, состоящие из нескольких разобщенных участков, содержащих в среднем около 200-250 бугров-полигонов. Бугры пучения распространены в бассейнах рек Орь (балка Кудуксай, балка Сазды, р. Киембай, р. Тюлькубая, р. Мендыбай, р. Кугутык, р. Камсак, р. Ушкота), Большой Кумак (р. Акжарка, р. Жабыга, р. Верхняя Славянка, р. Алгабаз), Суундук (р. Солончанка, р. Безымянная) и др.

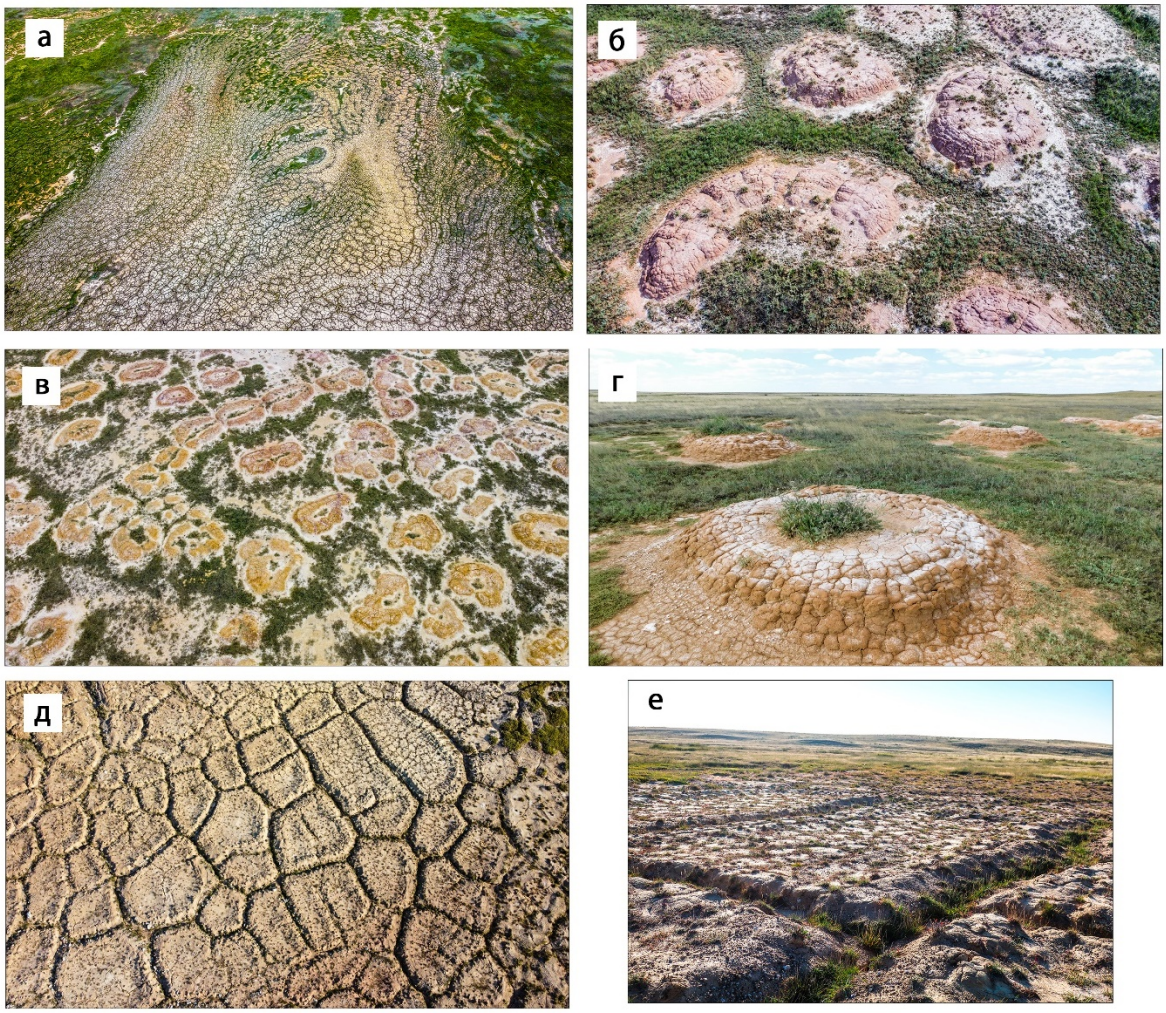


Рисунок 2.30. Реликтовый криогенный микрорельеф Заволжско-Уральского региона.

Условные обозначения: (а-г) – миграционные бугры пучения на корах выветривания; (д-е) – полигональный микрорельеф на корах выветривания.

На территории Южного Урала в Губерлинских горах в межсопочных плоскодонных сухих долинах описан комплекс *полигонального и полигонально-бугристого микрорельефа (рисунок 2.31, а, б).* Полигональный микрорельеф представлен плоскими многоугольниками размером от 2 до 5 м в поперечнике. По форме преобладают пяти- и шестиугольники, встречаются также четырехугольные полигоны, которые на слабонаклонных склонах трансформируются в параллельные друг другу вытянутые полосы, ориентированные вдоль склона. Полигоны разделены ложбинообразными микропонижениями шириной ~0,3 м и глубиной 0,1-0,15 м. Полигональная сеть хорошо подчеркивается растительностью, освоившей сеть микропонижений. На космоснимках полигональная сеть отчетливо выражена тонкими черными линиями на светло-сером фоне, на местности полигональный

рельеф также хорошо выражен. Полигональный микрорельеф занимает субгоризонтальные и слабонаклонные участки дна долины, сложенные тонкодисперсными отложениями.

Полигонально-бугристый микрорельеф состоит из серии заросших растительностью изометричных бугров, разделенных вытянутыми понижениями шириной до 0,3-0,4 м, густо заросшими растительностью. Диаметр бугров изменяется от 1,5 до 5 м с медианой ~3 м, высота – от 0,2 до 0,4 м. Они имеют округлую или удлиненную форму с крутыми склонами и куполообразными вершинами. Участки с бугристым микрорельефом приурочены к ложбинообразным депрессиям, выработанным в днище долины, и по форме и конфигурации следуют границам микродолин. В плане депрессии имеют разветвленный рисунок, состоящий из магистральных микродолин шириной 7-10 м и расширенных участков шириной до 70 м. Таким образом, участки с бугристым микрорельефом соединены в закономерно построенную сеть. Заросшие растительностью бугры на космоснимках также имеют полигонально-сетчатый рисунок и состоят из темных полигонов, ограниченных светлыми линиями.

Для речных долин небольших водотоков характерны *четковидные русла (четкообразные долины рек, четкообразные русловые формы, четкообразный дренаж, бусовидный дренаж),* состоящие из ритмично чередующихся по длине глубоких озеровидных расширений и соединяющих их узких проток, напоминающих четки или бусы *(рисунок 2.31, в-д)*. Причем часто это не единичные формы или группы нескольких близких по размерам форм, а целые системы, состоящие из нескольких сотен озеровидных расширений, следующих друг за другом и вытянутых по уклону поверхности. Четки имеют округлую, овальную, каплевидную, серповидную или продолговатую форму, длину 10-80 м (средняя длина 25 м), ширину 10-40 м (средняя ширина 20 м), глубину от 2 до 5 м. Озеровидные расширения соединены между собой узкими мелководными участками длиной от 10 до 70 м (средняя длина 35 м), шириной – 1-3 м, глубиной 0,5-1 м.

Четковидные русла широко распространены на территории Заволжско-Уральского региона и обнаружены на многих участках выположенных днищ долин малых рек в бассейнах р. Урал (Чаган, Башкирка, Кинделя, Кинделька, Иртек, Заживная, Большая Песчанка, Малая Песчанка, Большой Кумак, Малая Хобда, Карабутак, Орь, Губерля), р. Самары (Малый Кинель, Бузулук, Енкла, Именинник, Съезжая, Кувай, Лебяжка, Сорока, Сорочка), р. Сакмары (Неть, Салмыш, Янгиз, Ялонга, Чебенька, Бурунча) и многих других. Также они многочисленны в пойменных протоках и старицах рек на широких пойменных участках. Вне зависимости от районов их распространения на территории региона реки с четковидными руслами объединяет ряд общих закономерностей. Прежде всего, они приурочены к участкам выполаживания продольного профиля речной долины – расширениям днищ долин и приустьевым областям рек, где затруднен поверхностный сток воды. Обычно это реки с малой мощностью водного потока, водотоки 1-3 порядка с очень небольшими (менее 0,2 %) уклонами. Четковидные русловые формы получили развитие на участках, сложенных рыхлыми породами (глинами, лёссами, суглинками, супесями). Реки с четковидными руслами имеют узкие долины с врезанными или адаптированными прямолинейными руслами, которые часто образуют коленообразные изгибы *(рисунок 2.31, е)*. Для бассейнов рек характерен полигонально-блочный и блочно-западинный микрорельеф с размером решетки 60×60 м и 80×80 м, что соответствует среднему значению расстояния между центрами соседних четок, в расширенных участках долин распространен бугристо-западинный и полигонально-бугристый («туфуры») микрорельеф.

Таким образом, в позднем неоплейстоцене важную роль в формировании рельефа Заволжско-Уральского региона играли криогенные процессы. Разнообразные формы РКМ широко представлены в степных ландшафтах. Реликтовая полигональная сеть – результат процессов морозобойного растрескивания. Решетка размером от нескольких до сотен метров повсеместно дешифрируется на различных геоморфологических уровнях –

водоразделах, склонах и речных террасах и является свидетельством существования на территории региона многолетнемерзлых пород в неоплейстоцене.

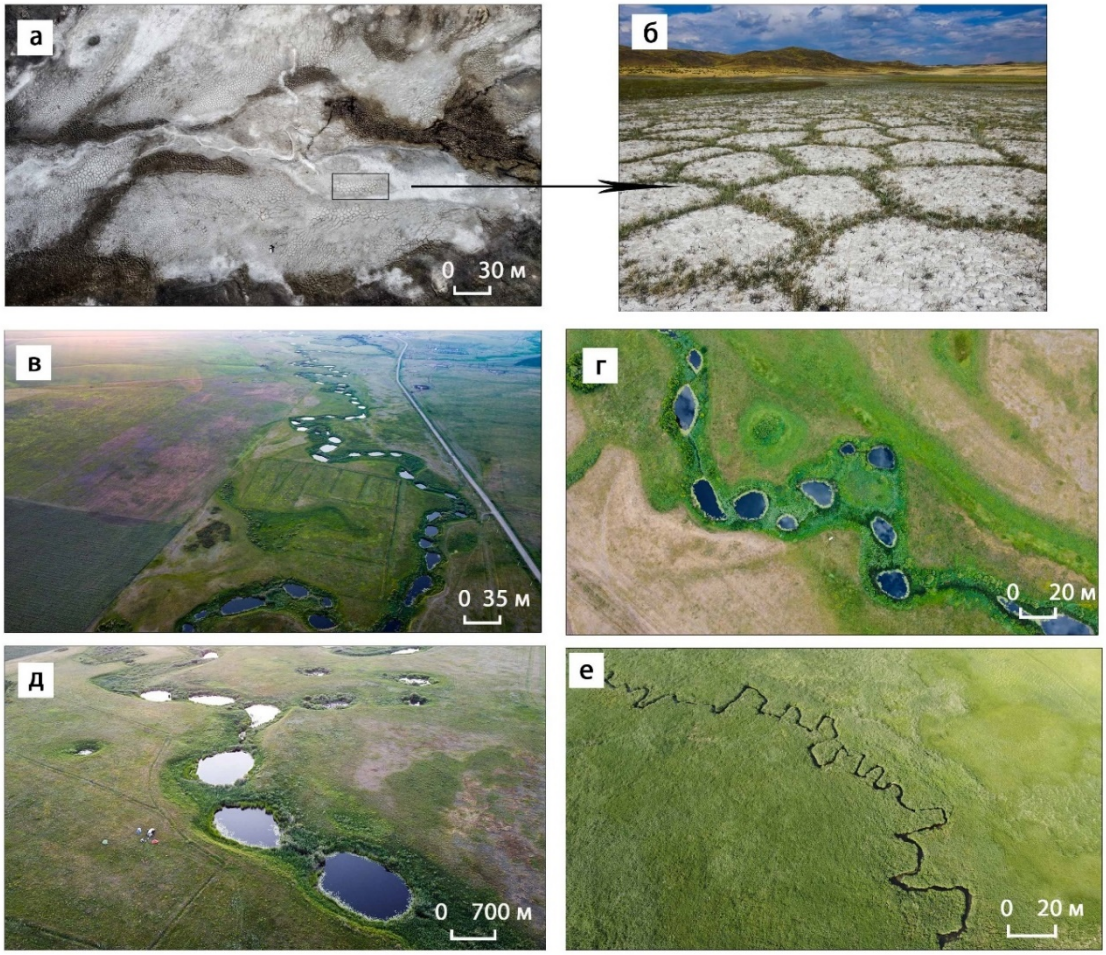


Рисунок 2.31. Реликтовый криогенный микрорельеф Заволжско-Уральского региона.

Условные обозначения: (а, б) – полигональный и полигонально-бугристый микрорельеф в межсопочных долинах в Губерлинских горах; (в) – четковидные русла в долине р. Башкирки; (г) – четковидные русла в долине р. Киндельки; (д) – четковидные русла в долине р. Киндельки, в окружении полигонально-блочного микрорельефа; (е) – коленообразные изгибы русла в верховьях долины р. Салмыш.

Основные типы палеокриогенного микрорельефа – полигонально-блочный, продольно-полосный, блочный и блочно-западинным, слитно-полигональный и редуцированный, западинный, бугристо-западинный, полигонально-бугристый, комплекс полигонального и полигонально-бугристого микрорельефа, четковидные русла – генетически единая система, сформировавшаяся в заключительный этап образования верхнечетвертичных отложений и, вероятно, связана с поздневалдайской фазой криогенеза (ярославский криогенный горизонт), самый активный этап которой отвечает времени максимума похолодания 20-10 тыс. лет назад (Величко, 1973). С использованием материалов космического зондирования земной поверхности проведено картирование палеокриогенных форм исследуемой территории.

Перигляциальные условия неоплейстоцена оказали большое влияние на формирование современной ландшафтной структуры региона, и их наследие проявляется на всех уровнях организации ландшафта. Большинство современных форм мезо- и микрорельефа и ландшафтных комплексов являются «законсервированным» наследием перигляциальных эпох, сохранившимся в современных ландшафтах региона и обеспечивающим его разнообразие.

2.4.2. Современное состояние флор степных и лесостепных боров Русской равнины на южном пределе распространения *Pinus sylvestris* L. в условиях природно-климатических и антропогенных изменений *(Кин Н.О.)*

Формирование современной флоры зависит как от внешних, так и внутренних факторов. Самым мощным внешним фактором, помимо природно-климатического, связанного с естественными флуктуациями, является антропогенный. Прямое и косвенное воздействие человека на природу вызывает незамедлительный процесс, перестройку биоценозов к вновь сложившимся условиям. Этот процесс может быть связан с уничтожением уникальных мест обитаний, уже сложившихся экологических ниш и, как ожидаемое следствие, утратой редких, эндемичных, реликтовых видов растений. Также параллельно происходит формирование новых, производных от естественных, экосистем, а с ними и экологических ниш, заполняющихся как аборигенными, так и чужеродными видами.

А.И. Толмачев (1986) отмечал, что процесс флорогенеза имеет автохтонный характер не зависимо от автохтонности или аллохтонности элементов данного комплекса. Согласно прогнозам, сделанным относительно аллохтонной части флоры Центрального Черноземья России (Тишков, 2004), доля этой фракции будет неизменно возрастать. Появление во флоре чужеродных видов увеличивает фиторазнообразие (Морозова, 2018; Sax, Gaines, 2003), но со временем их расселение может привести к увеличению сходства между флорами. Это явление получило название «биотической гомогенизации» (Морозова, 2018; McKinney, Lockwood, 1999), «унификации флоры» (Тишков, 2004, 2016). Адвентивные виды, расширяя свои ареалы, могут влиять на ареалы аборигенных, в основном редких и эндемичных видов, в сторону их сокращения (Olden, Poff, 2003; Qian, Ricklefs, 2006; Winter et al., 2010).

Напротив, те же климатические особенности, отличающиеся резкими колебаниями в условиях субаридного климата, различия в историко-геологических процессах формирования территорий, особенности антропогенного воздействия могут лимитировать одни и катализировать проникновение других адвентивных видов. Этот процесс, противоположный гомогенизации, называется дифференциацией.

Край ареальное расположение боров делает их наиболее чувствительными и динамичными к изменениям окружающей среды, отражающееся в первую очередь на составе и развитии флоры.

Нами исследованы флоры боров Русской равнины: Усманского (площадь – 70700 га, 31053 га заповедная) и Хреновского (40210 га), расположенных в подзоне лесостепи Окско-Донской низменности (Мильков, 1977), Бузулукского (106788 га, 14399 га – охранная зона) и Красносамарского (13554 га), находящиеся в степной зоне Заволжья (Бузулукский бор, 1949) *(рисунок 2.32).*

Одним из показателей динамики флоры является анализ удельной роли авто- и аллохтонного направлений во флорогенезисе (Водопьянова, 1984; Малышев, 1969). Л.И. Малышевым (1969) предложено эмпирическое уравнение линейной регрессии (в авторской редакции):

$$\hat{S} = 336{,}2+0{,}00288\ G^2,$$

где $\hat{S}$ – расчетное число видов; G – число родов во флоре. Показатель автономности (А) вычисляем:

$$A = \frac{S-\hat{S}}{S},$$

где S – фактическое количество видов.

Положительное значение А свидетельствует о преобладании автохтонной тенденции развития флоры, отрицательное – об аллохтонной, а нулевое – о сбалансированности обеих тенденций (Водопьянова, 1984; Малышев, 1976).

Для выявления сходства флоры боров применен коэффициент Жаккара ($К_J$):

$$К_J = \frac{C}{A+B-C},$$

где С – число общих видов для пары сравниваемых боров; А – число видов во флоре одного сравниваемого бора; В – число видов во флоре другого сравниваемого бора.

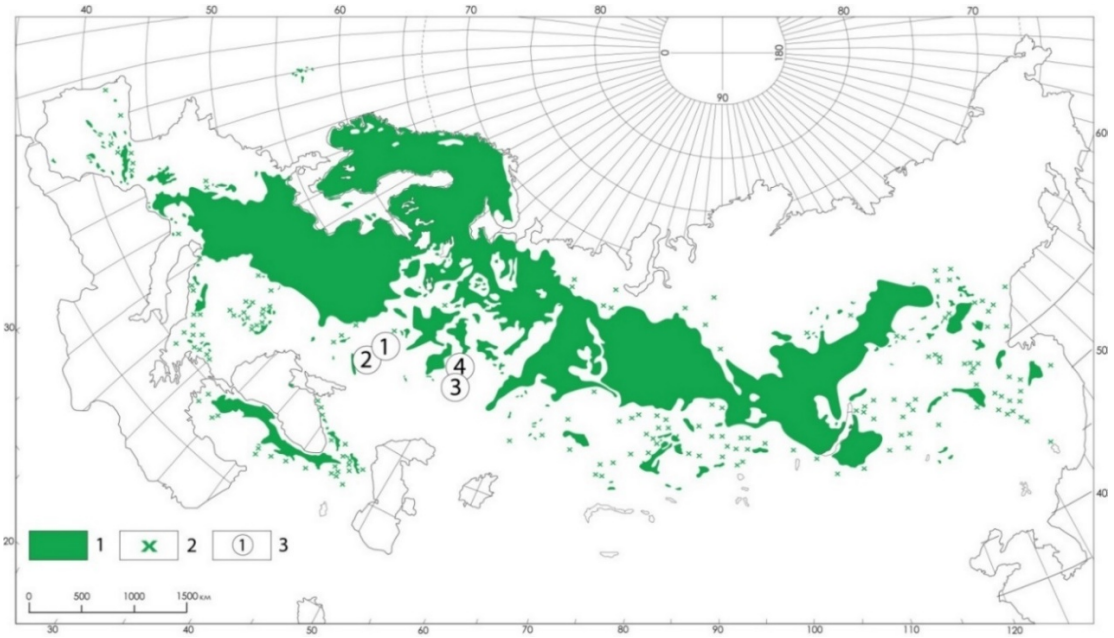


Рисунок 2.32. Карта-схема современного ареала *Pinus sylvestris* и расположения исследуемых боров (Crichfield, Little, Jr., 1966, в редакции).

Условные обозначения: 1 – основной ареал Pinus sylvestris; 2 – участки, отделенные от основного ареала Pinus sylvestris; 3 – исследуемые боры: 1 – Усманский, 2 – Хреновской, 3 – Бузулукский, 4 – Красносамарский.

Если коэффициент $К_J$ превышает 0,5, то больше половины видов во флоре исследуемых боров – общие, что свидетельствует о высоком сходстве сравниваемых флор.

Коэффициент Жаккара был рассчитан как для флоры боров в целом, так и отдельно для аборигенных ($К_{Jабр}$) и адвентивных ($К_{Jадв}$) фракций с делением последних на временны́е группы: археофиты ($К_{Jарх}$) и кенофиты ($К_{Jкен}$).

Для выявления роли видов адвентивной фракции в процессе гомогенизации или дифференциации флоры на данном этапе развития боровых флор рассчитан оценочный индекс. Оценочный индекс (Н) выражается через разницу коэффициентов сходства Жаккара ($К_J$), рассчитанных для флор исследуемых боров с участием чужеродных видов и аборигенного компонента флор ($К_{Jабр}$):

$$Н = К_J - К_{Jабр}.$$

Положительный результат указывает на гомогенизацию, а отрицательный – на дифференциацию флор (Морозова, 2018).

С учетом временно́й градации чужеродных видов рассчитан оценочный индекс для археофитов ($Н_{арх}$) и кенофитов ($Н_{кен}$):

$$Н_{арх} = К_{Jадв} - К_{Jарх}$$
$$Н_{кен} = К_{Jадв} - К_{Jкен},$$

где положительный результат свидетельствует о гомогенизации, а отрицательный о дифференциации флор.

Флоры исследуемых боров имеют разный показатель автономности *(таблица 2.20)*. Ведущими регулирующими факторами, определяющими тенденцию развития флор, являются: наличие охранного статуса и степень антропогенной нагрузки.

Таблица 2.20.

Расчетные и фактические показатели автономности флор боров

Название бора	Расчетное количество видов (Ŝ)	Количество видов (S)	Показатель автономности (A)
Усманский	1079	1082	0,277
Хреновской	869	850	-2,235
Бузулукский	759	794	4,408
Красносамарский	693	674	-2,819

Показатель автономности Усманского бора близок к нулю, что соответствует сбалансированности автохтонной и аллохтонной тенденций в развитии флоры. Несмотря на высокий природоохранный статус в части лесного массива, бор испытывает ощутимую антропогенную нагрузку, особенно на территории, не входящей в заповедник. Опираясь на оценку антропогенной нагрузки (Ермолаев и др., 2023; Речные бассейны…, 2021; Yermolaev et al., 2023), в бору она варьирует: от слабой и умеренной на территории заповедника до сильной за пределами ООПТ.

В Хреновском бору преобладает аллохтонная тенденция развития флоры, так как территория находится под умеренным антропогенным воздействием (Ермолаев и др., 2023; Речные бассейны…, 2021; Yermolaev et al., 2023). Этот лесной массив не имеет природоохранного статуса, но на его территории имеются памятники природы, которые не имеют установленных границ (Приказ департамента..., 2015). На территории бора ведутся лесозаготовительные работы, бесконтрольный сбор растений и грибов, охота, рыбалка. Часты в бору пожары.

На большей территории Красносамарского лесного массива были выполнены посадки древесных культур. Среди исследуемых этот бор является самым молодым. Основной его функцией является рекреационная, что в целом формирует умеренную антропогенную нагрузку (Ермолаев и др., 2023; Речные бассейны…, 2021; Yermolaev et al., 2023). Флора этого лесного массива также развивается по аллохтонному типу.

Показатель автономности Бузулукского бора, имеет положительное значение, что соответствует автохтонному типу развития флоры. Исторически бор имел как высокое природоохранное, так и хозяйственное значение. Наряду с рубками, пожарами, разведкой нефтяных месторождений лесной массив старались сохранить как заповедник (1932-1948 гг.), особо ценный лесной массив (1977-2007 гг.), национальный парк (с 2007 г.). Несмотря на природоохранный статус Бузулукского бора, интерес к нему как к нефтяному месторождению не угас. Сейчас на территории бора ведутся подготовительные работы по добыче нефти. На современном этапе освоения Бузулукский бор испытывает антропогенную нагрузку от слабой до умеренной (Ермолаев и др., 2023; Речные бассейны…, 2021; Yermolaev et al., 2023).

Еще одним важным моментом для обсуждения современного развития флор является ее богатство. Ряд ученых склонны к размышлениям о гомогенизации или унификации флоры за счет ее адвентизации и синантропизации (Тишков, 2004, 2016). Другие, проведя ряд исследований, склоняются к противоположному мнению ее дифференциации (Морозова, 2018) и рассматривают чужеродную фракцию как инструмент возрастания фиторазнообразия.

Для установления типа процесса в исследуемых борах нами был рассчитан коэффициент Жаккара флоры в целом ($К_J$), ее аборигенной ($К_{Jабр}$) *(таблица 2.21)* и чужеродной ($К_{Jчуж.}$) фракций *(таблица 2.22),* а также приведен оценочный индекс (H) *(таблица 2.23)*.

Таблица 2.21.

Сходство флор боров и их аборигенных фракций с использованием коэффициента Жаккара

Боры	Усманский		Хреновской		Бузулукский		Красносамарский	
Усманский	–	–	**0,64**	**0,69**	0,52	0,54	0,43	0,45
Хреновской	**0,64**	**0,69**	–	–	**0,56**	**0,56**	0,48	0,47
Бузулукский	0,52	0,54	0,56	0,56	–	–	**0,52**	**0,53**
Красносамарский	0,43	0,45	0,48	0,47	0,52	0,53	–	–
Коэффициенты	$К_J$	$К_{Jабр.}$	$К_J$	$К_{Jабр.}$	$К_J$	$К_{Jабр.}$	$К_J$	$К_{Jабр.}$

Коэффициент сходства *(таблица 2.20)* исследуемых флор ($К_J$) варьирует от 0,64 до 0,43. Наибольшее сходство флор отмечено у Хреновского и Усманского боров. В меньшей степени сходны флоры Усманского и Красносамарского боров. В остальных вариантах пар боров коэффициент близок к 0,5.

Высокая схожесть Усманского и Хреновского боров обусловлена близостью их расположения. Несмотря на лучшую сохранность природных ландшафтов Усманского бора, благодаря высокому охранному статусу, в Хреновском бору также имеются сохранившиеся природные ценозы, обладающие высоким флористическим разнообразием. В первую очередь это различного типа переувлажненные места обитания.

Обладая природоохранным статусом и значительной площадью, Усманский бор во флористическом отношении значительно отличается от флоры Красносамарского бора. Последний не имеет охранного статуса, в значительной части лесной массив представлен посадками, его площадь почти в 5 раз меньше Усманского бора. В целом, Красносамарский бор располагается в менее благоприятных природно-климатических условиях для развития лесной растительности.

Пара боров Бузулукский и Красносамарский также располагаются в пределах 100 км друг от друга. Тем не менее коэффициент сходства флор имеет среднее значение, что обусловливается вышеперечисленными причинами: 1) размеры площадей, занимаемые борами – Бузулукский бор почти в 7 раз больше Красносамарского; 2) наличие природоохранного статуса – Бузулукский бор, в отличие от Красносамарского, во все времена был охраняемым в разных статусах. На сегодняшний день большую территорию бора занимает одноименный национальный парк; 3) разнообразие ландшафтов и, как следствие, биотопов в большей степени выражено в Бузулукском бору. Красносамарский бор, в силу небольшой занимаемой площади, представлен однотипными ландшафтами.

Флора Бузулукского бора среди сравниваемых имеет наибольшее сходство с флорой Хреновского бора. Несмотря на значительную удаленность этих лесных массивов, относительно высокое сходство может достигаться тем, что Хреновской бор, хоть и не имеет большой площади, но располагается в более благоприятных природно-климатических условиях, а также обладает разнообразием и широкой представленностью переувлажненных мест обитаний. Бузулукский бор характеризуется высоким ландшафтным разнообразием и самой большой территорией среди сравниваемых боров.

В аборигенных фракциях коэффициент сходства ($К_{Jабр.}$) между сравниваемыми борами аналогичен для рассматриваемых флор. Его значения колеблются от 0,69 до 0,53 *(таблица 2.21)*.

В отдельно рассматриваемой чужеродной фракции ($К_{Jчуж.}$), коэффициент сходства варьирует от 0,50 до 0,24 и наиболее высок у пар, имеющих относительно близкое территориальное расположение *(таблица 2.22)*.

Разделив чужеродную фракцию на временны́е группы, можно отметить, что коэффициент сходства наиболее высок у археофитов и варьирует от 0,7 до 0,28. Для кенофитов коэффициент сходства ниже и составляет от 0,45 до 0,27. Для этих групп также сохраняется тенденция наибольшего сходства у пар сравниваемых флор, расположенных относительно близко.

Таблица 2.22.

Сходство адвентивных фракций флор боров с использованием коэффициента Жаккара

Боры	Усманский			Хреновской			Бузулукский			Красносамарский		
Усманский	–	–	–	**0,50**	**0,70**	**0,45**	0,29	0,33	0,29	0,24	0,28	0,27
Хреновской	**0,50**	**0,70**	**0,45**	–	–	–	0,32	0,37	0,31	0,32	0,34	0,32
Бузулукский	0,29	0,33	0,29	0,32	0,37	0,31	–	–	–	**0,49**	**0,69**	**0,45**
Красносамарский	0,24	0,28	0,27	0,32	0,34	0,32	**0,49**	**0,69**	**0,45**	–	–	–
Коэффициенты	$К_{Jчуж.}$	$К_{Jарх.}$	$К_{Jкен.}$	$К_{Jчуж.}$	$К_{Jарх.}$	$К_{Jкен}$	$К_{Jчуж.}$	$К_{Jарх.}$	$К_{Jкен.}$	$К_{Jчуж.}$	$К_{Jарх.}$	$К_{Jкен}$

На основе полученных данных рассчитаем оценочный индекс (Н), для того чтобы определить какая временна́я группа влияет на гомогенизацию или дифференциацию. Положительный результат указывает на гомогенизацию, а отрицательный – на дифференциацию флор (Морозова, 2018*) (таблица 2.23).*

Таблица 2.23.

Расстояние между изучаемыми борами и оценочный индекс их флор

Сравниваемые боры	Расстояние между борами, км	Н	$Hj_{арх}$	$Hj_{кен}$
Красносамарский-Бузулукский	75	-0,01	-0,20	+0,10
Хреновской-Усманский	95	-0,05	-0,20	0,00
Красносамарский-Хреновской	768	+0,01	0,00	0,00
Красносамарский-Усманский	789	-0,02	-0,10	0,00
Бузулукский-Хреновской	840	0,00	-0,10	+0,04
Бузулукский-Усманский	865	-0,02	0,00	0,00

Оценочный индекс (Н) для 4 пар сравниваемых боров имеет в основном отрицательное значение, что указывает на дифференциацию флор. В паре Красносамарский-Хреновской оценочный индекс положительный, выражающий проявление гомогенизации. В первую очередь, это связано с тем, что эти боры не имеют природоохранного статуса и подвергаются значительному антропогенному воздействию, как со стороны рекреации, так и хозяйственного пользования лесными ресурсами. Все это создает благоприятные условия для проникновения чужеродных видов, обладающих схожей жизненной стратегией и экологическими характеристиками. В паре Бузулукский-Красносамарский оценочный индекс равен нулю, что, вероятно, свидетельствует об отсутствии ясно выраженной тенденции.

Полученные данные отчасти сопрягаются с выводами, сделанными О.В. Морозовой (2018) о том, что чем больше расстояние между флорами, тем меньше дифференциация. Так, у относительно близко расположенных боров Хреновского и Усманского наиболее высокая дифференциация относительно исследуемых. Остальные пары боров находятся на значительном удалении друг от друга, при этом коэффициент гомогенизации повышается, а дифференциации снижается. Исключение составляет пара боров Бузулукский-Красносамарский. Они близко расположены (75 км), но характеризуются меньшей дифференциацией флоры, чем остальные, расположенные на большем удалении друг от друга. Возможно, это связанно с тем, что Красносамарский и

Бузулукский боры генетически связанны друг с другом, так как в прошлом составляли единый массив.

Более интересные результаты получились при установлении оценочного индекса каждой пары боров отдельно для археофитов ($Hj_{арх}$) и кенофитов ($Hj_{кен}$). У пар боров, располагающихся относительно близко за счет археофитов установлена дифференциация, что согласуется с выводами О.В. Морозовой (2008). В меньшей степени дифференциация за счет археофитов у пар боров, находящихся на значительном расстоянии: Усманский-Красносамарский и Хреновской-Бузулукский. В тоже время, у других пар боров, также расположенных на внушительном расстоянии друг от друга, дифференциация, как и гомогенизация, за счет археофитов не выявлена. Вероятно, здесь основная роль принадлежит не расстоянию между флорами этих боров. Дифференциация пар боров Усманский-Красносамарский и Хреновской-Бузулукский явно выражена за счет резкой разницы в площади этих боров. Отсутствие же процессов в парах Красносамарский-Хреновской и Бузулукский-Усманский связано, вероятнее всего, не только с более сравнимыми площадями, но и отсутствием, в первой паре, и присутствием, во второй, природоохранного статуса.

Оценочный индекс, рассчитанный относительно кенофитов, выражен в сторону гомогенизации только в парах Красносамарский-Бузулукский и Бузулукский-Хреновской.

Таким образом, развитие флор в исследуемых борах происходит в разных направлениях. Боры, имеющие охранный статус и занимающие относительно большие площади, имеют автохтонный тип развития флор. Аллохтонный тип развития флор отмечен в борах, не имеющих природоохранный статус, испытывающих антропогенный пресс.

В результате проведенных исследований выявили относительно высокое флористическое сходство между борами Русской равнины. Сходство аборигенных фракций исследуемых флор значительно выше, чем чужеродных.

Прогнозы о приближающейся унификации флор за счет активной адаптации и расселения чужеродных видов подтвердились лишь в паре боров Хреновской-Усманский и Красносамарский-Хреновской.

При расчете оценочного индекса для чужеродных видов разных временных групп установили, что кенофиты в большей степени влияют на гомогенизацию, а археофиты – на дифференциацию флоры. Проявление того или иного процесса значительно зависит от наличия или отсутствия природоохранного статуса исследуемых боров.

2.4.3. Природные и антропогенные факторы современного состояния авифауны степного и лесостепного Предуралья *(Барбазюк Е.В.)*

Состояние биоразнообразия во времени и пространстве определяется целым рядом факторов среды природного и антропогенного происхождения. Для различных групп организмов влияние того или иного фактора может проявляться в различной степени, при этом и сам набор факторов не всегда одинаков. В настоящем разделе была предпринята попытка определить основные факторы применительно к птицам степных регионов России.

Выявление лимитирующих факторов позволяет также разработать комплекс мер по сохранению пернатых, находящихся в угрожаемом состоянии. В таблице ниже представлены основные факторы среды, определяющие состояние популяций птиц в степной и лесостепной зоне Европейской части России.

В настоящем разделе рассмотрено влияние на авифауну некоторых природных и антропогенных факторов среды, в частности антропогенного фактора 4 «Транспортные и сервисные коридоры» и природного фактора 11 «Изменение климата и экстремальные погодные условия» *(таблица 2.24).*

Таблица 2.24.

Основные факторы среды, определяющие состояние популяций птиц в степных регионах России (по данным: Threats Classification Scheme… 2024)

№№	Фактор	Описание
Антропогенные факторы		
1.	Жилая и коммерческая застройка	Жилые и городские, торговые и индустриальные, туристические и рекреационные районы
2.	Сельское хозяйство и рыборазведение	Растениеводство, животноводство, рыбные хозяйства
3.	Выработка электроэнергии и добыча полезных ископаемых	Бурение нефтяных и газовых скважин, добыча полезных ископаемых в шахтах и карьерах, эксплуатация неисчерпаемых источников энергии
4.	**Транспортные и сервисные коридоры**	**Автомобильные и железные дороги, инженерные сети и линии обслуживания, воздушные и водные пути**
5.	Использование биологических ресурсов	Охота и коллекционирование наземных животных. Сбор наземных растений. Рубка деревьев и лесозаготовки. Рыболовство и добыча водных ресурсов
6.	Вторжение человека в природную среду и беспокойство	Рекреация, военные учения, производственная и другие виды деятельности
7.	Трансформация природных систем	Пожары и пожаротушение. Плотины, водопользование и управление водными ресурсами. Другие трансформации природных систем
8.	Инвазивные и другие проблемные виды, гены и болезни	Инвазивные неместные иди чужеродные виды или болезни. Проблемные местные виды или болезни. Привнесенный извне генетический материал. Проблемные виды или болезни неизвестного происхождения. Вирусные заболевания
9.	Загрязнение	Бытовые и городские сточные воды. Промышленные стоки. Стоки сельского хозяйства и лесной промышленности. Мусор и твердые бытовые отходы. Загрязнители в воздухе
Природные факторы		
10.	Геологические события	Вулканы, землетрясения, лавины, оползни
11.	**Изменения климата и экстремальные погодные условия**	**Уничтожение или изменение местообитания. Засухи. Температурные аномалии. Наводнения**

Примечание: факторы, рассмотренные далее более подробно, выделены жирным шрифтом.

Гибель редких хищных птиц на линиях электропередач в Волго-Уральском регионе. Исследование по фактору «Транспортные и сервисные коридоры» посвящено проблеме гибели редких дневных хищных птиц на низковольтных линиях электропередачи как отдельно в Оренбуржье (Барбазюк, 2021*б*; Barbazyuk, 2021), так и на территории степного и полупустынного Волго-Уральского региона в целом в пределах Астраханской, Волгоградской, Саратовской, Самарской и Оренбургской областей Российской Федерации (Барбазюк, 2022). В период с 2010 по 2021 г. удалось собрать данные о гибели более 200 дневных пернатых хищников в районе исследования и установить точные GPS-координаты для 136 жертв поражения электротоком. На необорудованных птицезащитными устройствами линиях электропередачи в Волго-Уральском регионе гибнут представители семи видов краснокнижных хищных птиц. К данным видам относятся курганник *Buteo rufinus*, змееяд *Circaetus gallicus*, могильник

Aquila heliaca, степной орел *Aquila nipalensis*, орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla*, кобчик *Falco vespertinus* и степная пустельга *Falco naumanni*. Выявлено крайне неравномерное распределение погибших птиц в районе исследования и обнаружена достаточно четкая привязка погибших птиц к границе с Республикой Казахстан *(рисунок 2.33)*.

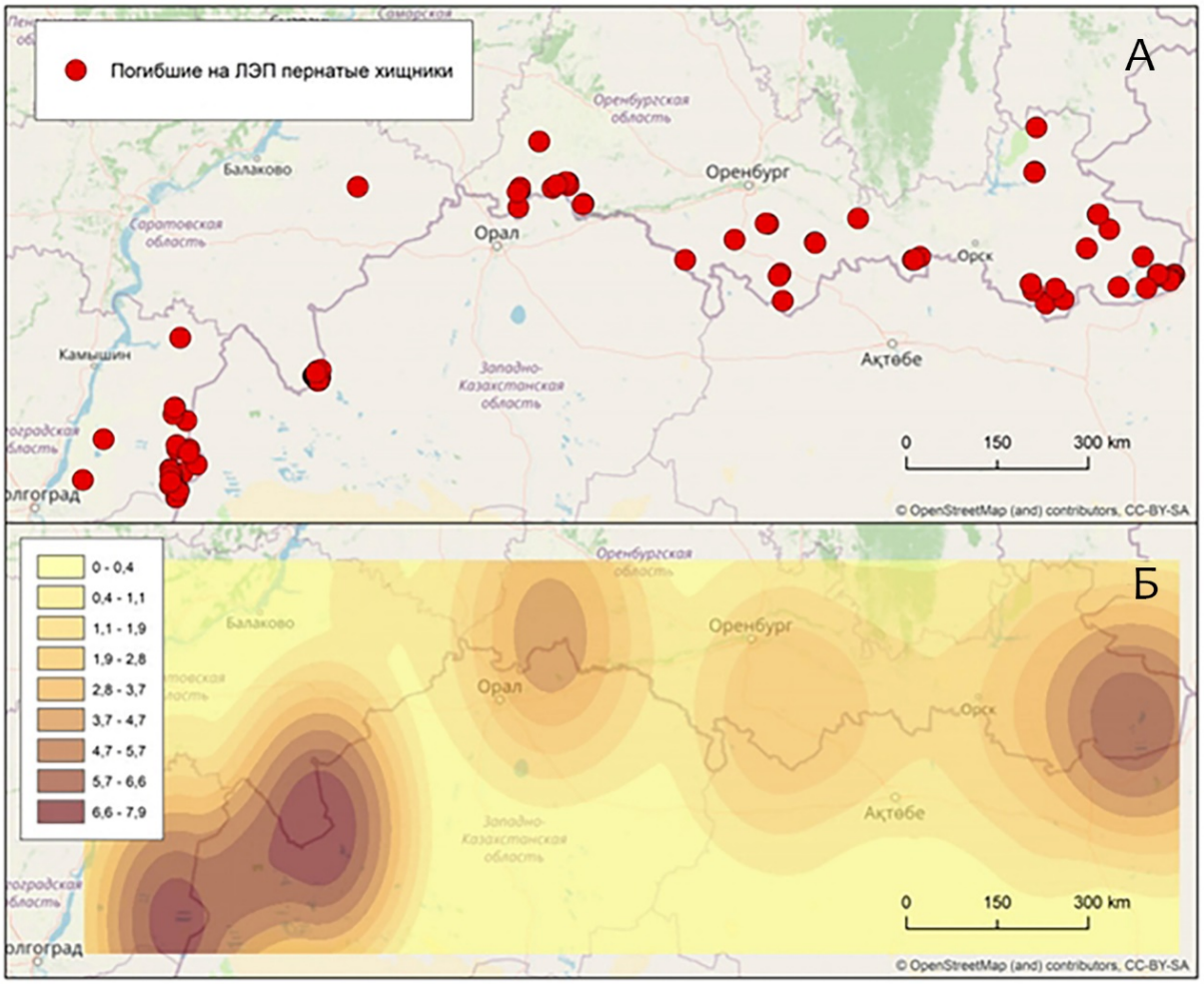


Рисунок 2.33. Находки погибших дневных пернатых хищников в районе исследования (А) и карта плотности ядер распределения находок погибших птиц в районе исследования (Б).

В легенде к карте В показано ранжированное количество точек-находок на квадратный километр.

Краснокнижные орлы, орланы и мелкие соколы погибали от удара электротоком в пределах 0,78-114,96 км от границы с Казахстаном, в среднем на расстоянии 18,29±1,64 км (n=136). При этом 90% всех птиц гибло в пределах сравнительно узкой приграничной полосы шириной 40 км *(рисунок 2.34)*. Общее количество погибших птиц в диапазонах 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 и 100-120 км достоверно отличалось между собой средними значениями рангов (тест Фридмана: $\chi 2=26,15$, df=5, p=000008, n=7). При попарном сравнении диапазонов расстояний достоверные различия в количестве погибших птиц появлялись уже между интервалами 0-20 км и 40-60 км (тест Вилкоксона: Z=2,37, p=0,02, n=7) и далее сохранялись на уровне p=0,02 при увеличении расстояния до границы.

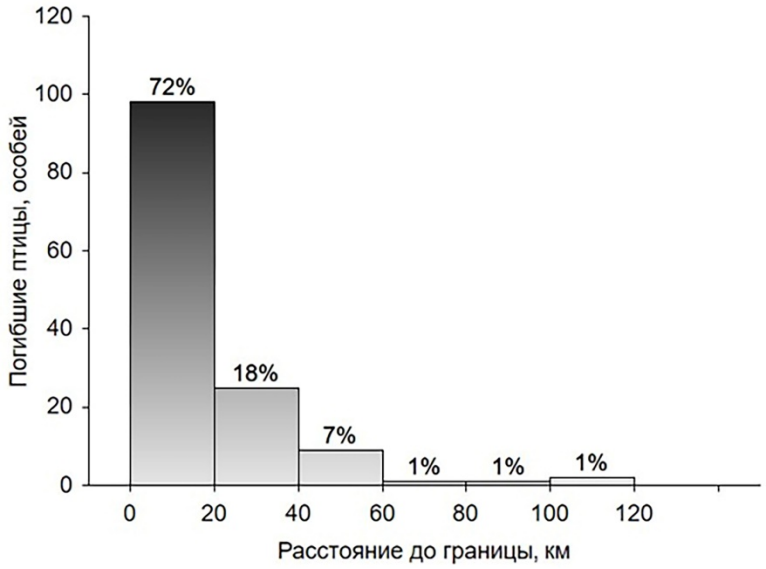


Рисунок 2.34. Гистограмма распределения расстояний до казахской границы, в пределах которых фиксировали погибших дневных пернатых хищников на линиях электропередачи в Оренбургской, Самарской, Саратовской и Волгоградской областях.

Подобное притяжение птиц к казахской границе в пределах российской территории можно объяснить снижением антропогенной нагрузки и фактора беспокойства на фоне улучшения кормовой базы (увеличение количества грызунов и саранчовых на пастбищах и залежных землях) в приграничной зоне. Полученные данные позволяют рекомендовать приоритетную изоляцию птицеопасных линий электропередачи, в первую очередь находящихся в пределах 0-20 и 0-40 км от границы.

Проявление природного фактора «Изменение климата и экстремальные погодные условия» выражается, в частности, как в изменении фенологических сроков размножения, так и, вероятно, в изменении обилия всех групп организмов, включая птиц.

Влияние метеорологических параметров на встречаемость семейных групп серых куропаток в Южном Предуралье. На фоне устойчивого роста температуры воздуха, снижения количества осадков и увлажнения в районе исследования (Буртинская степь заповедника «Оренбургский», Южное Предуралье) выявлено несколько зависимостей между датами встреч семейных групп серых куропаток и метеопараметрами на разных отрезках сезона. В общей сложности за период 1992-2019 гг. зафиксировано 1332 встречи серых куропаток в Буртинской степи, в большинстве случаев это были выводки с сопровождающими их взрослыми птицами (семейные группы). Повышенные средние температуры в мае – июне способствовали более ранней средней и медианной дате встреч семейных групп куропаток на отрезках сезона до конца осени (июнь-ноябрь) и до конца года (июнь-декабрь) (максимальные значения: корреляция Спирмена $R = -0{,}55$, $p < 0{,}01$, $n = 26$). Повышенное количество осадков в апреле – июне приводило к значимому смещению средней и медианной даты встреч семейных групп куропаток на более поздние сроки в сезон ($R = 0{,}59$, $p < 0{,}01$, $n = 26$). Выявлена также слабая тенденция расширения размаха встреч семейных групп в период с июня по ноябрь – декабрь в наиболее теплые годы. Эта тенденция проявлялась в положительной корреляции размаха встреч семейных групп на маршруте до конца осени (июнь – ноябрь) со средней температурой воздуха за тот же период ($R = 0{,}46$, $p < 0{,}05$, $n = 25$), а также в линейной регрессии размаха встреч семейных групп до конца календарного года на маршруте и средней температурой за тот же период ($B = 0{,}44$, $R^2 = 0{,}19$, $F(1,23) = 5{,}51$, $p < 0{,}05$, $n = 25$).

Все вышеперечисленные зависимости связаны с потеплением климата и расширением срока комфортного пребывания куропаток в заповеднике. Теплая погода,

снижающееся количество осадков и увлажнение не только ускоряли появление семейных групп в июне, но и способствовали все большей задержке птиц на участке до конца года и даже зимовке незначительной части птиц в заповеднике. Это, в свою очередь, связано, по-видимому, с ускорением процесса размножения в начале сезона и с повышением доступности кормовой базы в осенне-зимнее время (Барбазюк, 2021*а*).

Многолетние изменения качественного состава авифауны Бузулукского бора (Оренбургская область) по данным ретроспективных и современных наблюдений. В рамках рассмотрения проявления того же природного фактора «Изменение климата и экстремальные погодные условия» был проведен сравнительный анализ качественного состава авифауны Бузулукского бора, преимущественно на основе данных орнитолога Е.П. Кнорре за период 1928-1941 гг., а также современных наблюдений с 2000 г. по настоящее время. Ретроспективные данные получены с территории ныне ликвидированного заповедника «Бузулукский бор» площадью 10 503 га (ныне Боровое-Опытное лесничество в Оренбургской области). Современные личные авифаунистические наблюдения (по стандартным методикам, с привлечением литературных данных) проводили на площади 49 000 га как на территории Борового-Опытного, так и в нескольких сопредельных участковых лесничествах, входящих в состав национального парка «Бузулукский бор» в пределах Оренбургской области. При сравнении исторического и современного списков птиц была использована относительная оценка изменения видового состава различных групп на основе наблюдаемых и ожидаемых частот по критерию χ^2. Использованы также многолетние данные по среднегодовым температурам и осадкам с близлежащей государственной метеостанции. В результате было установлено, что к настоящему времени список птиц Е.П. Кнорре сократился со 153 до 109 видов (на 28,8%). При сравнении по отрядам заметно, что в большей степени сокращение затронуло группу околоводных и водоплавающих птиц. Количество видов в отрядах Поганкообразные, Аистообразные, Журавлеобразные снизилось на 80-100%, а в отрядах Гусеобразные и Ржанкообразные – более чем на 50%. В меньшей степени наблюдалось снижение количества видов в отрядах Соколообразные и Совообразные – примерно на 40%. Оценка относительного изменения видового состава различных групп птиц на основе ожидаемых и наблюдаемых частот показала значимые различия в доле авифауны, связанной с водой: она снизилась с 23,5% до 9% в группе «лимнофилы» (χ^2=11,7, df =1, p=0,0006) и с 24,8% до 9% в группе отрядов водных и околоводных видов птиц (χ^2=13,4, df=1, p=0,0002). Изменение в доле хищных птиц статистически незначимо. В остальных группах снижение не удалось подтвердить статистически, несмотря на выявленное сокращение современного списка (Барбазюк, Вельмовский, 2023; Барбазюк, Вельмовский, 2024). Заметное сокращение видового состава птиц водно-болотного комплекса вероятно связано в том числе с прогрессирующим усыханием Бузулукского бора, о чем писал в отчете и Е.П. Кнорре. Продолжающаяся аридизация климата, как показывает график среднегодовых температур воздуха *(рисунок 2.35),* происходит как минимум с 20-х годов XX в., что приводит к иссушению водно-болотных угодий и к миграции подземных вод в более глубокие горизонты. Крупные пожары в начале XX в. и масштабные рубки привели к образованию гарей-пустырей внутри лесного массива, что также внесло вклад в его фрагментацию и иссушение.

На приведенных выше примерах мы рассмотрели влияние природных и антропогенных факторов среды на состояние популяций птиц в степной и лесостепной зоне России. Проявление факторов разнообразно и не всегда однозначно. Для доказательства их воздействия зачастую требуются значительные усилия по сбору материала в полевых условиях и большие объемы данных.

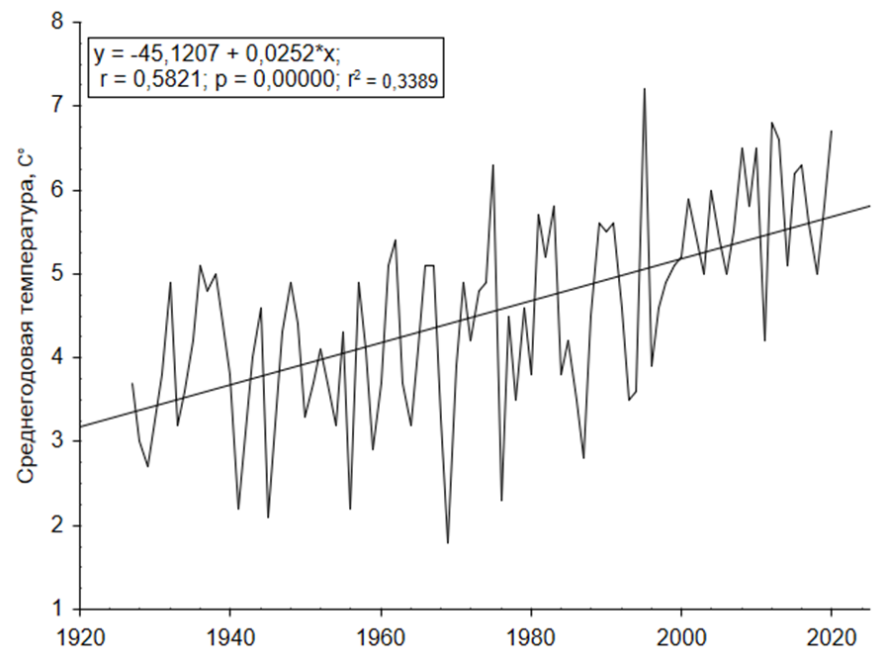


Рисунок 2.35. Рост среднегодовых температур воздуха в Оренбургской области (по данным метеостанции г. Бузулука).

2.4.4. Популяционные показатели, численность и пространственное распределение степного сурка на участках заповедника «Оренбургский» *(Сорока О.В.)*

Ареал степного сурка, или байбака (*Marmota bobak* Müller, 1776), охватывает территорию степной и лесостепной зоны Евразии. В XIX-XX веках в результате распашки целинных земель и стихийного промысла в европейской части ареала он почти исчез, а в Казахстане его численность сократилась в 10 раз. Со временем сурки приспособились к новым условиям обитания, и в 50-60-х гг. XX века начался естественный рост численности и расселение степного сурка из уцелевших очагов (Бибиков и др., 1990). Восстановлению сурка в прежнем ареале способствовали охранные мероприятия и начавшаяся в 70-80-х гг. прошлого столетия широкомасштабная реакклиматизация.

На территории Оренбургской области на огромном пространстве южноуральских степей изменение ландшафта в результате распашки также стало основной причиной исчезновения степного сурка. К началу 60-х гг. XX века численность сурка в оставшихся популяциях начала расти. В целях восстановления численности вида в Оренбургской области в 1975-1984 гг. были организованы сурчиные заказники, временно запрещена добыча сурков, усилена борьба с браконьерством (Руди, 1999).

По мнению многих исследователей, местообитания без выпаса скота являются малопригодными для обитания данного вида (Абеленцев и др., 1961; Жалилов, Андрейчев, 2015; Никольский, Савченко, 2002; Токарский и др., 2011; Харченко, Леженин, 2012; Lazariev, 2020; Ronkin et al., 2017). Наличие выпаса крупных копытных улучшает кормовые качества растительного покрова для степного сурка, увеличивается доля и доступность поедаемых видов, обеспечивается непрерывная вегетация растений на протяжении всего периода активности сурков (Ронкин, 2003). С другой стороны, сурки сами могут оказывать воздействие на растительный покров на значительной площади вокруг нор – от минимального (разреживание покрова) до существенного (смена видового состава, полный сбой всего растительного покрова вокруг гнездовых нор) (Шаталин и др., 2020).

В первые годы существования заповедника (1989-1990 гг.) на территории участка «Буртинская степь» выделялись два сравнительно небольших очага, а остальные локальные поселения, меньшие по размерам, были разбросаны по территории участка (Гейде, 1991). Позднее (1998-2001 гг.) нами было описано территориальное распределение сурков на территории участка, проведен учет численности (Сорока, 2001). Было показано, что численность степного сурка на территории, изъятой из хозяйственного использования, за 10 лет увеличилась почти в 4 раза.

Поскольку степной сурок относится к числу характерных представителей степной фауны, наблюдение за состоянием его популяций является важным направлением мониторинговых исследований, особенно в заповедных условиях. Динамика пространственного распределения степного сурка может быть показателем динамических процессов, происходящих в степных экосистемах.

Основная цель работы заключалась в изучении многолетней динамики и современного распространения степного сурка на территории участка «Буртинская степь» государственного природного заповедника «Оренбургский».

Наблюдения за степными сурками проводились в Беляевском районе Оренбургской области на территории участка «Буртинская степь» государственного природного заповедника «Оренбургский» в 1998-2001 и 2021-2022 гг. Также были использованы архивные сведения по учету степного сурка заповедника «Оренбургский».

Площадь участка «Буртинская степь» 45 км^2. Территория представляет сложный комплекс эрозионно-останцовых массивов Муюлды, Кармен и разделяющих их обширных холмисто-увалистых пространств с перепадом абсолютных высот от 230 до 420,9 м. Географическое положение территории определяет континентальность ее климата с сухим жарким летом (t июля +22°С), холодной суровой зимой (t января -15,8°С), значительной суммой среднесуточных температур более +10°С (2800°) и среднегодовым количеством осадков 423 мм (Степной заповедник.., 1996).

Почвы участка представлены черноземами южными, карбонатными, неполноразвитыми. Они характеризуются укороченным почвенным профилем и наличием щебенки (гальки) с поверхности и по всему профилю (Климентьев и др., 2001).

В ботанико-географическом отношении Буртинская степь расположена в подзоне разнотравно-дерновиннозлаковых Заволжско-Казахстанских степей (Зоны и типы..., 1999а, б; Сафронова, Калмыкова, 2012). Наиболее распространенными являются залесскоковыльные степи (*Stipeta zalesskii*). В формировании разнообразия растительности большую роль играют галофитные варианты степных сообществ, а также фитоценозы, развивающиеся в понижениях рельефа: в неглубоких логах – степные сообщества с обильным ксеромезофитным и мезофитным разнотравьем, а в оврагах и балках – луга и березово-осиновые колки. В местах выходов грунтовых вод и у ручьев растительный покров представлен лугами и черноольшаниками (Калмыкова, 2012).

Участок «Буртинская степь» выделен из состава земель трех совхозов. До организации в 1989 г. заповедника территория Буртинской степи использовалась в основном под выпас и сенокошение. Пастбищная нагрузка была значительной – до 8 гуртов овец и крупного рогатого скота. Скот выпасался в основном на склонах водоразделов и в лощинах. Наблюдался значительный скотосбой у летних стоянок скота и мест водопоя. Значительные количества щебня на поверхности почвы не позволили использовать территорию под пашню.

Все жилые колонии степного сурка и отдельные семьи были зафиксированы и нанесены на карту-схему в масштабе 1:2000. На каждой колонии картировали расположение всех встреченных нор и соединяющих их тропинок, отмечали характер нор. Расположение зимних нор уточнялось в 1999 г. с помощью спутникового навигатора GPS-12, а в 2022 г. с помощью мобильного приложения NextGIS Mobile (Сорока, 2001; Soroka, 2023). Каждой семье на территории колоний присвоен свой номер. Учеты численности сурков проводили по общепринятым методикам (Машкин, 1997; Машкин,

Челинцев, 1989) в начале-середине июня через две недели после выхода сеголетков на поверхность. На каждой колонии учет проводили три дня подряд в часы наибольшей активности сурков утром и вечером. Животных подсчитывали в каждой семье отдельно. Выделяли две возрастные группы: взрослых (животных старше одного года) и сеголетков.

Площади семейных участков высчитывали по картам-схемам, ограничивая их по сети тропинок и крайним защитным норам с учетом максимального расстояния, на которое удаляются от них сурки. Семейный участок изображали в виде полигона, проводя границы по внешним сторонам периферических квадратов. В результате площадь семейного участка состояла из суммы площадей всех квадратов координатной сетки. Площадь колонии считали равной сумме площадей семейных участков, за вычетом непригодной и неиспользуемой сурками территории. Статистическую обработку результатов наблюдений проводили с использованием компьютерной программы STATISTICA 10.0.1011.

В 1990 г. на территории участка «Буртинская степь» было выявлено два сравнительно небольших поселения степного сурка, а шесть остальных, меньших по размерам, были разбросаны по территории участка. Общая численность обитавших здесь сурков оценивалась в 100-120 особей (Гейде, 1991). Для двух самых больших поселений на участке, которые соответствуют современным колониям №№ 5 и 7, приведена плотность в 20-25 особей на 1 км^2.

С 1996 г. стали проводиться регулярные ежегодные учеты численности. Были выделены 10 колоний, на которых зарегистрированы 44 жилые семьи, а численность составила 257 особей, что почти в два раза больше учетов 1990 г.

Колонии небольшие по площади, довольно сильно разобщены территориально, что свидетельствует о том, что далеко не вся территория удовлетворяет экологическим потребностям животных. Согласно принятой классификации (Бибиков, 1989; Машкин, 1997) такой тип поселений относится к очаговому, или мозаичному. Основными биотопами, которые сурки заселили на участке, являются слабопологие волнисто-увалистые склоны балок с разнотравно-ковыльно-типчаковыми и каменистыми степями на маломощных южных черноземах.

В 1997 г. семей было уже 49, а в 1998 г. их число увеличилось еще на 17. Увеличение числа семей на участке наблюдалось до 2003 г. и последующие 8 лет стабильно держалось примерно на одном уровне – 103-107 семей. С 2012 г. началось постепенное снижение числа семей, и в 2018 г. их осталось всего 55. При картировании гнездовых нор в 2022 г. были отмечены 74 жилые семьи.

При увеличении числа семей ни разу не было зафиксировано образования семейного участка на новой территории, ранее не используемой сурками. В большинстве случаев зверьки занимали старые, ранее брошенные семейные участки в пределах выделенных колоний. Самостоятельное сооружение глубоких нор требует затрат большого количества энергии, а существующие многолетние норы и тропы, являясь стабильными элементами биологического сигнального поля сурков, несут информацию о пригодности территории для обитания (Ванисова, 2015; Динесман, 1968). При сокращении числа семей ни разу не наблюдалось, чтобы оставшиеся семьи расширяли территории своих семейных участков за счет соседних брошенных. Хотя в литературе описываются случаи, когда при ухудшении кормовых условий и снижении численности, семьи занимали территорию 2-3 освободившихся соседних семейных участков (Ronkin et al., 2017).

Общая площадь, занятая поселениями степного сурка на участке «Буртинская степь», составляет 5,26 км^2, что составляет 11,7% от всей площади участка. Тот факт, что на протяжении довольно длительного времени (более 30 лет) на территории участка не появилось ни одной новой колонии, также отсутствуют нежилые норы вне выделенных поселений, а в периоды подъема численности не изменялись размеры уже

существующих колоний, может говорить о том, что все подходящие биотопы, удовлетворяющие жизненным потребностям животных, уже заняты.

С учетом нежилых семейных участков общее число семей, которые могут обитать на этой территории, составляет 120, а максимальная плотность – 22,8 семей/км^2 (от 16,7 до 100 семей/км^2 на отдельных колониях). В 1996 г. плотность зафиксированных жилых семей была минимальной за все годы наблюдений и составила всего 8,7 на 1 км^2 (36,7% от максимальной), что, вероятно, свидетельствует об угнетенном состоянии популяций в первые годы существования заповедника. В 2022 г. плотность жилых семей была 14,1 семьи/км^2, что составляет 61,8% от максимально возможной.

Наряду с наличием достаточного слоя мелкозема для устройства гнездовых нор, глубиной залегания грунтовых вод, хорошего обзора местности, наличие вегетирующей растительности в соответствии со специализацией сурков является одним из ведущих факторов, определяющих территориальную структуру поселений степного сурка. Семейные участки закладываются еще на начальных этапах освоения территории таким образом, чтобы полностью удовлетворять потребности всех членов семьи в пище. И, как правило, такие конфигурация и размеры сохраняются на протяжении многих лет благодаря присущей сурку, как и всем территориальным животным, системе межсемейных отношений, жестко фиксирующих внешние границы участков (Машкин, 1997; Середнева, 1991). При обилии и разнообразии корма площади семейных участков минимальны, при недостатке – увеличиваются (Бибиков, 1967). Так, в европейской части ареала самые маленькие семейные участки (0,2-4,0 га), причем в биотопах с интенсивным выпасом скота, где обеспечивается постоянная вегетация растительности, площади намного меньше, чем в биотопах с низким уровнем антропогенной нагрузки (Никольский, Савченко, 2002; Токарский и др., 2011; Ronkin et al., 2017). При продвижении на восток – в казахстанской части ареала, площади участков увеличиваются до 4,75-7,0 га (Шубин и др., 1978).

Для исследуемой территории характерны довольно большие размеры семейных участков, в среднем 5,22±0,6 га (3,0-8,7 га; n=75; p≤0,05). Распределение размеров показало, что наибольшее число семей (52%) имеет размеры 3-5 га. Середина этого класса (4 га) меньше средней (5,22±0,6 га) и медианы (4,96 га). Максимальные размеры (8-9 га) имеют 7% семей.

На территории заповедника мы выделили три типа нор: зимние, летние и защитные (временные). Зимние служат также выводковыми, в них самки рождают детенышей. Летние норы имеются не на всех семейных участках, поэтому в этих семьях зимние норы являются постоянными. Большинство нор на семейном участке соединены тропинками *(рисунок 2.36).* Особенно хорошо видны они между зимней и летней норами. К некоторым защитным норам, использующимся редко, ведут чуть заметные тропы.

Зимние норы составляют 4,5% от общего числа нор. Выживаемость сурков, успешность перезимовки и воспроизводства во многом зависит от распределения этого типа нор по элементам рельефа и экспозиции склонов. Отмечается приуроченность нор к возвышенным участкам с хорошо дренированными несыпучими грунтами, в местах с глубоким залеганием грунтовых вод и недоступных для весенних паводков, в основном южной экспозиции, где весной раньше появляются проталины, на которых сразу же начинают кормиться истощенные за зиму звери (Бибиков, 1967, 1989; Машкин, 1997; Руковский, 1991; Bassano et al., 1992).

В Буртинской степи большая часть зимних нор (69,4%) располагается в средней части склонов южной и западной экспозиций низких, не выше 10 метров, увалов на делювиальных отложениях. Небольшое число зимних нор (12,5%) на вершинах холмов, вероятно, объясняется каменистостью и сильно разреженным растительным покровом. На склонах северной экспозиции норы вообще не встречаются.

Зимние норы соседних семей располагаются на расстоянии 35-355 м (в среднем 193,3±16 м; n=75; p≤0,05) друг от друга, при этом не было отмечено перекрывания близко

расположенных соседних участков (Сорока, 2001). Форма семейных участков − от почти округлой до вытянутой.

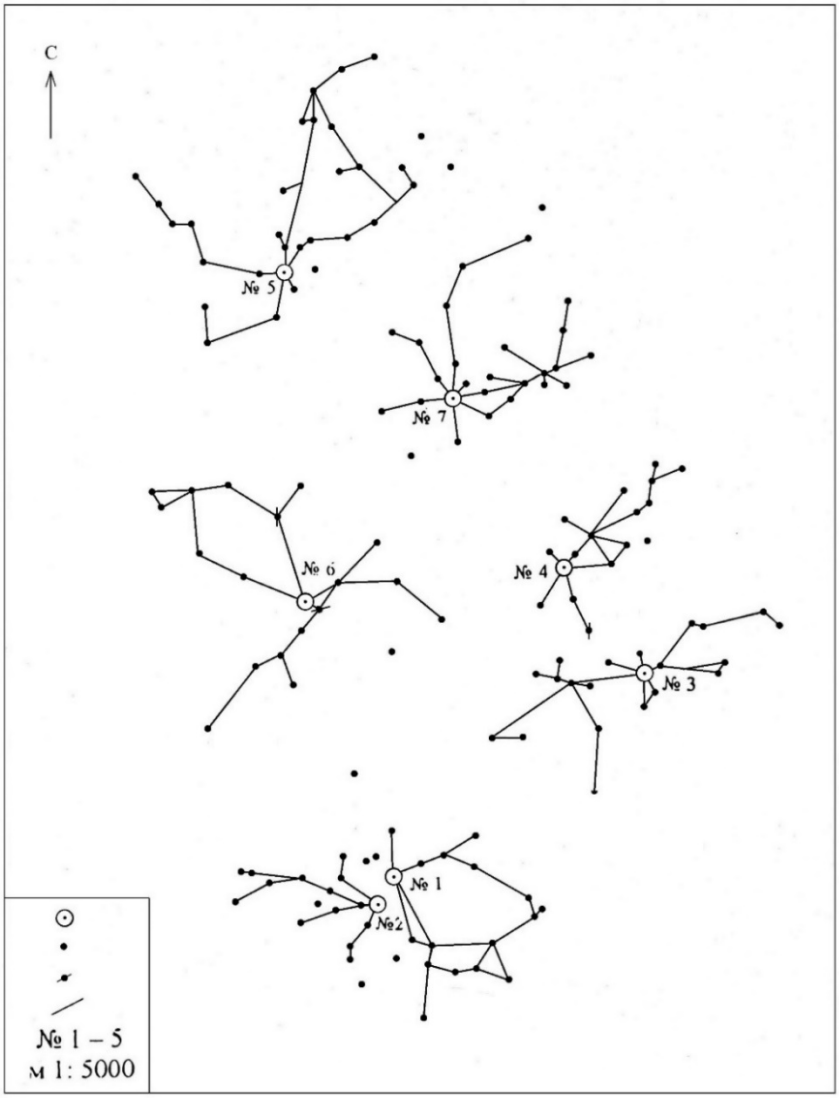


Рисунок 2.36. Конфигурация и размещение семейных участков степного сурка.

Условные обозначения: 1 – гнездовые зимние норы, 2 – защитные норы, 3 – брошенные норы, 4 – тропинки, 5 – номера семей.

Увеличение размеров участков обитания приводит к увеличению числа защитных нор (n=75; r=0,60; p<0,001), что повышает для сурков вероятность при появлении внезапной опасности спрятаться в ближайшей из них. Число защитных нор на семью изменяется от 9 до 52 (20,4±3,2; n=87; p≤0,05). Соотношение гнездовых зимних, летних и защитных нор составляет 1:1:20,4 соответственно (n=87). Наиболее удаленные посещаемые защитные норы обнаружены на расстоянии 200-220 м от зимних. Наблюдения за меченными животными показали, что на периферии семейного участка сурки обычно не удаляются от ближайших защитных нор далее 30-50 м (n=12). В результате наибольшая дальность ухода зверей от гнездовой норы составляет 230-270 м.

Следует отметить, что такая пространственная структура на территории большинства колоний сложилась еще до организации заповедника при значительной пастбищной нагрузке и сохраняется до настоящего времени. Следовательно, для данной территории выпас скота не может рассматриваться в числе основных факторов, определяющих благополучие степного сурка. Способность растений отрастать заново и вегетировать более длительный срок после отчуждения, необходимая для обеспеченности сурков молодыми богатыми белками частями растений, в засушливых

условиях лимитируется запасами продуктивной влаги в почве (Абатуров, Лопатин, 1985). А разрушение подстилки и ветоши копытами приводит к еще большему иссушению почвы и ускоряет выгорание растительности.

Исследуемая территория располагается в условиях континентального климата. Это отражается на низкой обеспеченности степей влагой и, как следствие, кратковременностью вегетационного периода, который прекращается с установлением высоких температур воздуха. Чтобы обеспечить себя достаточным количеством корма, сурки вынуждены увеличивать кормовую территорию, включая в нее нижние части склонов, ложбины, балки, где за счет накопления большого количества снега и длительного его таяния вегетация более поздняя и продолжительная. Еще одной адаптацией к кратковременному вегетационному периоду на исследуемой территории является раннее залегание сурков в спячку, которое начинается уже во II-III декадах июля (Сорока, 2000).

Помимо климата, на обеспеченность сурков кормом в их местообитаниях, вероятно, оказывают влияние степные пожары. В условиях дефицита влаги растительность не успевает восстановиться после пожара, в зимний период снег не задерживается и сдувается со сгоревшей территории, тем самым усугубляя дефицит влаги ранней весной. В отсутствие подстилки увеличивается интенсивность процессов потери почвами влаги, что отражается в снижении на выгоревших участках ее запасов на 11,7-21,3% за период вегетации, также снижается скорость водопроницаемости более чем на 15%, а потери гумуса в результате пирогенного воздействия в слое 0-10 см составляют 7% (Галактионова, Верхошенцева, 2016). После пожара упрощается состав и структура фитоценозов, доля и ход сезонной динамики живой фитомассы горевших сообществ приближается к контрольным только на шестой год послепожарной сукцессии. На участках бывших пастбищ и залежах, где располагаются колонии степного сурка, структура живой надземной фитомассы в горевших фитоценозах достоверно отличается по массе и доле участия разных жизненных форм от не горевших территорий (Dusaeva, Kalmykova, 2023).

Наблюдавшийся в первые годы существования заповедника рост числа семей степного сурка на участке, вероятно, связан с постепенным восстановлением структуры и состава фитоценозов в условиях прекращения выпаса. Не стоит также исключать прекращение браконьерства и добычи сурков пастушьими собаками. Несмотря на снижение общего числа семей после 2012 года, на большинстве колоний число семей либо снизилось незначительно, либо осталось прежним и даже увеличилось.

На территории участка «Буртинская степь» заповедника «Оренбургский» популяция степного сурка существует уже более 30 лет. Выделено 10 стабильно существующих колоний общей площадью 5,26 км^2, довольно сильно разобщенных территориально. Пространственная структура на территории большинства колоний сложилась еще до организации заповедника при значительной пастбищной нагрузке и сохраняется до настоящего времени. На пространственную структуру большее влияние оказывает континентальность климата, чем наличие или отсутствие выпаса. Это выражается в увеличении размеров семейных участков за счет включения в них нижних частей склонов, ложбин с более поздней и продолжительной вегетацией растительности. После введения заповедного режима и демутации растительного покрова на большинстве колоний, расположенных на бывших пастбищах, число семей либо снизилось незначительно, либо осталось прежним и даже увеличилось. Сохранению и восстановлению вида на участке будет способствовать повышение эффективности проводимых противопожарных мероприятий и дальнейший мониторинг состояния популяции.

2.5. АРАХНОЭНТОМОЗЫ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР РИСКА ДЛЯ ДОМАШНИХ И ДИКИХ ЖИВОТНЫХ *(Кузьмина Е.Н.)*

Паразитические насекомые и клещи являются возбудителями и переносчиками бактериальных, вирусных, протозойных и паразитарных заболеваний, что обусловлено филогенетически. Установлено, что патогены способны персистировать в организме переносчиков в течение нескольких лет в необходимых им условиях существования и размножения. Паразитические членистоногие, являясь как механическими, так и специфическими переносчиками заболеваний, одновременно могут быть резервуарами сразу нескольких возбудителей (Поляков, Узаков, Веселкин, 1990).

Оводы эпизоотологически важны, поскольку представляют собой часть синантропного комплекса и принимают участие в процессах трансмиссивной передачи возбудителей инфекционных агентов животных (Трухачев и др., 2011). В настоящее время уделяется особое внимание вопросам распространения оводов, их идентификации, особенностям течения миазов, интенсивности заражения и терапии животных. Остаются малоизученными видовой состав, ареал, биология, популяционная экология, фенология, онтогенез и функционирование системы «паразит – хозяин» (Ibrayev et al., 2015; Li et al., 2019*b*).

Таким образом, паразитические членистоногие представляют собой потенциальный источник загрязнения окружающей среды, а экологические риски, связанные с угрозой здоровью и жизни животных, могут иметь антропогенное воздействие (переселение животных) или природное (пересечение ареалов обитания паразитических агентов и пастбищ). Последствиями экологических рисков следует рассматривать болезни и падеж животных (Медведева, 2016).

Для экологической оценки рисков были определены задачи – выявление паразитических агентов и установление географических границ их воздействия. Проанализированы архивные данные ветеринарной отчетности по саркоптоидозам домашних животных на территории Оренбургской области. Архивные данные были предоставлены Министерством сельского хозяйства, торговли, пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области. Проведен обзор литературных данных. Проведено картографирование полученных результатов. Взяты соскобы кожных покровов верблюдов и коз. Отобраны образцы шерсти яков, верблюдов, коз и лошадей Пржевальского для микроскопии. Дважды получены соскобы с помещений для летнего и зимнего содержания животных (навесы, загоны, кормушки, столбы ограждений). Также взяты соскобы с животных и с помещений для их содержания в частных хозяйствах поселка Сазан. Отобранные материалы были исследованы витальными методами для обнаружения и дифференцировки клещей методами Фридберга и Френера, Н.Н. Богданова, Г.З. Шика и А.В. Алфимовой.

В период 2020-2022 гг. были проведены исследования преимагинальных фаз развития паразитических насекомых сем. *Gasterophilidae*. В этой работе приведены данные о видах паразитов *Gasterophilus haemorrhoidalis*, *G. inermis, G. intestinalis, G. nasalis (=veterinus), G. nigricornis и G. pecorum*. Были собраны яйца оводов с лошадей Пржевальского и домашних лошадей поселка Сазан в период 2020-2022 гг. с августа по октябрь. С участков тела каждой домашней лошади (шея, грудная клетка, передние конечности) собирали 90-100 яиц. В отличие от них, животные стационара дикие и находились в стационаре на полувольном содержании. Поэтому от каждой лошади Пржевальского собирали 10-20 яиц. На шерстном покрове лошадей Пржевальского яйца плохо различимы – цвет яиц схож с цветом шерсти животного. Кианги оказались крайне пугливыми, и получить данные по обсемененности яйцами оводов не удалось. В течение летнего периода у непарнокопытных наблюдали отхождение личинок сем. Gasterophilidae 3-й стадии развития. Выпавшие личинки 3-го возраста определены по морфологическим признакам (Грунин, 1953, 1955). В период 2020-2022 гг. проведены

патологоанатомические вскрытия трех лошадей Пржевальского и одного кианга. Полученные личинки 2-го и 3-го возрастов были зафиксированы в этаноле. Причиной смерти животных оводовые инвазии не являлись. Рассчитывали интенсивность инвазии как среднее количество паразитов у одной особи и экстенсивность инвазии как количество особей вида, зараженных личинками, по отношению ко всему числу исследованных особей.

Чесоточные клещи – клещи родов *Sarcoptes*, *Psoroptes* и *Chorioptes* надсемейства *Sarcoptoidea* являются возбудителями чесотки у домашних и диких животных (Соколов, Гиляров, Правдин, 1984). Саркоптоидозы – саркоптоз, псороптоз, хориоптоз – это группа заболеваний с различными этиологией и клинической картиной, которые вызваны мелкими паразитическими клещами. Патогенное воздействие возбудителей группы чесоточных болезней обусловлено токсическим, аллергическим (выделение клещами аллергенов) и механическим (укусы, прокалывание и минирование толщи кожи) воздействием на организм животного.

Псороптоз, саркоптоз и хориоптоз мелкого рогатого скота широко распространены в муниципальных образованиях Оренбургской области *(таблица 2.25, рисунок 2.37).* Особенно высокая заболеваемость отмечается в овцеводческих и козоводческих хозяйствах Матвеевского, Пономарёвского, Гайского, Акбулакского, Новосергиевского районов, Абдулинского, Соль-Илецкого и Сорочинского городских округов.

Таблица 2.25.

Лабораторно подтвержденные паразитические клещи
по муниципальным образованиям Оренбургской области

Муниципальные образования	Возбудитель							
	Зудни			Накожники			Кожееды	Железницы
	S. bovis	*S. caprae*	*S. equi*	*P. bovis*	*P. caprae*	*P. equi*	*Ch. caprae*	*D. bovis*
Абдулинский	+	+	+	+	+	+	+	
Александровский	+			+				
Акбулакский		+			+	+		
Бузулукский	+			+				
Гайский		+			+		+	
Домбаровский	+			+				
Матвеевский		+		+	+		+	
Новоорский	+			+				
Новосергиевский		+			+		+	
Первомайский	+			+				
Пономаревский		+			+		+	
Светлинский	+			+				
Сорочинский		+			+		+	+
Соль-Илецкий	+	+		+	+		+	
Тюльганский		+						
Шарлыкский	+			+				
г. Орск					+			

Псороптоз и саркоптоз крупного рогатого скота выявлены на территории Александровского, Шарлыкского, Первомайского, Новоорского, Домбаровского, Беляевского, Светлинского и Бузулукского районов, а также Абдулинского и Соль-Илецкого городских округов.

На территории Оренбургской области специалисты ветеринарной службы проводят диагностические исследования и лечебно-профилактические обработки домашних животных препаратами широкого спектра действия, что усложняет постановку диагноза по саркоптоидозам. Так, в 2019 г. от паразитов обработано 168 лошадей, 173686 крупного рогатого скота и 81057 мелкого рогатого скота.

На основании анализа архивных данных ветеринарной отчетности нами были обозначены неблагополучные по саркоптоидозам районы области с указанием возбудителей. На территории Абдулинского городского округа псороптоз КРС регулярно лабораторно подтверждался. *Psoroptes bovis*, вызывающий накожниковую чесотку КРС, был дифференцирован в 2014 г. – 3 заболевших животных, в 2016 г. – 7 случаев, в 2017 г. – 13 случаев и в 2018 г. – 5. Кроме того, в 2014 г. на территории этого же городского округа у лошадей были подтверждены псороптоз – 1 случай и саркоптоз – 2 случая.

На территории г. Орска в 2014 г. отмечены многочисленные случаи псороптоза МРС, лабораторно подтверждено 18 случаев заболевания. В Октябрьском районе отмечена сходная картина по псороптозу КРС: в 2015 г. выявлен единичный случай заболевания. В Тюльганском районе при исследовании образцов шерсти МРС был подтвержден саркоптоз: в 2019 г. – 4 положительных пробы и в текущем 2020 г. – 9 положительных проб (Кузьмина, Грудинин, 2020).

Паразитический клещ *Demodex bovis* является представителем подотряда *Trombidiformes*, обитает в волосяных фолликулах и сальных железах крупного рогатого скота. Эти эндопаразиты крайне малы и морфологически отличны от саркоптиформных клещей – их тело червеобразной формы, ротовые органы сосущего типа, ноги короткие *(таблица 2.25).* Виды рода *Demodex* паразитируют на диких и домашних млекопитающих, нанося большой вред животноводству, вызывая демодекоз или железничную чесотку (Соколов, Гиляров, Правдин, 1984).

В 2019 г. в Оренбургской области впервые выявлен *D. bovis* и лабораторно подтвержден демодекоз крупного рогатого скота в Сорочинском районе. Согласно сведениям ветеринарной отчетности, заболевание выявлено у двух животных. Вполне возможно, что паразит был завезен на территорию области вместе с поголовьем импортных животных. Ранее этот возбудитель на территории Оренбургской области отсутствовал.

На территории стационара акариформные клещи во всех исследуемых образцах нами не обнаружены, что может констатировать благополучие по саркоптоидозам животных, содержащихся в стационаре «Оренбургская Тарпания».

На основе анализа полученных данных составлена эпизоотическая карта саркоптоидозов по муниципальным образованиям Оренбургской области *(рисунок 2.37)*.

Представители сем. Gasterophilidae на личиночной стадии онтогенеза являются облигатными высокоспецифичными паразитами млекопитающих (Грунин, 1953; Li et al., 2019*a*; Zumpt, 1965). Зрелые личинки 1-й стадии развития самостоятельно выходят из яиц и внедряются в неповрежденные участки кожи и слизистой оболочки непарнокопытных, вызывая миазы (Сивкова, Федорова, 2018; Colwell, 2006; Huang et al., 2016; Zumpt, 1965).

Оводы являются существенным компонентом экологических систем степей Оренбургской области. Численность популяций оводов высокая, их присутствие в биогеоценозе регистрируют в течение всего весенне-летнего периода. Климатические условия Оренбургской области, наличие непарнокопытных хозяев (животные стационара, обитатели центра реинтродукции лошадей Пржевальского и домашние

лошади жителей поселка Сазан), отсутствие антипаразитарных обработок в стационаре создают благоприятные условия для повышения численности особей сем. Gasterophilidae, что также отмечает N.S. Zvegintsova (2019).

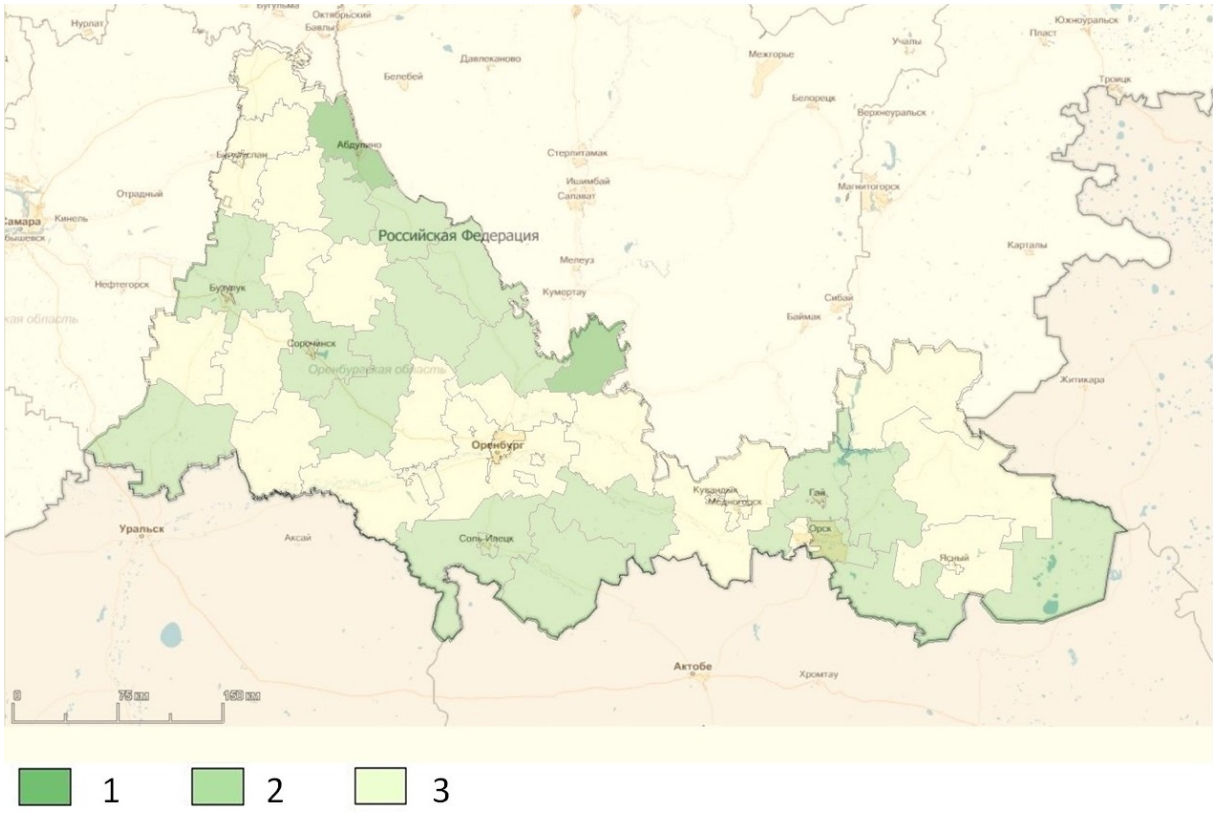


Рисунок 2.37. Эпизоотическая карта саркоптоидозов Оренбургской области.

Условные обозначения: 1 – муниципальные образования, в которых саркоптоидозы лабораторно подтверждены на протяжении нескольких лет, 2 – муниципальные образования, неблагоприятные по саркоптоидозам, 3 – муниципальные образования, благоприятные по саркоптоидозам (подложка карты – снимок SASPlanet).

В Оренбургской области паразитируют пять видов сем. Gasterophilidae *(таблица 2.26).* Сроки лёта желудочных оводов и обсеменения шерстного покрова яйцами оводов растянуты во времени и наблюдались с августа по октябрь.

Топографические данные о расположении яиц *G. intestinalis* у лошадей Пржевальского и домашних лошадей поселка Сазан не противоречат Pilo et al. (2009) и Барашковой (2019).

Согласно результатам исследований и на основе анализа литературных источников, наиболее многочисленным видом на территории стационара является *G. intestinalis*. Полученные данные согласуются с Понамаревым и др., 2016; Ibrayev et al., 2015; Zhang et al., 2021.

Личинки *G. intestinalis* и *G. nasalis* занимают различное топографическое положение в желудке хозяина и имеют разную окраску. Личинки *G. intestinalis* бурого цвета и паразитируют в слизистой оболочке желудка, а желтоватые личинки *G. nasalis* занимают пилорическую область слизистой оболочки желудка и проксимальную часть двенадцатиперстной кишки.

У домашних лошадей поселка Сазан отмечена более высокая интенсивность обсемененности. Кладки яиц на одном волосяном стержне встречались часто по 1-2, иногда 4, редко 3, 5 или 6.

У лошадей Пржевальского вышедшие для окукливания личинки были как живыми, так и нежизнеспособными, что может свидетельствовать о более высокой резистентности к паразитическим агентам.

Таблица 2.26.

Перечень видов Gasterophilus мировой фауны и территории Оренбургской области

Мировая фауна	Фауна Оренбургской области
G. haemorrhoidalis (Linnaeus, 1758)	+
G. inermis (Braurer, 1858)	+
G. intestinalis (De Geer, 1776)	+
G. nasalis (=veterinus) (Linnaeus, 1758)	+
G. pecorum (Fabricius, 1794)	+
G. terniciпctus (Gedoelst, 1912)	–
G. flavipes (Oliver, 1811)	–
G. meridionalis (Pillers & Evans, 1926)	–
G. nigricornis (Loew, 1863)	–

Экстенсивность инвазии исследуемых лошадей Пржевальского составила 100%, что согласуется с другими данными Вацаев и др., 2018; Huang et al., 2016; Ibrayev et al., 2015; Reshetnikov et al., 2014; Zhang et al., 2021.

Интенсивность инвазии составила у лошадей Пржевальского 2, 77 и 165 личинок, у кианга – 172. Мы рассматриваем эти показатели как незначительную зараженность, не вызывающую сильного расстройства здоровья хозяина. У лошадей Пржевальского и кианго клинические признаки гастрофилеза не наблюдались.

Проведенные исследования в период 2014-2020 гг. выявили особенности пространственного распределения заболеваемости домашних животных саркоптоидозами и демодекозом на территории Оренбургской области.

К благополучным по саркоптоидозам можно отнести Адамовский, Асекеевский, Бугурусланский, Грачёвский, Илекский, Кваркенский, Красногвардейский, Кувандыкский, Курманаевский, Оренбургский, Переволоцкий, Сакмарский, Саракташский, Северный, Ташлинский, Тоцкий районы и Ясненский городской округ.

Установлены муниципальные образования с относительно неблагоприятной обстановкой как по заболеваемости в целом, так и по спектру заболеваний, вызываемых разными возбудителями. В части муниципальных образований области заболеваемость саркоптоидозами лабораторно подтверждается в течение ряда лет, а именно: псороптоз КРС в Абдулинском городском округе и саркоптоз МРС в Тюльганском районе.

Наиболее разнообразны возбудители саркоптоидозов в Абдулинском, Сорочинском и Соль-Илецком городских округах и Матвеевском районе. Единичные случаи заболеваемости псороптозом КРС зарегистрированы в Матвеевском и Октябрьском районах.

Выявлено, что Беляевский район, в котором расположен степной стационар Института степи УрО РАН «Оренбургская Тарпания», неблагополучен по саркоптозу и псороптозу КРС. Следовательно, имеется риск заражения содержащихся в нем животных несмотря на то, что на сегодняшний день заболеваний не обнаружено.

Впервые в Оренбургской области выявлен демодекоз КРС в Сорочинском районе. Таким образом, рекомендуем более тщательно соблюдать карантин для ввезенных животных.

Выявлено, что *сем. Gasterophilidae* Оренбургской области представлено пятью видами – *G. haemorrhoidalis* (L., 1758), *G. inermis* (Brauer, 1858), *G. intestinalis* (De Geer, 1776), *G. nasalis* (L., 1758) и *G. pecorum* (Fabricius, 1794).

На территории научного степного стационара «Оренбургская Тарпания» лошади Пржевальского и кианги были заражены видами *G. intestinalis* и *G. nasalis* (= *veterinus*)

(L., 1758). Наиболее распространенным видом является G. intestinalis. Интенсивность инвазии лошадей Пржевальского и кианго в оказалась невысокой, а клинические признаки гастрофилеза отсутствовали. Экстенсивность инвазии лошадей Пржевальского составила 100%. Домашние лошади поселка Сазан были в большей степени инвазированы личинками сем. Gasterophilidae, чем лошади степного стационара Пржевальского. У лошадей Пржевальского отмечена более высокая резистентность к личинкам желудочных оводов.

2.6. ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛОДОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В СТЕПНЫХ РЕГИОНАХ. УСТОЙЧИВЫЕ ВИДЫ РОДА *MALUS* MILL. В ОРЕНБУРГСКОМ РЕГИОНЕ *(Савин Е.З., Березина Т.В.)*

На степных просторах Евразии люди жили с доисторических времен (Чибилёв, 2013). Территория Заволжско-Уральского степного региона в глубокой древности служила своеобразным коридором, по которому с Востока на Запад и обратно двигались многочисленные племена и народы (Чибилёв, 2008). Здесь проходил «Великий шелковый путь». В данном регионе произошло уникальное смешение народов и культур и их взаимное обогащение. Следует отметить, что при перемещении народов в степные ландшафты интродуцировались различные виды растений, несвойственные для данной зоны (Чибилёв, 2013). Здесь находятся южные и северные, восточные и западные границы ареалов распространения многих видов растительного мира (Чибилёв, 1983, 1992*а*).

В природном наследии евроазиатских степей плодовые и ягодные культуры являются неотъемлемой частью степных и лесостепных комплексов. Они произрастают повсеместно в местах исчезнувших и современных поселений, часто встречаются вблизи водоемов, в поймах больших и малых рек (Рябинина, Вельмовский, 1999; Чибилёв, 1996а).

Изучению растительного покрова Оренбургской области, в том числе плодово-ягодным формам, исследователи всегда уделяли большое внимание. Плодовые растения описаны многими естествоиспытателями, изучавшими Оренбургский край: П.С. Палласом (1773), Э.А. Эверсманом (1840), В.М. Черемшанским (1859), П.И. Рычковым (1762, 1887), К.К. Шульцем (1882), П.Н. Распоповым (1883), Д.И. Соколовым (1909, 1916), С.С. Неуструевым (1918), Г.С. Карелиным (1883), А.А. Чибилёвым (1983, 1993, 1996*б*, 2008, 2013) и др., а также ботаниками, изучавшими степной край: В.В. Ивановым (1971), З.Н. Рябининой (1998), З.Н. Рябининой, М.С. Князевым (2009), В.Л. Комаровым, С.В. Юзепчуком (Флора СССР, 1939), Ф.Н. Мильковым (1947, 1951), А.З. Петренко (1968), П.Ф. Маевским (2006), Л.Г. Динесманом (1958), Г.Н. Новиковым (1936) (Флора средней полосы России…, 2010), Н.Н. Цвелевым (Флора Восточной Европы, 2001) и другими.

На территории Заволжско-Уральского региона Оренбуржья растут и плодоносят аборигенные и интродуцированные плодово-ягодные растения. Аборигенными видами являются вишня степная (*Cerasus fruticosa* Pall.), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), терн колючий (*Prunus spinosa* L.), различные виды боярышника (*Crataegus* L.), шиповника (*Rosa* L.), рябины (*Sorbus* L.), калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), черная смородина (*Ribes nigrum* L.), костяника (*Rubus saxatilis* L.), малина (*R. idaeus* L.), ежевика (*R. caesius* L.), лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.) (Даркшевич, 1953; Кириков, 1953; Паллас, 1773; Рябинина, 1998; Рябинина, Вельмовский, 1999; Савин, 2004; Черемшанский, 1859; Эверсман, 1840).

Многие интродуцированные плодовые культуры успешно акклиматизировались и произрастают в диком состоянии на территории области: золотистая смородина (*Ribes aureum* Pursh.), яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.), я. вишнеплодная (*M. cerasifera* Spach.), я. сливолистная (*M. prunifolia* (Willd.) Borkh.), сеянцы яблони домашней (*M. domestica* Borkh.), груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis* Maxim.), г. обыкновенная (*P. communis* L.), слива вишненосная, с. обыкновенная (*Prunus domestica* L.), черемуха виргинская (*Padus virginiana* (L.) Mill.), клубника садовая (*Fragaria manga* Thuill), ирга колосистая (*Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L.), бузина черная (*Sambucus nigra* L.), б. сибирская (*S. sibirica* Nakai), б. кистевидная (*S. racemosa* L.) (Рябинина, Вельмовский, 1999).

Культура садоводства в Оренбуржье появилась более 200 лет назад. Оренбургский край начал активно заселяться с XVIII в. Первые опыты по выращиванию яблоневых садов были не всегда удачными (Березина, 2017; Попова, 1998). Устойчивые сорта других

регионов в резко континентальном климате Оренбуржья, в ландшафтах с низкой лесистостью и в неблагоприятных почвенно-климатических условиях регулярно вымерзали, получали повреждения или имели низкий урожай. Уже тогда первые испытания показали разное проявление свойств сорта в различных регионах, это касалось не только сроков цветения и созревания, но и окраски плодов, формы кроны, характера роста. Историю садоводства в регионе можно разделить на 3 периода: дореволюционный (XVIII-XIX вв.), советский (30-70 гг. XX в.) и современный (70 гг. XX в.-XXI в.).

Человек и природа проводили отбор самых устойчивых видов и сортов плодовых культур. При закладке плодовых насаждений на территории региона должного внимания выбору участков не уделялось. В результате на неблагоприятных территориях для произрастания плодовых культур сады оказались малорентабельными по экологическим причинам (повреждения низкими температурами, солнечными ожогами, иссушение холодными ветрами и другие факторы). На благоприятных территориях сады стали малорентабельными из-за неустойчивого к местным природным условиям сортимента, и по социальным причинам (малая площадь насаждений, отсутствие рынка сбыта, отсутствие баз хранения и переработки и др.).

После окончания эксплуатации сада со временем культурные сорта отмирают *(рисунок 2.38)*. На месте гибели деревьев чаще всего отрастает подвойная часть, а в междурядьях появляются сеянцы культурных сортов и подвойного материала. Распространяясь за пределы сада, с помощью семенного материала, плодовые насаждения оказываются в естественных природных условиях, переходят из агроценоза в биоценоз. На этих участках произрастают наиболее адаптированные к условиям региона виды и формы, среди которых предоставляется возможность отобрать ценный генетический материал для дальнейшей селекции, а также оценить экологические условия, способствующие сохранности данных насаждений (Березина, 2017). Развитие, состояние и продуктивность плодовых деревьев зависят от целого комплекса экологических микроусловий: рельеф местности, экспозиция склона, воздушный дренаж, условия увлажнения, глубина залегания грунтовых вод, защита естественными и искусственными древесными насаждениями, почвенные условия (Кондратьев, 1990; Малыченко, 1987). Участки, на которых сады сохраняются на протяжении нескольких десятков лет, могут служить эталонами благоприятных экологических условий для произрастания плодовых культур. На наш взгляд, особое внимание следует обратить на сады, в которых сохранились культурные сорта или крупноплодные сеянцы *Malus domestica* – Поляков сад, Таврический сад, сады с. Таллы, п. Садовый, с. Озерки, с. Сергиевка (*таблица 2.27*).



Рисунок 2.38. Сад в п. Бурлыкский Беляевский район.

Таблица 2.27.

Экологическая характеристика садов, заложенных в XVIII-XIX в. в Оренбургском регионе

Сады (примерное время закладки)	Бонитет	Полнота стояния, %	Рельеф	Экспозиция склона	Водный источник	Почвы	Садозащит. насаждения	Виды и сорта
Лесопосадки А.Н. Карамзина (1870-1880 гг.) *Лесокультурный памятник природы*	4	5	2НТ	СВ	до 500 м	Черноземы выщелоченные и типичные тяжело- и среднесуглинистые	ЛМ	*Padus avium*, *Crataegus sanguinea* Pall., *Sorbus aucuparia* L.
п. Опытный (дендросад Борового опытного лесничества) (XIX в.) *Лесокультурный памятник природы*	3,5-4,5	80	БП	ЮВ	НТУ	Аллювиальные дерновые насыщенные	ЛМ, ЛП	*Malus baccata, Pyrus ussuriensis*, *Corylus mandshurica* Maxim.
п. Партизанский (кардон) XIX в.	4	5	БП	СЗ	до 500 м		ЛМ	*Malus sylvestris*, *Pyrus communis*, *Padus avium*
Поляков сад (начало XIX в.) *Лесокультурный памятник природы*	4-4,5	20-30	2НТ	ЮВ	более 1 км	Черноземы обыкновенные тяжело- и среднесуглинистые	ЛМ	*Malus domestica* - Осеннее полосатое, Анис серый
с. Таллы (монастырский сад) (Середина XVIII в., в саду проводили реконструкцию в 50-60 гг. XX в)	4	70	1НТ	ЮВ	НТУ		ЛМ, ЛП	*Malus cerasifera*, *M. prunifolia*, *M. domestica, Pyrus communis*, *Ribes nigrum*, *Prunus spinosa*
п. Дрыгин сад (XIX в., подвергался ремонту в 70-80 гг. XX в.)	3	5	1НТ	РУ	НТУ		ЛП	*Malus cerasifera*, *Ribes aureum*, *R. nigrum*, *Fragaria vesca*, *Rosa*
п. Волжский (XIX в. саду более 100 лет)	4	40	1НТ	СВ	НТУ	Черноземы южные тяжело- и среднесуглинистые	ЛП, ЛМ	*Malus sylvestris*, *Padus avium*, *Rosa*
Таврический сад (конец XIX начало XX в.)	4-4,5	85-90	ВУ	СЗ	до 500	Черноземы южные супесчаные	ЛП, ЕДР	*Malus sylvestris*, *M. prunifolia, M. cerasifera, Pyrus communis, Ribes aureum, Cerasus fruticosa*

п. Садовый (XVIII-XIX в. реконструирован в 50-60 гг.)	3,5-4	60-70	ДБ	ЮВ	НТУ	Черноземы обыкновенные глинистые	ЛП, ЕДР	*Malus prunifolia, M. sylvestris, M. cerasifera*, *M. domestica* - Грушовка московская, Анис серый, Трансцендент, *Pyrus communis, Ribes nigrum*
с. Озерки (XVIII в.)	4	80-85	1НТ	ЮВ	до 500	Аллювиальные луговые насыщенные	ЛП	*Malus domestica* сорта – Мальт Крестовый, китайка Санинская (до 10 м высотой), *Malus sylvestris*, *Prunus spinosa*, *Rosa* L.
с. Сладкое (XIX в.)	4-4,5	30-35	ПМ	ЮЗ	нту	Черноземы южные тяжело- и среднесуглинистые	ЛП	*Malus sylvestris*
с. Сергиевка (монастырский сад) (середина XVIII в.)	4,5	5	2НТ	В	от 500 до 1 км	Солонцы черноземные, почвообразующие породы глинистые засоленые	ЛМ	*Malus domestica* сорта – Мальт крестовый, терн крупноплодный – Мичуринский десертный
с. Краснохолм (Попов сад) (XVIII в.)	3	5	2НТ	СЗ	НТУ	Черноземы южные тяжело- и среднесуглинистые	ЕДР	*Malus sylvestris*
с. Луч (казачий сад «Аничкин») (Заложен казачьим войском на левобережье Чагана в 1870 г.)	3	5	ПМ	СЗ	НТУ	Аллювиальные луговые тяжелосуглинистые	ЛП, ЛМ	*Malus sylvestris*, *Prunus domestica* ssp. *insititia*
с. Изобильное (Полонический сад) (XIX в.) В настоящий момент восстанавливается крестьянско-фермерским хозяйством.	4	95	ПМ	РУ	НТУ	Черноземы южные, песчаные	ЛП	*Malus domestica*, *Prunus domestica*
с. Изобильное (Кисилев сад) (XIX в.)	3-3,5	5	1НТ	ЮВ	до 500	Смытые и намытые оврагов балок и склонов		*Malus prunifolia, M. cerasifera, M. sylvestris*
с. Изобильное (Мосалин сад) (XIX в.)	3	5	ПМ	РУ	НТУ			*Malus prunifolia, M. cerasifera, M. sylvestris*
с. Изобильное (Рыжков сад) (XIX в.)	2,5	5	1НТ	ЮВ	до 500		ЕДР	*Malus cerasifera, M. prunifolia, M. sylvestris*

Примечание: 1НТ – первая надпойменная терраса, 2НТ – вторая надпойменная терраса, ПМ – пойма, ВУ – водораздельно-увалистый, ДБ – долинно-балочный, БП – бугристо-песчаный; РУ – ровный участок, НТУ – на территории участка; ЛП – лесная полоса, ЛМ – лесной массив, ЕДР – естественная древесная растительность.

В современной России одним из приоритетных направлений развития является импортозамещение, в том числе и плодово-ягодной продукции. Для развития данного направления необходимо исследовать весь комплекс экологических условий регионов и их биологические ресурсы. Основной проблемой селекции яблони является проблема качества генетических ресурсов. В ряде стран Европы и Средней Азии стоит вопрос о сохранении генетического разнообразия и чистых линий рода *Malus* Mill. (яблони). Для создания продуктивных, экономически выгодных плодовых насаждений необходимо создавать для каждого региона свои сорта, устойчивые к местным почвенно-климатическим условиям. В связи с разнообразием почвенно-климатических условий России в каждом регионе должен быть подобран наиболее адаптированный сортимент плодовых культур, в том числе и подвои (Будаговский, 1976; Витковский, 2008; Ищенко, 2022; Мичурин, 1948; Пономаренко и др., 2011; Савин и др., 2015).

Климатические условия Заволжско-Уральского региона недостаточно благоприятны для произрастания большинства сортов яблони (род *Malus* Mill.). Для зимнего периода Оренбургского региона характерны низкие температуры до –42°С, сильные ветра и малоснежье. В летнее время отмечается острый дефицит осадков, высокая температура до +40…+42°С, с низкая относительная влажность воздуха. Часто встречаются малопродуктивные карбонатные, засоленные почвы. В этих условиях плодовые насаждения должны обладать достаточно высокой зимостойкостью надземной и корневой системы дерева, повышенной засухоустойчивостью и неприхотливостью к почвенным разностям (Агроклиматические ресурсы…, 1971; Научно-прикладной справочник по климату…, 1988).

Среднегодовая температура воздуха –3,8°С, максимальная температура за годы исследования составляет +38…+39°С. Относительная влажность воздуха в летнее время в среднем 64,6%, сумма активных температур колебалась от 1840 до 2938°С число дней с относительной влажностью 30% в среднем составляет 82. В отдельные засушливые годы доходит до 120-130 дней. Среднемноголетние осадки составляют 562 мм и колеблются от 283 до 763 мм. Минимальная температура в зимнее время опускается до –42…–43°С. За время испытания температура опускалась ниже 40°С шесть раз. Глубина промерзания почвы достигает 50 см по степной зоне Заволжско-Уральского региона, в среднем составляет 48 см. Снижению глубины промерзания почвы способствует высокий снежный покров, который в среднем составляет 82 см, а в отдельные годы до 1 м и выше (Агроклиматические ресурсы…, 1971; Научно-прикладной справочник…, 1988).

Несмотря на неблагоприятные климатические факторы, в Оренбургском регионе широко распространены различные виды яблони как в культуре, так и в диких условиях.

К основным негативным факторам Оренбуржья, отрицательно влияющим на состояние, сохранность и продуктивность плодовых культур, относятся:

1. Пониженные формы рельефа, где скапливаются в зимнее, позднее-весеннее и раннелетнее время холодные массы воздуха.

2. Солнечные ожоги, преимущественно на южных и юго-западных склонах в феврале-марте (период вынужденного покоя), обильное солнечное сияние приводит к нагреванию стволов с южной, юго-западной стороны дерева, приводящему к гибели коры, камбия, древесины.

3. Зимнее иссушение плодовой древесины, особенно при отсутствии защиты (лесных полос, складками рельефа), наблюдается в январе-феврале, северные, северо-восточные ветра при температуре –25…–30°С, которые приводят к ее гибели плодовой древесины.

4. Неблагоприятные почвенные разности с повышенным содержанием солей нитратов и хлоридов.

5. Высокое залегание грунтовых вод (менее 2 м).

6. Поздневесенние заморозки, влияние которых усиливается на участках с пониженным микрорельефом.

Цель исследования – изучить сохранившиеся плодовые насаждения региона, определить видовой и сортовой состав, выявить формы рода *Malus* с ценными признаками для научных целей и производства.

Изучение плодовых насаждений проводили по трем этапам: поиск насаждений с помощью картографических Web-сервисов (Google Maps, «Яндекс.Карты», «Космоснимки», программы SAS. planet.), литературных и архивных данных, проведена верификация с помощью экспедиционных выездов, сбор образцов и камеральная обработка (Савин, Березина, 2014). На территории региона обследованы плодовые насаждения на площади более чем 3807 га *(рисунок 2.39)*.

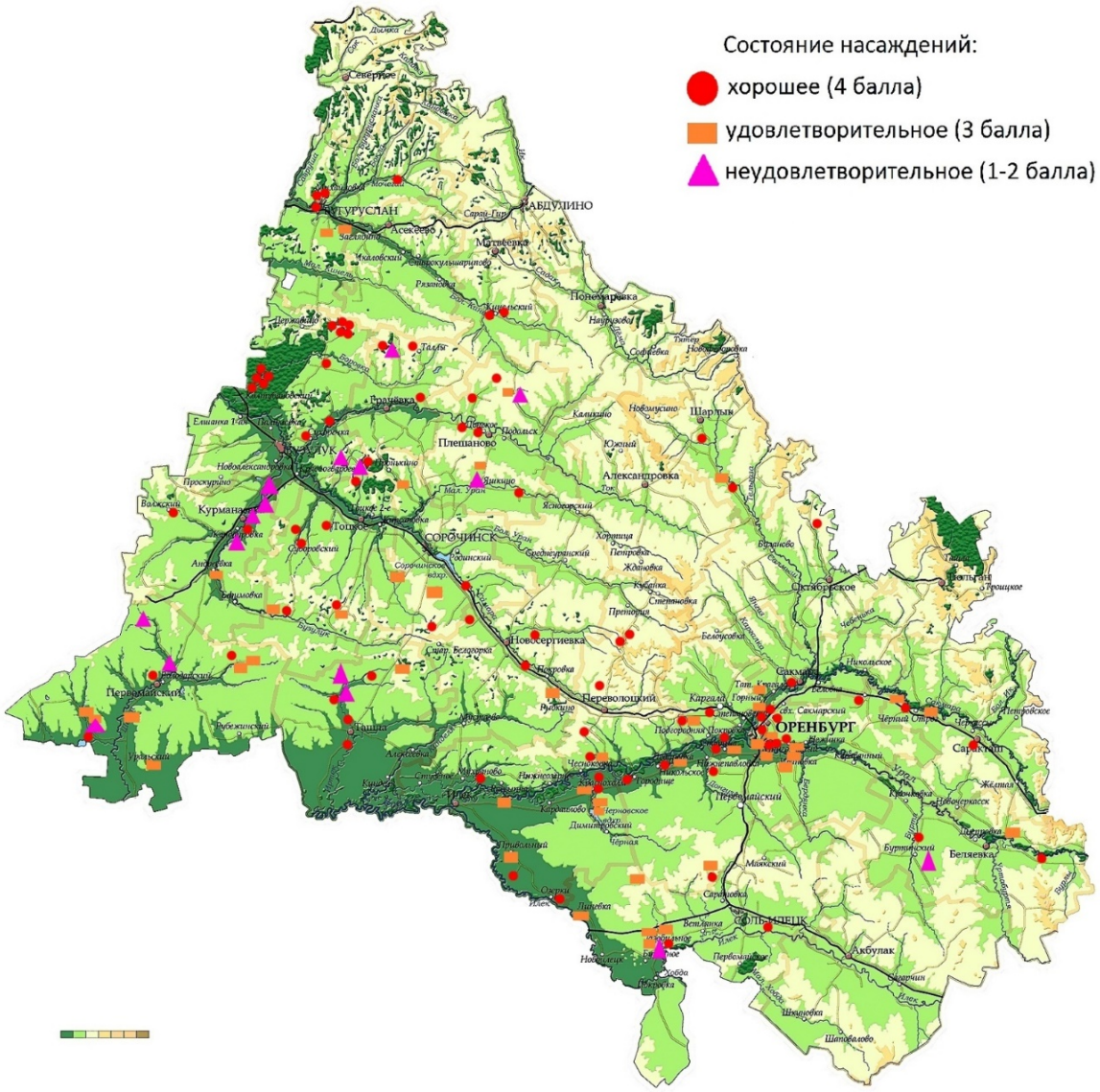


Рисунок 2.39. Карта-схема плодовых насаждений Заволжско-Уральского региона Оренбургской области.

Из них более 80% представлены устаревшими садами, полностью утратившими производственное значение. При обследовании заброшенных и действующих садов Заволжско-Уральского региона изучали видовой и сортовой состав насаждений, оценивали адаптированность и продуктивность, перспективы использования в научных и хозяйственных целях согласно современным методикам – определение видов и сортов (База данных…, 2017; Лихонос и др., 1983; Пономаренко, 1977; Семакин и др., 1991),

оценка бонитета насаждений (Малыченко, 1987; Потапов, 2000; Шитт, 1952). В первую очередь интерес представляли яблони, устойчивые к повреждениям низкими температурами и солнечными ожогами, устойчивые к вредителям и болезням, с обильным урожаем, крупноплодные, низкорослые, с признаками декоративности. В лабораторных условиях проводили анализ семенной продуктивности каждого образца, оформляли подробное описание дерева и плодов (Программа и методика сортоизучения…, 1973, 1999; Самигуллина, 2006). Собранные семена высевали с осени или весной на опытном участке в стационаре Бузулукского бора. В результате за 5 лет было собрано и высажено более 20 тыс. семян. Черенки отобранных форм прививались на коллекционном участке для сохранения генофонда.

Плодово-ягодные культуры Заволжско-Уральского региона представлены большим разнообразием и постоянно пополняются новыми интродуцируемыми видами и формами. На территории региона было выявлено 58 видов аборигенных и интродуцированных плодово-ягодных растений, относящихся к 10 семействам, 27 родам. Самое крупное семейство *Rosaceae* Adans и представлено 48 видами. Самый крупный род *Malus* включает 7 видов, представленных 18 подвидами.

Род *Malus* Mill. представлен в Оренбуржье несколькими видами: *M. baccata* (L.) Borkh., *M. sylvestris* Mill., *M. domestica* Borkh., *M. cerasifera* (Spach) Likh., *M. prunifolia* (Willd.) Borkh., реже *M. Niedzwetzkyana* Dieck и другими видами. Экологические условия региона отличаются от условий их природных ареалов.

Ниже приведен список видов *Malus*, произрастающих на территории обследованных насаждений, с уточнениями и указаниями, принятыми Ф.Д. Лихоносом с соавт. (1983). Его система дает наиболее подробную характеристику видового состава, а также систему подвидов и сортотипов *Malus domestica* Borkh., которые широко представлены в условиях исследуемого региона. Помимо этого, учитывались системы, разработанные В.Т. Лангенфельдом (1991), В.В. Пономаренко (1992), П.М. Жуковским (1971). Все это позволило систематизировать изученные разновидности рода *Malus*.

Видовой состав рода *Malus* в насаждениях Заволжско-Уральского Оренбургской области:

Сем. Rosaceae Adans – Розовые

Род Malus Mill. Яблоня

Sectio Malus – яблони с неопадающими чашелистиками

Subsectio Malus – яблони настоящие

M. sylvestris Mill. – яблоня лесная

subsp. *sylvestris* – яблоня лесная

subsp. *praecox* (Pall.) Soo – яблоня ранняя

M. *sieversii* (Ledeb.) M.Roem – яблоня Сиверса

subsp. *sieversii* (Ledeb.) – яблоня Сиверса

subsp. *sieversii* var. *niedzwetzkyana* (Dieck) Likh. – яблоня Недзвецкого

subsp. *turkmenorum* Juz. & Popov – яблоня туркменов

M. domestica Borkh. – яблоня культурная

subsp. *cerasifera* (Spach) Likh. – яблоня вишнеплодная

subsp. *prunifolia* (Willd.) Likh. – яблоня сливолистная

subsp. *intermedia* Likh. – яблоня переходная

subsp. *rossica* Likh. – яблоня русская

subsp. *macrocarpa* Likh. – яблоня крупноплодная

subsp. *medio-asiatica* Likh. – яблоня среднеазиатская

subsp. *pumila* – яблоня низкая

Sectio Cloromeles (Rehd.) Likh. – яблони зеленоплодные

M. coronaria (L.) Mill. – яблоня венечная

subsp. *ioensis* (A. Wood) Likh. – яблоня айовская

Sectio EriomelesLikh. – яблони с каменистыми клетками
M. *pratti* (Hemsl.) Schneid. **–** яблоня Пратта
Sectio Gymnomeles Koehne – яблони с опадающими чашелистиками
Subsectio Baccatae (Rehd.) Likh. – яблони ягодные
M. baccata (L.) Borkh. – яблоня ягодная
subsp. *baccata* (L.) Borkh. – яблоня ягодная
subsp. *mandschurica* (Kom.) Likh. – яблоня маньчжурская
subsp. *fusca* (Schneid.) Likh. – яблоня бурая
subsp. *sikkimensis* (Wenz.) Likh. – яблоня сиккимская
Subsectio Sorbomalus (Zab. Ex Schneid.) Likh. – яблони рябиновидные
Malus toringo Sieb. – яблоня торинго (Зибольда)
subsp. *toringo* (Sieb.) Likh. – яблоня торинго (Зибольда)

Помимо списка видов рода *Malus*, приводимых выше, в ботаническом саду ОГУ выращиваются виды и разновидности, не указанные в «Культурной флоре СССР», полученные из коллекции ботанического сада биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (Ванина, 2010).

Виды и формы *Malus* Америки:
M. platiecarpa Rehd. – яблоня плоскоплодная
Виды и формы Средней Азии:
*M. purpurea (*Barbier) Rehd. – яблоня пурпуровая
Виды и формы *Malus* Восточной Азии:
M. sieboldii (Regel) Rehd. – яблоня Зибольда (Ф.Д. Лихонос определяет как *M. toringo* Sieb.)
M. kaido Mak. – яблоня мелкоплодная
M. transitoria (Batal.) Schneid. – яблоня переходная
M. zumi (Mats.) Rehd. – яблоня Цуми
M. denticulata Lavalle – яблоня мелкозубчатая
M. nan-schanskay Rehd. – яблоня Нань-Шаньская
M. hupehensis (Pamp.) Rehd. – яблоня хубейская
M. floribunda Sieb. – яблоня обильноцветущая
M. × pumila var. pendula Mill. – яблоня малая, разновидность плакучая

Основными видами региона являются *Malus domestica*, *M. baccata*, *M. sylvestris*. В насаждениях доминируют подвиды *M. domestica* и составляют 85% всех насаждений. В пределах 14% насаждений произрастают *M. baccata* и *M. sylvestris*. Доля остальных видов в насаждениях региона незначительна и составляет 1%. *M. sieversii*, *M. coronaria*, *M. prattii*, *M. toringo* и др. произрастают в коллекционных насаждениях. Отдельно следует выделить декоративную форму *Malus niedzwetzkyana*, она достаточно широко распространена на территории области, имеет листья, цветы и плоды антоциановой окраски, обильно плодоносит, бонитет 5 баллов, что позволяет утверждать о ее достаточной адаптированности к условиям региона.

Malus domestica – культигенный комплексный вид, широко распространенный в умеренном климате. На территории региона произрастает 7 подвидов *M. domestica*. В необрабатываемых садах широко распространены различные сортотипы и формы *M. cerasifera* (ранетки) и встречаются в 76% обследованных насаждений.

Malus cerasifera – первое поколение от скрещивания *M. baccata* и культурных сортов *M. domestica (рисунок 2.40)* (Витковский, 2008; Лихонос и др., 1983). *M. cerasifera* является устойчивой в экологических условиях региона. Деревья высотой до 7 м, бонитет 4-5 баллов, урожай до 20-30 кг. Представители данного подвида плодоносят даже в неблагоприятных условиях. Часто распространяются за пределы изначальных насаждений, размножаются вегетативной порослью и семенами.

При повторном скрещивании *Malus cerasifera* и культурных сортов *M. domestica* в потомстве появляется *M. prunifolia* (китайка) *(рисунок 2.40)* (Витковский, 2008; Лихонос и др., 1983). По распространению в регионе она занимает второе место и встречается в 61% насаждений региона. Данный подвид несколько уступает *M. cerasifera* и *M. baccata* по устойчивости к экологическим условиям зоны. Деревья высотой до 6 м, бонитет 3-5 баллов, в благоприятных условиях обильно плодоносит, урожай составляет до 40-80 кг.



Malus cerasifera (Spach) Likh.



Malus prunifolia (Willd.) Likh.

Рисунок 2.40. Адаптированные подвиды *Malus domestica*.

Другие подвиды *Malus domestica* представлены культурными сортами и их сеянцами и встречаются в 47% обследованных насаждений. Например, *M. intermedia* представлена культурным сортом Уральское наливное, *M. rossica* – Осеннее полосатое, *M. macrocarpa* – Апорт, *M. medioasiatica* – декоративные формы (Роялти, Олла), созданные с участием *M. niedzwetzkyana*, *M. pumila* – карликовые подвойные формы (Парадизка Будаговского).

Помимо описанных подвидов *Malus domestica* в садах встречаются гибридные растения, которые невозможно отнести к той или иной группе.

Гибриды между *Malus cerasifera*×*M. prunifolia* имеют признаки двух подвидов: у *M. cerasifera* часть плодов с опадающей чашечкой, и у *M. prunifolia* чашелистики при плодах, сросшиеся в трубку. Г.А. Фирсов и др. (2015) указывают, что представители *M. cerasifera* могут иметь опадающую и неопадающую чашечку. Ф.Д. Лихонос с соавт. (1983) указывает на то, что у *Malus cerasifera* только опадающая чашечка, а у *M. prunifolia* – с неопадающими чашелистиками. С подобным явлением мы встречались в своих исследованиях. Собранные образцы мы относим к отдельной группе гибридов *Malus cerasifera* × *M. prunifolia*, поскольку они значительно отличаются от *M. cerasifera* и *M. prunifolia* экологической пластичностью. Данные формы меньше повреждены морозными и солнечными ожогами, вредителями и болезнями, более урожайны, часто многосемянные, встречаются низкорослые.

Гибриды *Malus cerasifera*×*M. rossica* также имеют часть плодов с опадающей чашечкой и отличаются от гибридов *M. cerasifera* × *M. prunifolia* наличием опушения с нижней стороны листа, как у культурных сортов, и более крупными плодами. Они также более устойчивы, чем описанные виды и подвиды, не имеют повреждений, высокоурожайны.

Malus sylvestris в основном произрастает в насаждениях, заложенных в VIII-XIX вв. В диком состоянии она отмечена в Бузулукском бору и в лесных колках Общего Сырта, в Саракташском, Ташлинском и Первомайском районах. Причем следует отметить различие *M. Sylvestris,* встречающихся в культурных насаждениях и дикорастущих. В садах произрастает *M. sylvestris* subsp. *sylvestris*, а в Бузулукском бору

и в лесах Переволоцкого района – *M. sylvestris* subsp. *praecox (рисунок 2.41)*. *M. praecox* произрастает куртинами на освещенных опушках в виде кустарников высотой от 1,5 до 3 м, бонитет от 3 до 5 баллов, периодически обильно плодоносящие, в урожайные годы до 30-40 кг. Плоды неоднородны по размерам – от 10-15 гр. до 40-50 гр. и форме – от плоскоокруглой до яйцевидной.



Рисунок 2.41. *Malus sylvestris* в Бузулукском бору.

В современных научных работах ареал *Malus sylvestris* расположен в Нижнем и Среднем течении р. Волги. В работах первых ученых П.С. Палласа (1773), Э.А. Эверсманна (1840), В.М. Черемшанского (1859), П.Н. Распопова (1883), Д.Н. Соколова (1916) отмечалось, что в диком состоянии *M. sylvestris* произрастает по всему Общему Сырту, что свидетельствовало о благоприятных экологических условиях произрастания. Однако вопрос, является ли *M. sylvestris* аборигенным или интродуцированным видом, остается спорным. По сведениям В.В. Пономаренко (1990) и Д.И. Тупицына (2003), в третичном периоде *M. sylvestris* произрастали на более обширной территории юга Евразии. Это подтверждают палеонтологические находки плодов яблони в бассейне реки Обь (Западная Сибирь), датируемые серединой неогена. По морфологическим признакам ископаемая яблоня близка к современным *M. orientalis* Uglitzk. и *M. sylvestris*.

Malus baccata, по сведениям О.П. Поповой (1998), была получена в XIX в. от А.К. Грелля с берегов озера Байкал. Она широко распространена на всей территории области в лесозащитных полосах, в парках и скверах городов и поселков. В условиях Заволжско-Уральского региона *Malus baccata* наиболее устойчива к неблагоприятным экологическим факторам, не повреждается солнечными ожогами. Высота деревьев до 4-5 м, бонитет 5 баллов, деревья ежегодно обильно плодоносят, урожай составляет до 5-7 кг.

Большой интерес представляют *Malus baccata,* произрастающие в Оренбургском районе п. Дубки (нежилой) 40 км трассы на Бузулук *(рисунок 2.42)* и в лесной полосе Переволоцкого района по дороге на п. Кичкас, отличаются высокой экологической

пластичностью, низкорослостью, скороплодностью. Эти формы отличаются высокой экологической пластичностью, низкорослостью, скороплодностью и распространяются из лесной полосы самосевом по прилегающей территории. Произрастают на открытом участке в виде кустарника высотой в пределах 2 м, дают ежегодный обильный урожай. Молодая поросль начинает плодоносить на 2-3 год. Интересны гибриды между *M. baccat*а × *M. sylvestris*. Встречаются одиночными деревьями среди зарослей *M. sylvestris* в Бузулукском бору, отличающиеся от *M. sylvestris* более мелкими плодами, желтой окраской, часто с красным румянцем, чашечка может быть опадающая и не опадающая, остальные внешние признаки варьируют в сторону одного или другого вида.



п. Дубки (нежилой)



В лесной полосе п. Кичкас

Рисунок 2.42. *Malus baccata* в Переволоцком районе.

Сохранность культурных сортов в насаждениях менее 50% связана с возрастом деревьев и негативным воздействием среды. По данным О.П. Поповой (1998), в пределах Оренбургской области к 20-летнему возрасту культурные сорта исчерпывают свои продуктивные возможности. Несмотря на это, культурные сорта яблони, заложенные 20 лет назад и более, в благоприятных микроусловиях сохранились до настоящего времени. В садах удовлетворительного состояния стабильно сохраняется урожай *Malus baccata*, *M. cerasifera*, реже *M. prunifolia*. В то же время устойчивость культурных сортов варьирует в зависимости от подвида, сорта, его происхождения. Так, представители *Malus intermedia* более устойчивы, чем более ценные крупноплодные формы *M. macrocarpa*. Последние плодоносят в садах с благоприятными экологическими условиями.

Поэтому в условиях Заволжско-Уральского региона приоритетным является не только выбор участка, который будет максимально способствовать развитию и сохранности плодового дерева, но и подбор видов и сортов.

Сорт, согласно современным представлениям, – это группа идентичных по генетическим свойствам и морфологическим признакам особей, которая по своему происхождению представляет собой клон (Исаев, 1981).

В плодовых насаждениях региона различных периодов закладки было выделено 57 культурных сортов. При закладке промышленных насаждений было испытано большое количество сортов, но многие из них не прошли проверку. В частном секторе и на садово-дачных участках сортовой состав представлен гораздо шире, часто завезенные со Среднеазиатского и Северо-Кавказского региона, не устойчивые в местных экологических условиях. Отдельные деревья произрастают при индивидуальном уходе на урбанизированной территории, эти условия не позволяют судить об устойчивости этих сортов для использования их в промышленных насаждениях.

Старинные сорта, выращиваемые на территории Заволжско-Уральского региона в садах XVIII-XIX вв. При закладке садов на территории Оренбуржья в тот период высаживались старинные сорта, а в качестве подвоя использовали *Malus sylvestris*. Посадочный материал завозили из Центральной России, Поволжья и Украины. Первые сады

появились у дворян, при монастырях, в казачьих станицах. Садоводство в этот период активно развивалось, создавались школы, публиковались статьи в газетах с рекомендациями по садоводству. Методом «проб и ошибок» формировался первый сортимент Оренбургской губернии. В благоприятных условиях микроклимата плодовые деревья сохранялись и плодоносили, в неблагоприятных – погибали. Отдельные сорта и спонтанные гибриды мы находим в настоящее время в садах, заложенных 100-150 лет назад.

Сорта, выращиваемые в регионе в дореволюционный период, описаны как устойчивые к низким температурам для северной и центральной России. В новых условиях произрастания они оказались недостаточно адаптированными. Помимо низких температур в зимний период, большое влияние оказала засушливость климата. В садах с благоприятным микроклиматом сохранились сорта – Мальт крестовый, Осеннее полосатое (Штрейфлинг), Анис полосатый, Анис алый, Грушовка Московская, Китайка Санинская и их гибриды.

Сорта Анис полосатый и Анис алый были широко распространены преимущественно в Приволжских губерниях. Интересен опыт, описанный в работах Гребницкого А.С., что эти сорта уцелели в старинных садах, в которых погибли многие другие сорта. Эти сорта были самые распространенными в садах Уральского казачьего войска. Предпочтение отдавалось им вследствие устойчивости деревьев к резким климатическим условиям края, урожайности, хорошего вкуса плодов и способности хорошо сохранятся в лежке. На рынке плоды ценились – после плодов Черного Дерева выше других местных сортов (Атлас плодов…, 1906).

Грушовка Московская – сорт неизвестного происхождения, однако, есть сообщения, что на северо-востоке, в Уфимской губ., Мензелинского уезда встречаются дикорастущая в лесах яблоня с подобными как у Грушовки листьями, размножаемая местными обывателями без прививки. Она переносит морозы до –40°С без повреждений. Есть повод думать, судя по росту, форме листьев и выносливости, что именно эта форма явилась родоначальником Грушовки (Атлас плодов, 1906).

Многие старинные сорта высаживались в сады советского периода 30-70-х гг. XX в. Часть из них сохранилась до настоящего времени: Антоновка обыкновенная, Боровинка, Скрыжапель, Белый налив, Шаропай *(рисунок 2.43)*.



Сорт Шаропай — Сорт Боровинка

Рисунок 2.43. Старинные русские сорта,
сохранившиеся в садах до настоящего времени.

О других сортах, произраставших на Урале в дореволюционный период, мы можем узнать только из литературных и архивных источников – Титовка, Апорт, Коричное Полосатое и Коричное Ананасное (Красное Коричное), Коробовка (синонимы: Красная Грушовка, Медуничка, Полосушка, Коробовка, Скороспелка, Крабовское,

Мускат, Ренетка), Черное Дерево, Добрый Крестьянин, Хорошавка Алая, Репка Копылова.

М. Савич в сборнике «Атласе плодов» 1906 года дает характеристику некоторым сортам в садах Уральского казачьего войска. Например, на плоды сорта Коробовка были низкие цены, поскольку они очень мелкие и урожайность дерева начинает нарастать с 25 до 50 летнего возраста. Вследствие этого распространение ее ограниченно, и она редко встречается в старых садах, а в молодых ее совсем нет. Несмотря на то, что «деревья этого сорта растут хорошо, сильно и не страдают от резких климатических невзгод».

Плоды сорта Черное Дерево были знамениты на всю Россию. Р. Шредер писал о нем: «Нет другого осеннего яблока, в котором бы природа так удачно распределила отношение между кислотой, сахаристостью и ароматом, как в плоде Черного Дерева». М. Савич отмечал, что данный сорт оказался неустойчив на Урале, но «несмотря на это, нет в Уральском войске сада, в котором не было бы одного-двух десятков деревьев этого сорта».

Хорошавка Алая и Репка Копылова были распространены в Поволжье и северо-восточной России. Савич М. указывал, что первый сорт повреждался морозами в суровые зимы, а второй не переносил сухих мест и супесчаных и солоноватых почв *(рисунок 2.44)* (Атлас плодов, 1906).



Сорт Коробовка | Сорт Черное дерево | Сорт Хорошавка алая

Рисунок 2.44. Старинные сорта, выращиваемые в Оренбургской губернии (Атлас плодов, 1906).

Сорта советского периода, выращиваемые на территории Заволжско-Уральского региона в садах 30-70-х гг. XX в. В первых «Коллективных садах», созданных в 30-70-х гг. XX в., в качестве подвоя были использованы более надежные формы сеянцы *Malus prunifolia, M. cerasifera,* культурных сортов *M. domestica*. Н.С. Войтенкович (1949) приводит данные о получении семян для выращивания дичков (подвоев) Ранетки пурпурной от М.А. Лисавенко с Алтайской опытной станции и семян крупноплодных сортов из Мичуринского научно-исследовательского института. Также были получены семена гибридной китайки и других сортов. В качестве привоя использовались – Китайка золотая, Мальт крестовый, Антоновка обыкновенная, Скрыжапель, Китайка анисовая, Китайка институтская, Таежное Мичурина, а также среднерусские сорта народной селекции – Анис алый, Анис серый, Анис бархатный, Боровинка, Грушовка московская, Титовка, Ренет Санина, Антоновка обыкновенная, Штрейфлинг и другие (Войтенкович, 1949). Эти сведения говорят об использовании при

закладке промышленных насаждений большого числа гибридов и культурных сортов, происходящих из различных регионов Поволжья, Центральной России, стран Балтии.

Необходимо отметить, что культурные сорта сохранились единичными деревьями до настоящего времени. Приводимые ниже сорта оказались недостаточно адаптированными в условиях региона.

Старинные сорта: Анис алый (сохранился в садах с. Михайловка, п. Яблоневый, с. Токское, с. Соболево, с. Шапошниково, п. Бурлыкский, с. Гамалеевка); Анис полосатый (серый) (сады с. Красный Яр, с. Токское, с. Соболево, с. Шапошниково, с. Садовый (Соль-Илец. р-н), с. Гамалеевка); Грушовка Московская (сады с. Елшанка 2-я, х. Зеленый Гай, с. Семеновка, с. Красный Яр, с. Шапошниково, п. Садовый (Перевол. р-н), Саракташский плодопитомник, с. Матвеевка, Ташлинский плодопитомник, с. Гамалеевка); Шаропай (сады с. Елшанка 2-я, с. Михайловка, п. Яблоневый, с. Садовый (Соль-Илец. р-н), с. Городище, п. Бурлыкский, с. Токское, с. Гамалеевка); Боровинка (сады с. Михайловка, п. Яблоневый, с. Шапошниково, с. Алабайтал, п. Бурлыкский, с. Елшанка 2-я, с. Гамалеевка); Мальт крестовый (сады с. Михайловка, п. Яблоневый, с. Краснохолм, п. Троицкий, с. Токское, с. Шапошниково, с. Садовый (Соль-Илец. р-н), с. Гамалеевка, с. Сергиевка); Мальт Багаевский (сад с. Гамалеевка); Антоновка обыкновенная(сады с. Соболево, с. Шапошниково, с. Городище); Белый налив (произрастает в саду с. Семеновка); Осеннее полосатое (Штрейфлинг) (сады с. Семеновка, Поляков сад), Скрыжапель красный (произрастает в с. Краснохолм, Плодопитомник «Садовод» г. Бугуруслан).

Сорта, полученные в середине XIX – начале XX в., дополнили сортимент старинных сортов. Так, в 50-е гг. XX в. широкое распространение получают сорта, полученные И.В. Мичуриным: Китайка Золотая ранняя (встречается в садах с. Елшанка 2-я, с. Шапошниково, Санаторий Урал, с. Гамалеевка); Антоновка шестисотграммовая, произрастающая в саду с. Семеновка. Большое распространение получили сорта С.П. Кедрина, созданные на Самарской опытной станции садоводства (СОСС): Спартак (встречается в садах Плодопитомника «Садовод» г. Бугуруслан, с. Елшанка 2-я, Саракташский плодопитомник, Ташлинский плодопитомник, с. Гамалеевка, с. Козловка); Куйбышевское (Плодопитомник «Садовод» г. Бугуруслан, Саракташский плодопитомник); Подарок Оренбуржью (ООССиВ); Дочь Папировки с. Краснохолм, с. Гамалеевка, Плодопитомник «Садовод» г. Бугуруслан.

Отдельно следует рассмотреть сорта – Китайка Санинская и Трансцендент *(рисунок 2.45)*. Они получили широкое распространение, благодаря высокой адаптированности в условиях региона, и сохранились во многих насаждениях до настоящего времени.



Сорт Китайка Санинская



Сорт Трансцендент

Рисунок 2.45. Адаптированные сорта, широко распространенные в регионе в 30-70-х гг. XX в.

Китайка Санинская найдена и описана Н.И. Кичуновым в 1899 г. Она была достаточно широко распространена до появления сорта Трансцендент, в настоящий момент Китайка Санинская встречается в садах с. Привольное и Детском санатории № 1 г. Оренбурга.

Трансцендент (креб) – американский сорт, был широко распространен в Оренбуржье в 40-60 гг. XX в., благодаря высокой зимостойкости, раннему вступлению в пору плодоношения, исключительно высокой и ежегодной урожайности, устойчивости к болезням. В настоящий момент встречается в садах п. Садовый (Соль-Илецкий район), Санаторий Россиянка, п. Садовый (Переволоцкий район). В старых садах широко распространены гибриды этого сорта, представляющие собой concult. Vereczaginka. Позднее Трансцендент сменился сортом Уральское наливное.

Современные сорта, выращиваемые на территории Заволжско-Уральского региона в садах с 70-х гг. XX в. по настоящее время. С 70-х гг. XX в. сортимент региона пополняется уральскими сортами – продуктом селекции Южно-Уральского научно-исследовательского института плодоовощеводства и картофелеводства (ЮУНИИПОК) г. Челябинск, Свердловской опытной станции (СОС) г. Екатеринбург и Башкирского научно-исследовательского института сельского хозяйства (БНИИСХ) г. Уфа.

Сорта селекции ЮУНИИПОК: Уральское наливное встречается в садах п. Яблоневый, Саракташском плодопитомнике, Ташлинском плодопитомнике, п. Бурлыкский, с. Михайловка, с. Семеновка, с. Гамалеевка, с. Козловка, а также на приусадебных, садово-дачных участках г. Оренбурга, г. Бузулука, г. Бугуруслана и др.

В современных посадках, начиная с 80-х гг. XX в., в качестве подвоя использовались для интенсивных насаждений клоновые подвои, созданные на основе *M. niedzwetzkyana Dieck* 54-118, 70-20-20, Урал 1, Урал 5, Урал 8, 64-143 и др.

В настоящее время в качестве привоя широко используются сорта селекции ЮУНИИПОК (г. Челябинск), Екатеринбургской опытной станции садоводства, НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко (г. Барнаул) и других научных учреждений, эти сорта более полно отвечают условиям произрастания *(рисунок 2.46)*.

Значительно обогатили современный ассортимент **уральские сорта** яблони:

Сорта селекции ЮУНИИПОК – Приземленное произрастает в садах с. Гамалеевка, Саракташский плодопитомник; Брат Чудного, Чудное, Соколовское, Ковровое, Память Жаворонкова, Надежда (Таганай) – с. Зубочистка 2-я, с. Нижний Гумбет; Символ – с. Зубочистка 2-я; Летнее полосатое – ООССиВ.

Сорта селекции СОС – Серебряное копытце представлен в с. Зубочистка 2-я, с. Сакмара, Саракташский плодопитомник, с. Нижний Гумбет, с. Гамалеевка; Исецкое позднее, Свердловчанин в с. Сакмара; ВЭМ яркий и Благая весть в ООССиВ.

Сорта селекции БНИИСХ используются с конца 70-х гг. – Башкирский красавец с. Сакмара, с. Гамалеевка, с. Козловка; Бузовьязовское с. Сакмара; Сеянец Титовки – с. Сакмара, Саракташский плодопитомник; в 1990-е гг. в садах появляются Бельфлер башкирский; Кушнаренковское осеннее – с. Сакмара; с 2000 гг. сортимент пополнили сорта Башкирский изумруд, Башкирское зимнее, Буляк в с. Сакмара.

В современных насаждениях также широко используются **сибирские сорта**:

Сорта селекции НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко – Алтайская красавица, Баяна, Сурхурай, Горный синап, Подарок садоводам, Алтынай, Толунай, Алтайское юбилейное, Алтайское зимнее, Заветное, произрастающие в с. Сакмара.



Сорт Орское



Сорт Алтайское зимнее



Сорт Башкирский изумруд



Сорт Оренбургское

Рисунок 2.46. Современные адаптированные сорта,
широко распространенные в регионе.

Отдельно можно выделить сорта селекции Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства (ВСТИСП) г. Москва – Брусничное в садах с. Сакмара, ООССиВ; Любительское в с. Сакмара, Саракташском плодопитомнике, сорт Всероссийского научно-исследовательского института генетики и селекции плодовых растений им. И.В. Мичурина (ВНИИГиСПР) г. Мичуринск – Ильское Черненко, произрастающий в п. Весенний, Плодопитомник «Садовод» г. Бугуруслан.

Из местных сортов можно назвать Оренбургское красное ООССиВ и Ташлинское – выделен как сеянец свободного опыления сорта Боровинка в Ташлинском плодопитомнике.

Обследование плодовых насаждений региона позволяет выявить наиболее устойчивые сорта. Географическое положение Заволжско-Уральского региона на границе Европы и Азии определяет сортимент данной зоны *(рисунок 2.47)*. Основу современного сортимента составляют уральские сорта – 24 сорта. Большое значение имеют сорта Поволжья, среди них выделяются 14 сортов, которые возделываются в течение последних 40-50 лет. Сибирские сорта появились на современном этапе развития садоводства, и в настоящий момент в садах выращивают 10 наиболее зимостойких сортов. Местные оренбургские и зарубежные сорта составляют 6% от их общего числа. Они в настоящее время проходят испытание в любительском садоводстве.

Благодаря работе ряда ученых на Урале и в Сибири созданы новые адаптированные к местным условиям, скороплодные, урожайные, устойчивые к болезням сорта (Макаренко, 2017*а, б*, 2018; Слепнева, 2018*а, б*; Слепнева и др., 2018).

Продолжаются работы по изучению влияния неблагоприятных экологических условий на состояние и урожайность различных видов и сортов яблони (Батуева и др., 2018, Макаренко, 2013; Раченко и др., 2018). Создаются генетические коллекции яблонь, исследуется их эколого-экономический потенциал и особенности плодоношения, ведется дальнейшая селекция (Кузнецова и др., 2010; Макаренко, 2017*в*; Макаренко, Калинина, 2016; Макаренко, Котов, 2018; Раченко, 2019; Раченко и др., 2018).

Культуры *Malus*, произрастающие в насаждениях региона, в 90% представлены гибридами, или, по-другому, их называют сеянцами, формами.

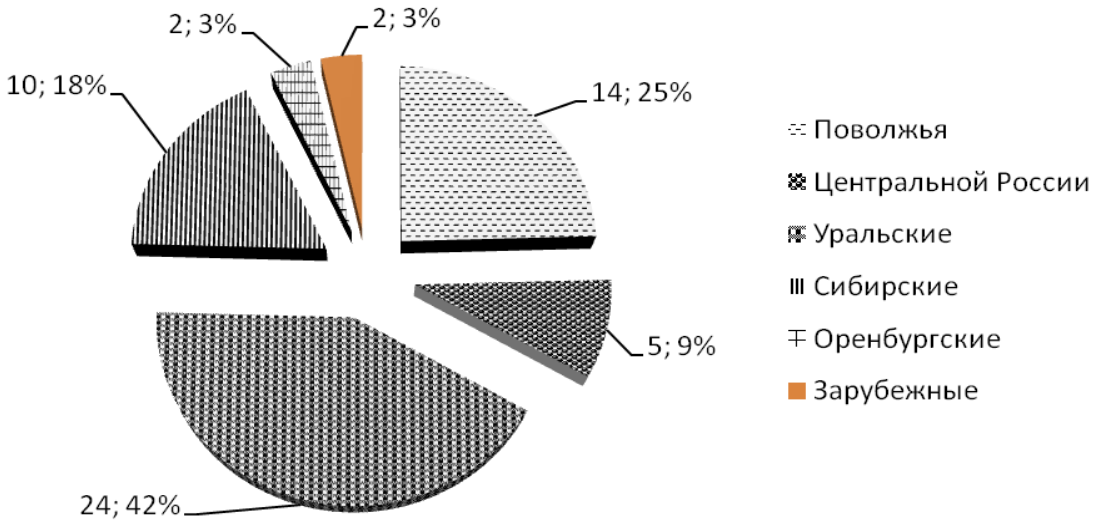


Рисунок 2.47. География сортов, произрастающих в Оренбургском регионе.

Сеянец – растение, полученное от посева семян плодовых растений. В питомниководстве их называют подвоем (Программа и методика сортоизучения плодовых…, 1973, 1999; Самигуллина, 2006).

После окончания эксплуатации сада и отмирания культурных сортов на месте гибели деревьев чаще всего отрастает их подвойная часть, а в междурядьях появляются сеянцы культурного сорта и подвоя. В благоприятных условиях яблоня расселяется за пределы сада. Этому способствует человек, птицы и дикие животные, питающиеся плодами. Агроценозы переходят в биоценозы. В таких насаждениях сохраняются наиболее адаптированные к условиям произрастания формы.

Необходимо обратить внимание на одичавшие формы рода *Malus,* произрастающие в заброшенных плодовых насаждениях, которые появились в результате самосева. Среди них выделяются наиболее устойчивые формы к условиям внешней среды, высоких вкусовых качеств, достаточно крупноплодные, декоративные, низкорослые. Во время экспедиционных обследований садовых насаждений были выделены формы бонитетом 4-5 баллов, представляющие для дальнейшей научной работы, пригодные в селекции, питомниководстве, декоративном садоводстве и лесоводстве.

Собранные 419 образцов адаптированных форм яблони представлены 3 видами: *Malus sylvestris, M. domestica*, *M. baccata*. Представители *Malus domestica* были разделены по классификации, предложенной Ф.Д. Лихоносом с соавт. (1983), на 22 сортотипа, относящиеся к 6 подвидам – *Malus cerasifera*, *M. prunifolia*, *M. intermedia*, *M. rossica*, *M. macrocarpa*, *M. medio-asiatica.* Большая часть устойчивых форм – представители *Malus cerasifera* (171 растение) и *M. prunifolia* (123 растения), они составляют 76% от общего числа собранных образцов. Как было отмечено ранее, данные подвиды доминируют в садах Заволжско-Уральского региона и встречаются на

территории всех сохранившихся культурных насаждений. Культурные сорта и их сеянцы составляют 18% и представлены 68 растениями, относящиеся к 4 подвидам (*Malus intermedia*, *M. rossica*, *M. macrocarpa*, *M. medio-asiatica).*

При рассмотрении особенностей одичавших плодовых культур – наиболее устойчивыми, урожайными, привлекательными, скороплодными, многосемянными или малосемянными оказываются формы *Malus cerasifera, M. prunifolia*, в частности concult. Ranetca Purpurovaja, concult. Anisik Omskij, concult. Sibirskaja Zvesda, concult. Tungus. Исходя из этого, можно сделать вывод – в континентальной зоне Заволжско-Уральского региона наиболее устойчивыми оказываются сорта и формы Урала и Сибири. Наметившаяся тенденция использования этих видов и сортов позволит создавать на территории Оренбуржья устойчивые высокопродуктивные плодовые насаждения.

Упоминания о плодовых культурах Оренбургской области, их распространении, экологии встречаются во многих работах прошлого и в современных исследованиях. Среди наиболее известных садоводов, ботаников, лесоводов и географов, изучавших плодовые насаждения и представителей рода *Malus*, можно назвать следующих исследователей: К. Чехович (1892), А.Н. Карамзин (1913), Е.Д. Годнев (1949), Н.С. Войтенкович (1949), Я.Н. Даркшевич (1953), Ф.Н. Мильков (1951), В.В. Иванов (1971), О.П. Попова (1998), З.Н. Рябинина (1998), О.Е. Мережко (2008), Н.О. Кин (2009), С.Э. Нигматянова (2012), В.И. Авдеев (2013), Г.Ф. Янсиярова (2013), Е.З. Савин (1996, 2004, 2009).

Садоводство Оренбуржья прошло сложный период становления. Благодаря первым переселенцам в регионе появилась культура садоводства и такая культура, как яблоня. Климатические условия региона недостаточно благоприятны для произрастания плодовых культур, поэтому приоритетным является выбор вида и сорта, а также подбор ландшафта участка, который будет максимально способствовать развитию и сохранности плодового дерева.

Анализируя опыты и ошибки прошлого, мы можем сделать вывод о том, что сортимент региона с течением времени меняется в сторону новых устойчивых и продуктивных уральских и сибирских сортов, созданных на основе *Malus baccata, M. cerasifera* и *M. prunifolia*. Как показала практика, создание местного сортимента с использованием генофонда различных устойчивых видов и сортов Поволжья, Урала и Сибири способствует созданию надежных насаждений. Это гарантирует ежегодную продуктивность деревьев в почвенно-климатических условиях Заволжско-Уральского региона.

ГЛАВА 3. ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЫЗОВОВ

3.1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ КЛИМАТОРЕГУЛИРУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ В ИСХОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМАХ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО СТЕПНОГО РЕГИОНА *(Мячина К.В., Щавелев А.Н., Безбородникова Р.М., Ряхов Р.В., Дубровская С.А.)*

Российские степные ландшафты играют ключевую роль в сохранении глобального биоразнообразия и поддержании биосферной регуляции, в связи с чем актуален мониторинг преобразования исходных вещественно-энергетических потоков как составной части биогеофизических механизмов регуляции климата.

В российских степных регионах разрабатывается более 500 нефтегазовых месторождений, что определяет определенную структуру техногенных преобразований исходных ландшафтов с формированием природно-техногенных геосистем нефтегазовых месторождений. В пределах Волго-Уральского степного региона именно Оренбургская область предоставляет наиболее репрезентативные в исследовательском отношении ландшафты, связанные с техногенным воздействием. Работы по добыче нефти и газа здесь начались в 1937 г., определив сложную динамику образования техногенно-модифицированных ландшафтов и формирование природно-техногенных геосистем нефтегазовых месторождений. Считается, что антропогенная деятельность трансформирует локальные, региональные и глобальные потоки энергии и вещества, вызывая, в том числе, изменения циркуляции парниковых газов в мировой экосистеме (Gleckler et al., 2016; Guo et al., 2017; Lewis, Maslin, 2015). Показатели эмиссии одного из основных парниковых газов – диоксида углерода – обусловлены такими факторами, как исходные природно-климатические условия местности и текущие варианты антропогенной нагрузки, а его концентрация в атмосфере может колебаться в пределах 0,02-0,045% (Махныкина и др., 2020; Manyailo, Huwe, 1999; Raich, Schlesinger, 1992). С увеличением содержания парниковых газов количество поглощенной ими и, следовательно, переизлучаемой тепловой радиации в направлении земной поверхности увеличивается, что, в свою очередь, приводит к повышению температуры воздуха в приземном слое атмосферы (Глаголев, Шнырев, 2007; Федоров и др., 2021). С другой стороны, рост температуры воздуха, наряду с изменением иных метео- и агрометеохарактеристик, влияет на изменение объемов эмиссии и поглощения парниковых газов, подтверждая взаимозависимость и цикличность процессов трансформации климатообразующих параметров. Повышение температуры приземного слоя атмосферы и уменьшение содержания влаги в растительном покрове – наиболее заметные изменения климатических переменных, обеспечивающих, с точки зрения экосистемных услуг, средообразующие функции. Соответственно, анализ динамики климатических переменных, включая концентрации основных парниковых газов в атмосфере на определенных территориях, является одним из подходов к решению современных эколого-климатических задач.

3.1.1. Изменения вещественно-энергетических потоков в исходных и природно-техногенных степных геосистемах

Повышение температуры приземного слоя воздуха напрямую связано с увеличением содержания в экосистеме парниковых газов: количество поглощенной ими и, следовательно, переизлучаемой тепловой радиации в направлении земной поверхности увеличивается (Глаголев, Шнырев, 2007), приводя к формированию разномасштабных климатических трансформаций, играющих роль в глобальном

изменении климата. Соответственно, анализ динамики содержания основных парниковых газов в атмосфере и связанных климатических переменных на определенных территориях приобретает все большую мировую актуальность и является одним из подходов к решению современных эколого-климатических задач.

Параметры растительного покрова – естественного инструмента улавливания углерода из атмосферы – значительно варьируются в зависимости от широтно-зональных условий местности и локальных особенностей микроклимата. Соответственно, варьируется и концентрация диоксида углерода в воздухе. Безусловно, основным поглотителем углерода из атмосферы являются леса. Однако в ходе старения лесов происходит изменение их роли в поддержании углеродного баланса: поглотительная способность возрастных лесов снижается при стабилизации или снижении валовой первичной продуктивности (Kira, Shidei, 1967; Tang et al., 2014). В то же время российские степи, как и аналоговые территории на других континентах, играют определенную роль в улавливании углерода и поддержании биосферной регуляции, в связи с чем актуален мониторинг состояния климаторегулирующих параметров экосистем, включая концентрацию диоксида углерода в атмосфере.

Основные задачи исследования:

– оценить особенности пространственного распределения диоксида углерода в воздухе степного региона;

– выявить связь содержания диоксида углерода в воздухе на ключевых участках с локальными метеорологическими характеристиками.

Территория исследования – часть Оренбургской области, расположенная в приуральской зоне Волго-Уральского степного региона. Представленное здесь разнообразие типов степной растительности и почв обеспечивает научную репрезентативность исследования. Так, в изучаемой части Оренбургской области представлены подзоны луговой, типчаково-ковыльно-разнотравной и типчаково-ковыльной степи (Географический атлас..., 1999). Кроме того, Оренбургская область играет ведущую роль в добыче углеводородного сырья в степной зоне Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, демонстрируя кумулятивные эффекты воздействия нефтегазодобычи (Мячина, 2013, 2016; Мячина, Малахов, 2013; Мячина, Чибилёв, 2005). Наблюдаемые в ходе разработки нефтегазовых месторождений изменения исходных характеристик степных ландшафтов могут влиять на распределение диоксида углерода в воздухе.

В границах изучаемой территории заложена сеть из 107 ключевых участков для проведения полевых исследований. Участки охватывают три степные подзоны *(рисунок 3.1)* и неравномерно сгруппированы в 4 группы, распределившись следующим образом: в северо-западной группе выделено 46 участков (43% от их общего количества), в северо-восточной группе выделен 21 участок (19,6%), в юго-восточной и юго-западной группах – по 20 участков (по 18,7% соответственно).

В первую очередь в ходе полевого сезона 2024 г. на ключевых участках выполнялись замеры приземной (на высоте 1,5 м) концентрации диоксида углерода в воздухе с помощью полевого газоанализатора. Параллельно замерялись такие метеопараметры (далее – признаки), как температура воздуха, температура и влажность почвы, скорость ветра. В качестве дополнительных признаков для последующего математического анализа связи концентрации CO_2 с перечисленными внешними факторами выступали количество дней от начала года и количество времени от начала суток на момент замера.

Параллельно с маршрутными исследованиями, на одном из ключевых участков с помощью полевой метеостанции в течение нескольких суток в июне 2024 г. в непрерывном режиме фиксировались основные метеопараметры и концентрация диоксида углерода.

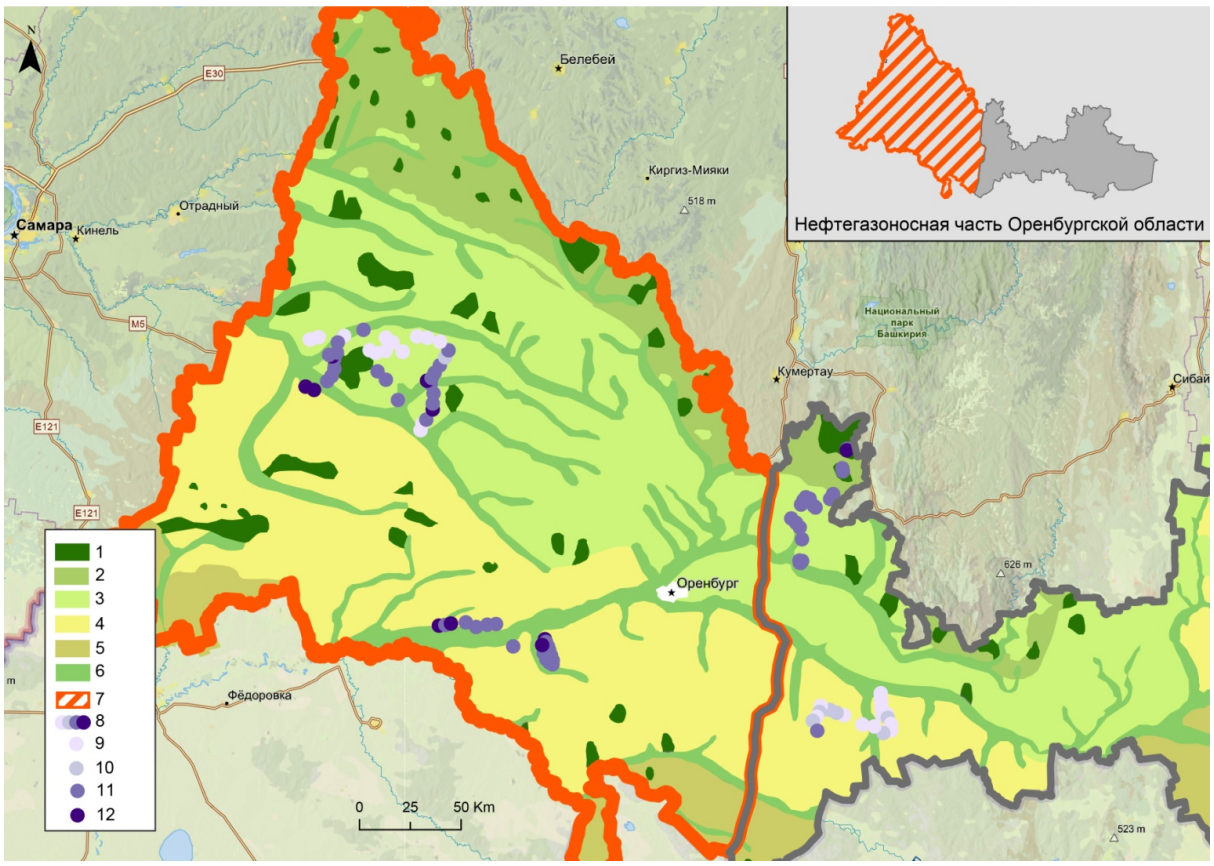


Рисунок 3.1. Сеть ключевых участков исследования
на территории Оренбургской области.

Условные обозначения: 1 – облесенные территории, 2 – луговые степи, 3 – типчаково-ковыльно-разнотравные степи, 4 – бедноразнотравно-типчаково-ковыльные степи, 5 – дерновинно-злаковые типчаково-ковыльные степи, 6 – пойменные леса и луга, 7 – нефтегазоносная часть Оренбургской области, 8 – ключевые участки исследования, в том числе: 9 – ключевые участки с низкой для участков исследования приземной концентрацией диоксида углерода (<0,035% об.), 10 – ключевые участки со средней приземной концентрацией диоксида углерода [0,035; 0,04) % об., 11 – ключевые участки с высокой приземной концентрацией диоксида углерода [0,04; 0,045] % об., 12 – ключевые участки с максимальной для участков исследования приземной концентрацией диоксида углерода (0,045; 0,065) % об.

Вторым шагом с помощью ГИС по результатам выполненных замеров проанализирована неоднородность распределения концентрации CO_2 на территории исследования и выявлена пространственная автокорреляция признаков. Для этого рассчитывался глобальный индекс Морана по формуле (Грекусис, 2021; Федоров и др., 2021):

$$I = \frac{n}{W} \frac{\sum_{t=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_{ij} \ (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \overline{Y})}{\sum_{t=1}^{n} (Y_i - \bar{Y})^2} \qquad (3.1)$$

где $Y_i, Y_i -$ атрибутивные признаки объектов i и j соответственно,

w_{ij} $-$ *п*ространственный вес для пары объектов i и j,

n – общее число объектов,

W – сумма весов.

Значение индекса Морана зависит от выбора используемых пространственных весов. Поскольку набор данных содержит точечные местоположения, в расчетах использовалась матрица обратных расстояний, пространственные веса которой определяются следующим образом:

$$W_{ij} = \begin{cases} 0, если\ i = j \\ \frac{1}{d_{ij}}, если\ i \neq j \end{cases} \quad (3.2)$$

где W_{ij} – элемент матрицы пространственных весов для регионов *i* и *j*,

d_{ij} – расстояние от региона *i* до региона *j*.

Соответственно, чем дальше точка *i* находится от точки *j*, тем меньшему влиянию точки *j* она подвержена. При этом расстояния d_{ij} рассчитывались в многомерной плоскости всех анализируемых переменных, и вместо использования евклидова расстояния для десятичных градусов применялось дуговое расстояние, поскольку географический слой данных предоставлялся в десятичных градусах широты-долготы без проецирования координат.

Для проверки гипотезы о том, что пространственное распределение диоксида углерода в исследуемом слое воздуха коррелирует с пространственным распределением других признаков (измеренных метеопараметров и даты/времени замеров), были рассчитаны двухфакторные индексы Морана.

Далее, для оценки пространственной автокорреляции на локальном уровне использовались локальные метрики пространственной автокорреляции: локальный индекс Морана (I*) и статистика Гетиса-Орда (G*).

И, наконец, с помощью регрессионного анализа выявлялась связь содержания диоксида углерода в воздухе с определяемыми метеопараметрами.

Результаты. Большая часть зафиксированных на ключевых участках значений CO_2 находится в интервале от 0,040% до 0,045% объемных *(см. рисунок 3.1).* Согласно диаграмме размаха *(рисунок 3.2)*, пространственное распределение концентраций CO_2 имеет одно экстремальное значение.

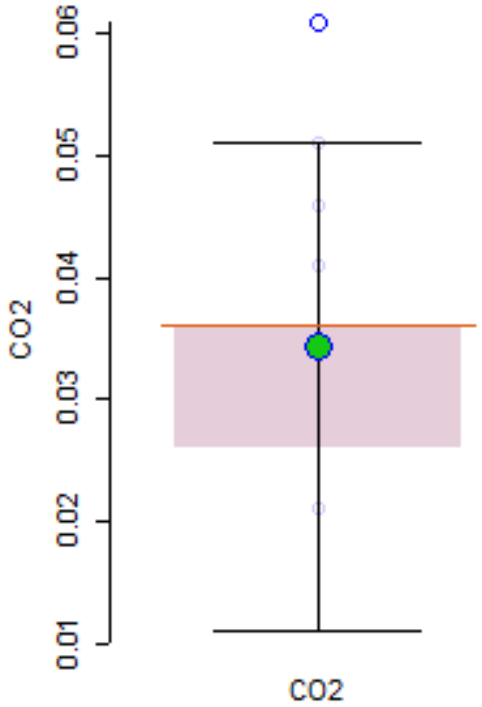


Рисунок 3.2. Диаграмма размаха значений концентрации CO_2 в атмосфере региона.

Экстремальное значение CO_2 зафиксировано на ключевом участке, представляющем собой экотон – границу луговой степи и лесного массива в лесостепной подзоне северной части Оренбургской области.

На рисунке 3.3 представлена диаграмма рассеяния индекса Морана, где по оси абсцисс отложено значение CO_2 в каждой измеряемой точке, по оси ординат – его пространственный лаг, представляющий собой средневзвешенное значение по всем соседям. Значение индекса Морана, равное 0,488, указывает на положительную значительную автокорреляцию: то есть существует закономерность пространственного распределения концентрации CO_2 в изучаемой части Оренбургской области.

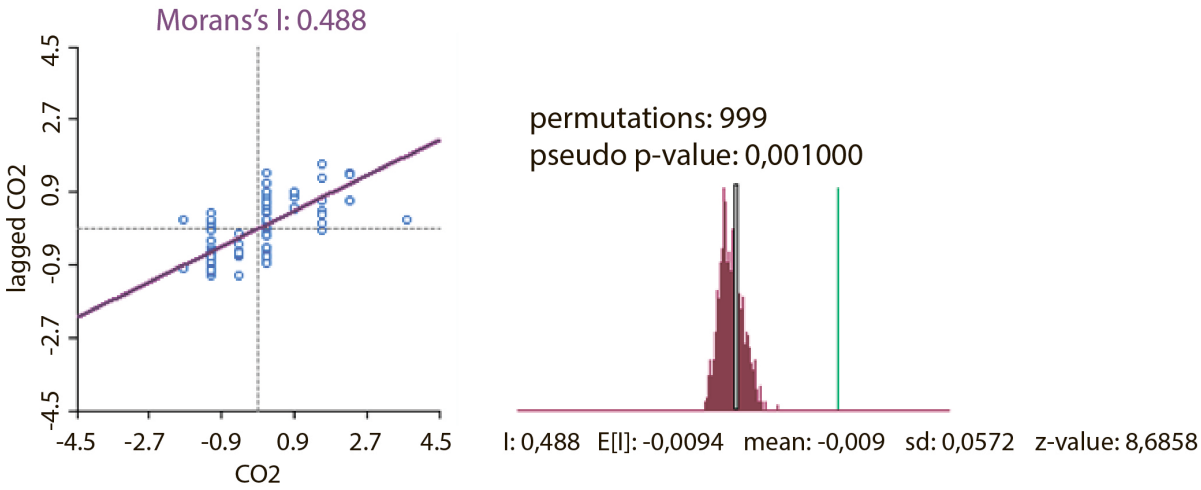


Рисунок 3.3. Диаграмма рассеяния индекса Морана (I) и результат применения метода Монте-Карло для получения распределения с 999 перестановками.

Уровень значимости индекса Морана зависит от числа подсчетов при перестановках. Учитывая z-оценку, равную 8,21, и уровень значимости p, равный 0,001, полученный при 999 перестановках, индекс Морана значим и не является результатом пространственной случайности, то есть пространственное распределение CO_2 имеет тенденцию к группировке. При этом близлежащие друг к другу ключевые участки исследования имеют схожие значения таких метеорологических показателей, как скорость ветра, температура воздуха и температура почвы. Результаты расчетов двухфакторных индексов Морана, представленные в *таблице 3.1*, показывают, что для трех вышеперечисленных признаков существует пространственная автокорреляция CO_2 на уровне значимости 0,05. При этом дата и время замеров оказались незначимы.

Таблица 3.1.

Двухфакторные индексы Морана

Название показателя	Обозначение	Двухфакторный индекс Морана	z-value	p-value
Скорость ветра	wind	0,108	2,37	0,005
Температура воздуха	air_temp	0,078	2,02	0,022
Температура почвы	soil_temp	0,074	1,95	0,029
Влажность почвы	soil_mois	-0,011	-0,26	0,382
Количество дней от начала года	days	0,045	1,18	0,1116
Количество времени от начала суток	time	-0,022	-0,56	0,282

Локальные метрики пространственной автокорреляции (локальный индекс Морана и статистика Гетиса-Орда) позволили выполнить оценку пространственной автокорреляции измеренных значений диоксида углерода на локальном уровне. Если участки группировались в кластер, то он отмечался как «высокий-высокий»

(имеется в виду показатель признака) в случае статистически значимых кластеров с высоким уровнем CO_2 и как «низкий-низкий» в случае статистически значимых кластеров с низким уровнем CO_2. Если ключевой участок отличается высоким значением CO_2, но окружен участками с низкими значениями CO_2, то кластер отмечался как «высокий-низкий». Если же на участке отмечено низкое значение CO_2, но он окружен участками с высокими значениями, то кластер отмечался как «низкий-высокий» *(рисунок 3.4)*. Незначимые результаты свидетельствуют о том, что в соответствующих точках не отмечено признаков кластеризации.

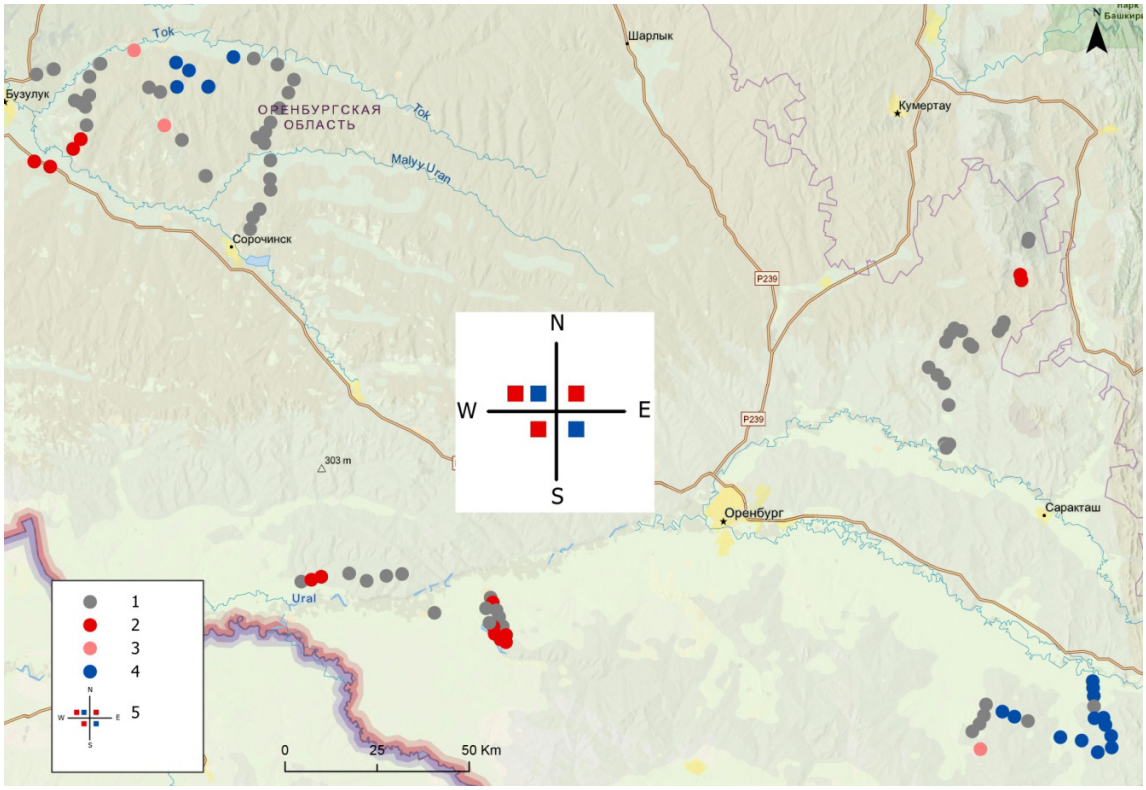


Рисунок 3.4. Пространственная кластеризация значений атмосферного диоксида углерода в регионе исследования.

Условные обозначения: 1 – автокорреляция признака не выявлена (или незначима), 2 – автокорреляция признака «высокий-высокий», 3 – автокорреляция признака «высокий-низкий», 4 – автокорреляция признака «низкий-низкий», 5 – схема группировки выявленных кластеров.

И, наконец, регрессионный анализ позволил выявить связь между зафиксированными метеопараметрами и концентрацией CO_2. Наиболее существенное влияние на атмосферную концентрацию углекислого газа в вегетационный период оказывают температура воздуха (обратная зависимость) и относительная влажность воздуха (прямая зависимость) *(рисунок 3.5)*.

Как демонстрируется на *рисунке 3.4,* наблюдается положительная пространственная автокорреляция и статистически значимая кластеризация ключевых участков с низкими значениями CO_2 в западной и юго-восточной группах, то есть в типчаково-ковыльно-разнотравной и бедноразнотравно-типчаково-ковыльной степи соответственно. Одновременно с этим в западной группе (типчаково-ковыльно-разнотравная степь) отмечается и статистически значимая кластеризация участков с высокими значениями CO_2. Кластеризация по высоким значениям диоксида углерода наблюдается также в южной и, незначительно, в северо-восточной группах ключевых участков (подзоны бедноразнотравно-типчаково-ковыльной и луговой степи соответственно).

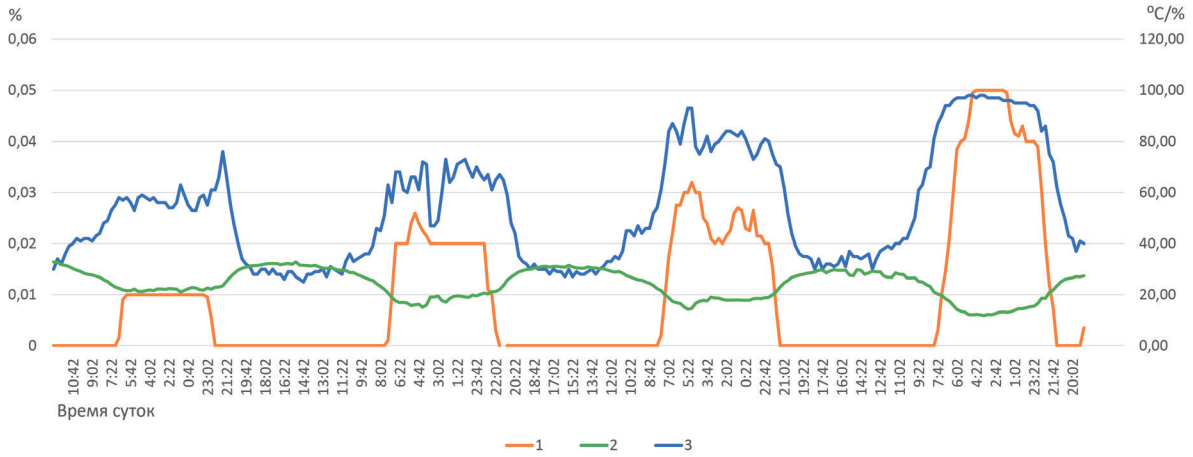


Рисунок 3.5. Графики одновременной суточной динамики концентрации диоксида углерода в воздухе ключевого участка (1), температуры воздуха (2) и относительной влажности воздуха (3).

По левой оси ординат отложены значения концентрации диоксида углерода в воздухе (% объемных), по правой оси ординат отложены температура воздуха (°С) и его влажность (%).

Статистически значимая кластеризация высоких значений CO_2 на юге, западе и востоке Оренбургской области существует локализовано и, судя по всему, мало связана с ландшафтными характеристиками. Например, в северо-западном кластере «высокий-высокий» автокорреляция признака (содержание CO_2 в воздушной смеси на высоте 1,5-2 м от земной поверхности) отмечается на шести ключевых участках с абсолютно разными характеристиками: ковыльная залежь (2 участка), пашня без всходов, пашня со всходами, пастбище, разнотравье на опушке березового колка. В северо-западном кластере «низкий-низкий», состоящем из шести ключевых участков, наблюдается такое же разнообразие их ландшафтных характеристик: пашня со всходами (2 участка), пашня без всходов, площадка нефтедобывающей скважины, разнотравно-ковыльная залежь, разнотравно-ковыльно-типчаковая залежь. В юго-восточном кластере, включившем 14 ключевых участков с автокорреляцией признака «низкий-низкий», они также обнаруживают широкое разнообразие исходных параметров: злаковое разнотравье (3 участка), полынно-типчаковое разнотравье (2 участка), пашня со всходами, солончак (3 участка), сухая полынно-типчаковая степь, облесенное разнотравье (4 участка). Юго-западный кластер, охватывающий 8 участков с автокорреляцией признака «высокий-высокий», аналогично не отличается однообразием их параметров. Здесь в кластер вошли пашни со всходами подсолнуха и ржи (3 участка), заброшенная пашня с неубранным высохшим подсолнечником, участки с разнотравьем, полынным разнотравьем и злаковым разнотравьем (2 участка). Лишь один мелкий кластер на северо-востоке исследуемой территории, образованный двумя участками с автокорреляцией «высокий-высокий», демонстрирует сходство их характеристик: оба участка являются переходной зоной, находясь на границе луговой степи и горно-лесного массива лесостепного заповедника Оренбургской области.

На бо́льшей части ключевых участков (более 66%) результаты замеров диоксида углерода не показали наличия автокорреляции и склонности к кластеризации. Самая большая доля кластеризующихся участков отмечена в юго-восточной части региона исследования – 70% от общего количества юго-восточных участков (бедноразнотравно-типчаково-ковыльные степи). На втором и третьем месте – юго-западная и северо-западная части региона (кластеризуются 40% и 21% всех ключевых участков, расположенных в бедноразнотравно-типчаково-ковыльной и типчаково-ковыльно-разнотравной степи соответственно). Минимальное количество автокорреляций признака, то есть минимальная доля кластеризующихся участков, зафиксировано в

северо-восточной части региона – 9,5% от общего количества участков северо-восточной группы (луговые и типчаково-ковыльно-разнотравные степи).

Полученные результаты позволяют предположить, что пространственное распределение диоксида углерода в воздухе степного региона зависит, по большей части, от характеристик степной подзоны и почти не зависит от локальных ландшафтных характеристик ключевых участков, включая техногенно-нарушенные нефтегазодобычей территории. Наиболее однородными значениями концентрации атмосферного диоксида углерода характеризуется подзона бедноразнотравно-типчаково-ковыльной степи, в то время как разнотравно-типчаково-ковыльные и дерновинно-злаковые типчаково-ковыльные степи показывают низкую степень автокорреляции этого признака. Низкая значимость локальных ландшафтных характеристик объясняется, по всей видимости, ролью воздушного массопереноса, которому на степной равнинной территории не препятствуют серьезные географические барьеры (лесные массивы с высокорослыми деревьями, высокая пересеченность рельефа, густая гидрографическая сеть с полноводными реками, крупные региональные литогеохимические барьеры и пр.). Максимальная доля ключевых участков с низкими показателями атмосферного углерода – 65% от их общего количества – также отмечается в подзоне бедноразнотравно-типчаково-ковыльной степи в юго-восточной части региона *(см. рисунок 3.1).* Доля ключевых участков с максимальными значениями атмосферного диоксида углерода не превышает 20% во всех частях региона. При этом в северо-восточной части региона (луговые и типчаково-ковыльно-разнотравные степи) зафиксированы лишь высокие и максимальные концентрации диоксида углерода в воздухе.

Представленный на *рисунке 3.5* график позволяет утверждать, что концентрация диоксида углерода в воздухе степной зоны имеет обратную зависимость от температуры воздуха и прямую зависимость от его влажности. Такая корреляция в некотором роде объясняет более высокую концентрацию CO_2 в воздухе луговых и типчаково-ковыльно-разнотравных степей относительно бедноразнотравно-типчаково-ковыльной сухой степи в юго-восточной части региона.

Таким образом, чуть более 40 процентов ключевых участков исследования объединяются в несколько географически приуроченных кластеров с близкими значениями показателя атмосферного диоксида углерода. В зонах типчаково-ковыльно-разнотравной и бедноразнотравно-типчаково-ковыльной степи отмечаются кластеры как с низкими, так и с высокими показателями атмосферного диоксида углерода. Кластеры с высокими значениями атмосферного диоксида углерода выделяются в подзонах бедноразнотравно-типчаково-ковыльной и луговой степи. Пространственное распределение диоксида углерода в воздухе степного региона зависит, по большей части, от природных характеристик степной подзоны и почти не зависит от локальных ландшафтных характеристик ключевых участков, включая техногенно-нарушенные нефтегазодобычей территории.

3.1.2. Пространственно-временная динамика поглотительной способности степных равнинных ландшафтов в отношении диоксида углерода по сравнению с горно-лесостепными и горно-лесными ландшафтами

Глобальная проблема оценки поглотительного потенциала ландшафтов в отношении диоксида углерода приобретает все большую актуальность. Изучение цикла углеродсодержащих газов в различных природных и антропогенных условиях, анализ факторов вариабельности объемов диоксида углерода в атмосфере, определение депонирующей способности типов почвенно-растительного покрова являются первоочередными эколого-экономическими задачами. Доказано, что показатели поглощения и эмиссии CO_2 обусловлены, в основном, такими факторами, как природно-климатические условия местности, в первую очередь – особенностями почвенно-

растительного покрова (Махныкина, 2020; Lal, 2007; Raich et al., 1992). Фотосинтез наземной фитомассой считается на данный момент наиболее рентабельным способом улавливания диоксида углерода (Chen, 2020; Lv et al., 2020).

В настоящее время разворачиваются исследования, использующие возможности спутниковых снимков для оценки поглотительной способности ландшафтов и запасов углерода. Установлено, что спектральные индексы, отражающие биофизические параметры растительной биомассы, положительно коррелируют с депонированием углерода (Wani et al., 2021; Yusandi et al., 2018) и отрицательно – с содержанием углерода в атмосфере (Lv et al., 2020; Marelign et al., 2022). Существующие режимы и циклы космической съемки позволяют обеспечить точные регулярные замеры прироста наземной фитомассы и расчеты значений фотосинтеза. Полученная информация используется для вычисления показателей поглощения углерода в различных природно-климатических условиях (Gelybó et al., 2013; Kross et al., 2013; Schubert et al., 2010).

Цель работы – выявить особенности пространственных изменений и временной динамики поглотительной способности российских горнолесных, лесостепных и степных ландшафтов в отношении атмосферного диоксида углерода. Результаты будут обладать научной новизной и потенциалом в аспекте расширения и детализации направления исследований связи зональных характеристик ландшафтов с их возможностями поглощать углерод из атмосферы.

Исследовались равнинные степные ландшафты Южного Предуралья в центральной части Оренбургской области и предгорные лесостепные и горнолесные ландшафты низкогорий и среднегорий Северного Кавказа в пределах Чеченской Республики. Центральная часть Оренбургской области расположена в степной зоне, где сменяют друг друга классические подзоны, включая типичную степь и южную сухую степь. Эти особенности предполагают новизну и практическую значимость результатов исследования. В Чеченской Республики выделяют несколько природных зон - полупустыню, степь, лесостепь, горный лес, что также предполагает целесообразность изучения указанной территории и ее научную репрезентативность.

Для объективности и детализации выводов в регионах исследования выделены ключевые участки: один участок в Оренбургской области и шесть участков на территории Чеченской Республики, входящих в состав Северо-Кавказского карбонового полигона. Требовалось, чтобы выделенные ключевые участки отличались разнообразием геоэкологических характеристик, охватывая горнолесную, лесостепную и степную зоны *(таблица 3.2).*

В первую очередь, с учетом имеющихся рекомендаций (Heinsch et al., 2015), была выполнена тематическая обработка доступных данных дистанционного зондирования Земли - продуктов спутникового спектрорадиометра MODIS, что позволило рассчитать ежегодный показатель поглощения углерода (ППУ) растительным покровом в регионах исследования за период с 2000 по 2020 гг. На основе полученных значений произведено пространственное зонирование территории изучаемых регионов по ППУ, а также проанализированы временные тренды значений ППУ для семи ключевых участков.
Для регионов исследования и участков определены характеристики растительного покрова с помощью нормализованного вегетационного индекса NDVI (Rouse et al., 1974), рассчитанного по снимкам спутников Landsat, выполнена корреляция временных рядов значений ППУ со значениями рядов NDVI.

Пространственное распределение средних за исследуемый период значений показателя поглощения углерода растительным покровом в регионах исследования представлено на *рисунках 3.6 и 3.7.*

Таблица 3.2.

Краткая характеристика ключевых участков исследования

№ участка, регион	Площадь, га	Преобладающие типы ландшафтов и растительного покрова
1 Чеченская Республика	17	Низкогорные лесостепные ландшафты; смешанные широколиственные леса, кустарники, травянистая растительность в стадиях сукцессии.
2 Чеченская Республика	20	Горные степи Алханчуртской долины, разнотравно-злаковые степи
3 Чеченская Республика	94	Низкогорные лесостепные ландшафты Терско-Сунженской возвышенности; широколиственные леса и кустарники.
4 Чеченская Республика	40	Естественные и залежные степи межгорной котловины Терско-Сунженской возвышенности с разнотравно-типчаково-ковыльной, разнотравно-злаково полынной растительностью.
5 Чеченская Республика	241	Низкогорно-долинные ландшафты; горно-лесные бурые и лугово-аллювиальные почвы, горно-лесная древесно-кустарниковая растительность.
6 Чеченская Республика	50	Остепненные луга и горные степи приподнятой межгорной котловины.
7 Оренбургская область	190	Сухая степь с полынково-тырсово-типчаково-ковыльной растительностью.

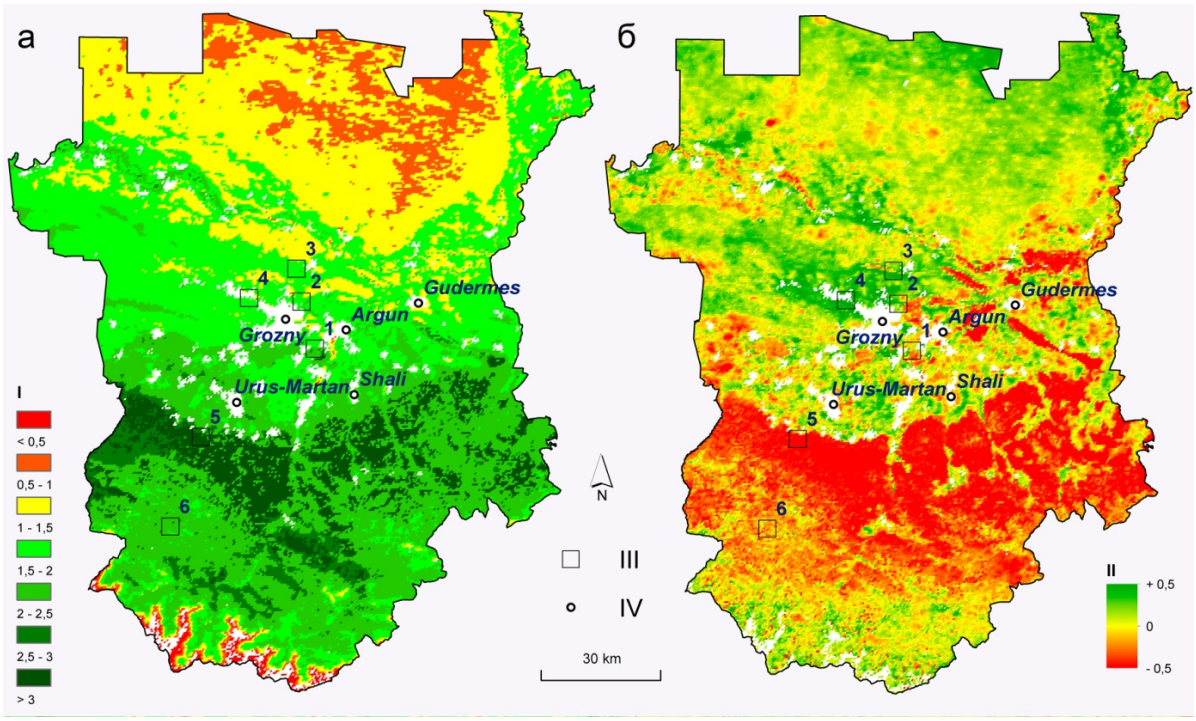


Рисунок 3.6. Пространственное распределение на территории Чеченской Республики.

Условные обозначения: a) средних значений показателя поглощения углерода (кгС/м^2/год), b) трендов значений показателя поглощения углерода за период с 2002 по 2020 гг.; I – диапазоны значений ППУ; II – цветовой градиент тренда ППУ; III – ключевые участки исследования №№ 1-6; IV – населенные пункты.

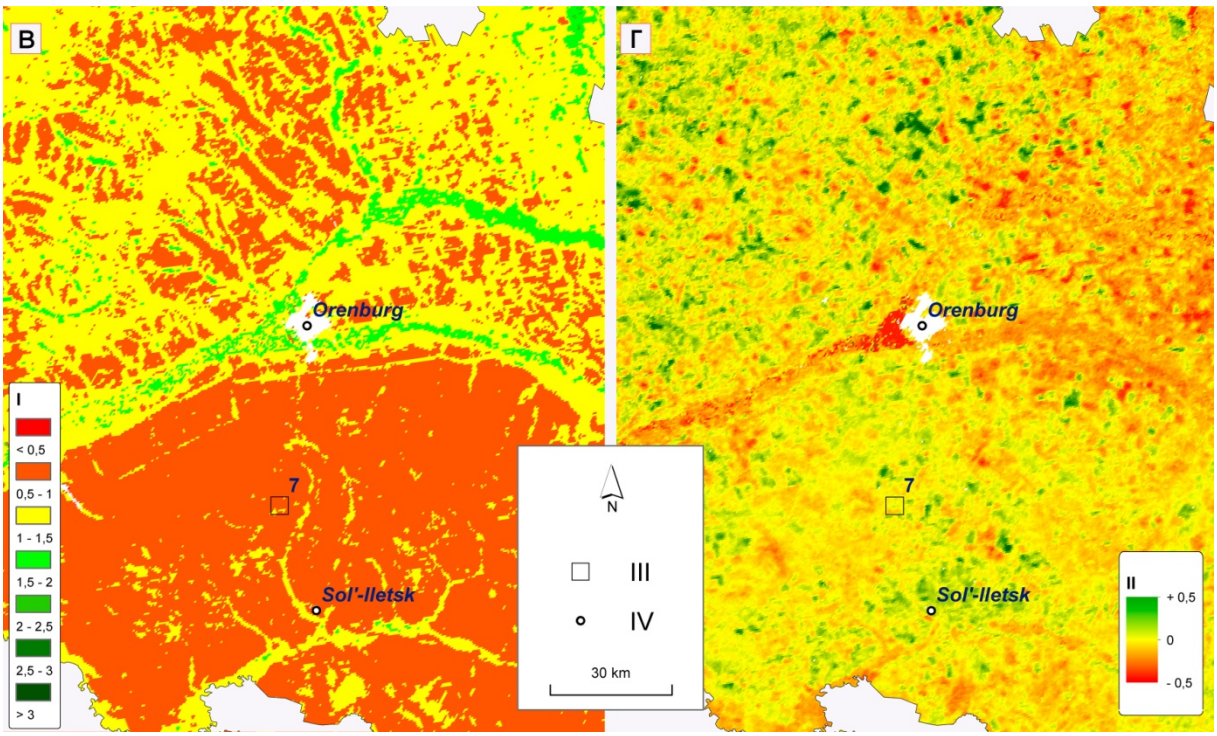


Рисунок 3.7. Пространственное распределение в центральной части Оренбургской области.

Условные обозначения: c) средних значений показателя поглощения углерода (кгС/м^2/год), d) трендов значений показателя поглощения углерода за период с 2002 по 2020 гг.; I – диапазоны значений ППУ; II – цветовой градиент тренда ППУ; III – ключевой участок исследования №7; IV – населенные пункты.

Рисунок 3.6. в части *a* демонстрирует, что в масштабе региона поглотительная способность наземной фитомассы ландшафтов предгорий Северного Кавказа увеличивается по направлению с севера на юг, отражая зональную смену природно-климатических условий: от степей и полупустынь в северных районах, где значения ППУ представлены в диапазоне от 0,5 до 1 кгС/м^2/год, до предгорных луговых степей и горных лесов на юге, где значения ППУ превышают 3 кгС/м^2/год. В то же время, в части *b рисунка 3.6,* визуализирующей пространственно-временные тренды ППУ, видно, что в зонах с преобладанием лесов многолетний прирост значений ППУ минимален и не превышает 0,5 кгС/м^2/год. Существующие гипотезы объясняют это как снижением поглотительной способности в возрастных лесах за счет стабилизации валовой первичной продуктивности и непрерывного повышения автотрофного дыхания (Kira, Shidei, 1967), так и тем, что снижение поглотительной способности в многолетних лесах в первую очередь обусловлено снижением валовой первичной продуктивности, которая с возрастом уменьшается быстрее, чем автотрофное дыхание, но соотношение поглотительной способности и валовой первичной продуктивности остается примерно постоянным в пределах экосистемы (Tang и др., 2014). Так или иначе, особенности поглотительной способности лесов – ее снижение у возрастного леса на фоне повышения или очень слабого снижения автотрофного дыхания – нельзя не принимать во внимание при построении прогнозных моделей и сценариев улавливания углерода в лесных, степных и смешанных экосистемах.

Рисунок 3.7 в части *c* показывает, что поглотительная способность ландшафтов центральной части Оренбургской области возрастает по направлению с юга на север, отражая зональную смену природно-климатических условий: от сухой типчаково-ковыльной степи на юге с ППУ от 0,5 до 1 кгС/м^2/год до разнотравно-ковыльной и разнотравно-злаковой степи на севере, где максимум ППУ достигает 1,5 кгС/м^2/год.

Пространственно-временные тренды ППУ в центральной части Оренбургской области не демонстрируют каких-либо значимых колебаний *(рисунок 3.7 в части d).* Такая однородность (за исключением локальных пиков, привязанных к зонам антропогенного воздействия), связана, прежде всего, с условным однообразием растительного покрова, сохраняющимся, несмотря на смену подзональных вариантов.

Особый интерес представляют временные тренды ППУ на ключевых участках исследования *(рисунок 3.8).*

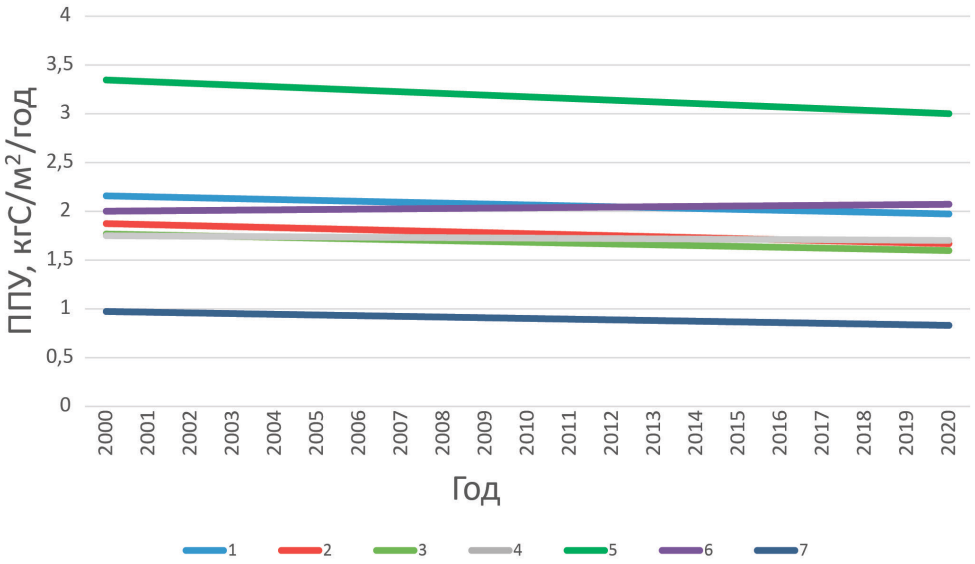


Рисунок 3.8. Временные тренды значений показателя поглощения углерода растительностью на ключевых участках исследования №№ 1-7.

Наблюдается явная тенденция к снижению объемов поглощаемого углерода на облесенном участке № 5. Это согласуется с вышеприведенными теориями стабилизации и снижения показателя поглотительной способности в возрастных лесах за одно и более десятилетий. На фоне максимальной поглотительной способности лесов актуализируется вопрос о том, каков нижний порог, до которого могут опуститься значения ППУ на лесном участке № 5 при неизменном состоянии лесных массивов в следующие десятилетия.

Не менее интересна нисходящая линия тренда ППУ на сухостепном участке № 7. Судя по всему, на участках залежных или естественных многолетних степей действует аналогичный механизм стабилизации и постепенного снижения поглотительной способности.

На остальных участках исследования №№ 1-4 и № 6 линии трендов либо стабильны, либо слабоотрицательны. Можно объяснить это разнородностью растительного покрова и систематическо-периодическим антропогенным воздействием, способствующим обновлению растительного покрова.

Динамика показателей *NDVI* по ключевым участкам за период наблюдений отображена на *рисунке 3.9.*

Можно выделить следующие особенности изменения вегетационного индекса на ключевых участках:

– на лесостепных участках № 1, № 3 и луговом участке № 6 наблюдается устойчивая амплитуда показателей (±0,4) и стремление к их стабилизации в последние 3-4 года изучаемого периода;

– степные, схожие по условиям увлажнения и расположенные недалеко друг от друга участки № 2 и № 4, отличаются схожей динамикой показателей *NDVI* и высокими амплитудами колебаний их значений;

– низкогорный лесной участок № 5 характеризуется максимальным относительно других участков средним значением *NDVI* со стабильным трендом на повышение и наиболее низкой в Чеченской Республике амплитудой колебаний показателей (±0,3);

– сухостепной участок № 7 в Оренбургской области имеет наименьшее среднее многолетнее значение вегетационного индекса при низкой амплитуде колебаний его значений - в последние 14 лет изучаемого периода они почти стабильны.

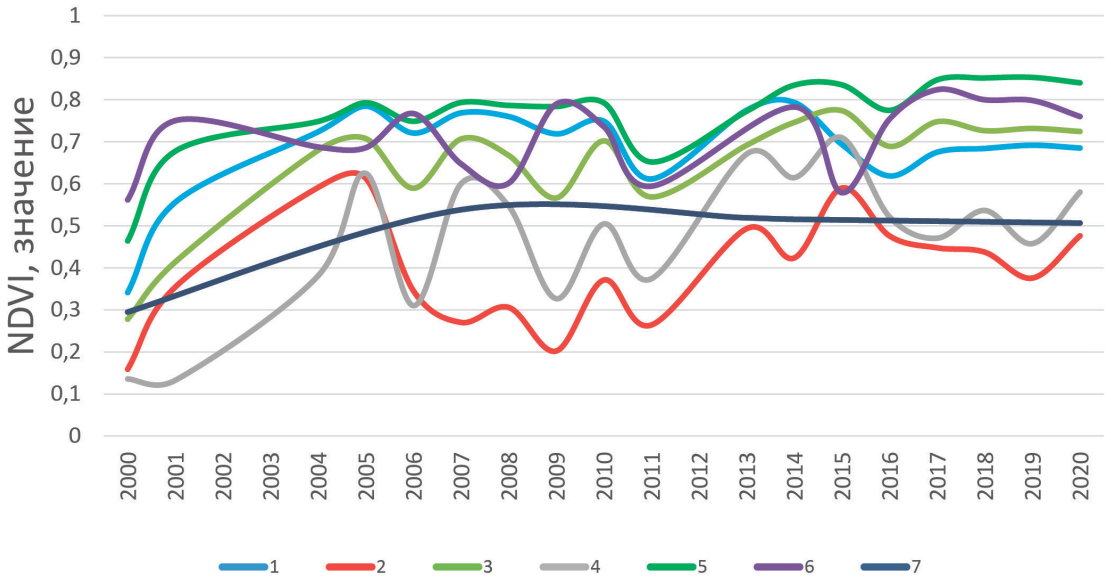


Рисунок 3.9. Динамика показателей NDVI на ключевых участках исследования.

Анализ зависимости между средними ежегодными значениями ППУ и *NDVI* для каждого участка не выявил тесной положительной корреляционной связи (значения коэффициента корреляции Пирсона находятся в диапазоне от 0,23 до 0,41), однако для лесного участка № 5 прослеживается средняя отрицательная корреляция (–0,52). Таким образом, представляется, что неоправданно делать выводы об изменениях способности растительного покрова поглощать углерод, основываясь лишь на колебаниях значений индекса NDVI. Этот вегетационный индекс, характеризуя общее состояние наземной фитомассы, не учитывает индивидуальную поглотительную способность растительных фитоценозов. Тем не менее, в случае однородного лесного участка № 5, где не происходит систематических антропогенных нарушений и изменений режимов природопользования, небольшая отрицательная корреляция показателей *NDVI* со значениями ППУ укладывается в рамки вышеприведенных теорий стабилизации и постепенного снижения показателя поглотительной способности в возрастных лесах.

Таким образом, можно заключить, что в масштабах регионов поглотительная способность ландшафтов изменяется, отражая зональную смену природно-климатических условий: минимальная поглотительная способность отмечается в зонах степей и полупустынь, максимальная – в зонах низкогорных смешанных лесов. Необходимо учитывать, что способность поглощать углерод на лесном участке будет со временем снижаться. Для определения функциональной зависимости такого снижения от возраста леса требуются дополнительные исследования. Полученные авторами линии временного тренда позволяют предположить, что на степных участках поглотительная способность также будет со временем снижаться аналогично ситуации с возрастным лесом.

Результаты исследования призваны помочь в разработке решений по оптимизации природопользования в степных, лесостепных и горных ландшафтах.

3.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ГЕОИНФОРМАЦИОННОМУ АНАЛИЗУ СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ СТЕПНОГО РЕГИОНА *(Ряхов Р.В.)*

3.2.1. Геоинформационные методы анализа пространственной информации

До недавнего времени основным способом наблюдения за ландшафтной структурой было исключительно полевое исследование, но, учитывая масштабы территорий регионов России, использование инновационных методов, основанных на дешифрировании данных дистанционного зондирования Земли из космоса (ДДЗ) с применением геоинформационных технологий, для картирования структуры землепользования позволяют повысить как охват территории, так и качество итогового материала. Применение мультиспектральных изображений для изучения степных регионов позволяет проследить пространственно-временные особенности структуры антропогенной трансформации. Дешифрирование синтезированных ДДЗ (в красной, ближней и средней инфракрасной спектральных зонах) с высокой точностью дифференцирует антропогенные элементы ландшафтной структуры, такие как сельхозугодия, урбанизированные территории, транспортная и овражно-балочная сеть, незаконно распаханные участки и территории, сменившие тип землепользования.

Для проведения визуального и автоматизированного дешифрирования применялись синтезированные изображения, образованные при помощи различных комбинаций трех каналов, получаемых со спутников дистанционного зондирования. Наибольшее распространение, благодаря привычному для человеческого глаза цветовосприятию, получили естественные цвета. Они включают в себя синий (B), зеленый (G) и красный (R) диапазоны спектра. Изображение, синтезированное по RGB каналам, позволяет визуально оценить особенности структуры исследуемого ландшафта, выделить его основные компоненты: речная, эрозионная и дорожная сети, лесные массивы, сельскохозяйственные угодья, урбанизированные и сельские территории и т.д. В тоже время видимая область спектра достаточно малая часть диапазона не обладает высокими показателями контрастности. Сходные ландшафтные единицы, такие как сельхозугодия и залежные участки при согласующихся периодах вегетации вполне могут не диверсифицироваться между собой, вследствие схожей степени проективного покрытия, нивелирующейся разрешением камеры космического аппарата.

Геоинформационные системы позволяют проводить автоматизированное дешифрирование, существенно ускоряя процессы обработки данных, которые могут применяться в качестве вспомогательных при полевых исследованиях либо служить самостоятельной основой для разнонаправленного изучения территорий любых масштабов, создают предпосылки для все более активного применения ДДЗ в практике ландшафтных исследований (Петрищев, 2009). В этой связи встает вопрос о кодификации методических и методологических принципов, использующих эти технологии.

Применение ДДЗ позволяет проследить происходившие в последние десятилетия процессы, выделить структуру природных и антропогенных компонентов ландшафтов Оренбургской области (Яковлев, Петрищев, 2008, 2009). При использовании спутниковых снимков проводится одновременное изучение структуры рельефа, овражно-балочной, речной и транспортной систем, степных, лесостепных и лесных участков, населенных пунктов, объектов недропользования и сельского хозяйства в пределах геосистем, что, в свою очередь, объективизирует результаты исследования и позволяет получить целостную геоинформационную модель природопользования. В связи с этим остро встают вопросы изучения состояния ландшафтов, подверженных антропогенной нагрузке, с целью мониторинга и прогнозирования процессов, негативно влияющих на степные геосистемы, а также детектирования территорий, слабо

приспособленных для ведения хозяйственной деятельности (Дубровская, 2017; Чибилёв, Мячина, Дубровская, 2014).

Одними из способов изучения трансформации структуры ландшафта служат различные коэффициенты, оценивающие степень выраженности классов (ландшафтное разнообразие) и контурности или фрагментированности, мозаичности (сложность структуры ландшафта) (Kienast et al., 2015; Walz, 2015). К ним относятся такие индексы хорологического, типологического и энтропийного разнообразия ландшафтной структуры, как энтропийные меры разнообразия и сложности Шеннона, неоднородности Ивашутиной-Николаева, Одума, Глизона-Маргалефа, Симпсона, учитывающие количество составляющих ландшафтного рисунка, степень контурности, площади урочища и ландшафтных контуров, их порядковую нумерацию (Викторов, 1986, 1998; Ганзей, 2014).

Для определения динамических особенностей изменения ландшафтной структуры в пределах антропогенных ландшафтов использовались ДДЗ со спутников пятой и восьмой серии Landsat. Первым этапом проводился синтез пяти каналов ДДЗ по синему, зеленому, красному, ближнему и коротковолновому инфракрасному диапазонам. Выбор каналов обусловлен спектральными свойствами растительности (интенсивностью поглощения/отражения в красном и ближнем инфракрасном диапазонах), наличием видимого диапазона как фактора, влияющего на экспертную оценку при полевых исследованиях, и дополнен расширением инфракрасного спектра с целью повышения контрастности изображения. Далее проводилась неконтролируемая классификация спутниковых изображений.

Для тематического картографирования ДДЗ применяются методики расчета индексных изображений и алгоритмы контролируемых и неконтролируемых классификаций, представляющие собой кластерный анализ растровых изображений с одновременной векторизацией и выделением подобных друг другу участков земной поверхности. После проведения дешифрации одним из обязательных этапов работы является интерпретация полученных данных путем их сопоставления с оригинальным космическим снимком и выделения сходных классов, которые по тем или иным причинам могут быть разделены.

Процесс кластеризации основан на разделении снимка на области с приближенными средними значениями каждого класса. Сначала производится анализ всех пикселей изображения с отнесением их к тому классу, где минимальна разница показателей спектральной яркости. По завершении первой итерации рассчитываются новые средние значения классов, образованных по результату кластеризации. Далее процесс повторяется. Количество итераций обуславливается максимально возможным числом, устанавливаемым пользователем, либо может прекращаться досрочно при достижении порога сходимости. Различие пикселей изображения по показателям спектральной яркости дает возможность объединять их в классы с близкими средними значениями. На земной поверхности объекты одного типа имеют схожие значения спектра в видимом диапазоне и, следовательно, объединяются в цельные полигоны.

Среди инновационных методов дешифрирования ДДЗ, в плане объективности анализа ландшафтной структуры, наилучшие показатели у нейросетевых алгоритмов. Они позволяют оценивать не только спектральные характеристики поверхности, но и также прослеживать пространственное распределение в пределах спутникового снимка.

Обработка и визуализация собранных материалов проводилась при помощи геоинформационных программных комплексов, включающих полный перечень аналитическо-картографических утилит. Дешифрирование данных дистанционного зондирования методами нейронных сетей осуществлялось в ГИС ScanEx IMAGE Processor 5.1, для статистического анализа и картографического оформления использовался ArcGIS 10. ScanEx IMAGE Processor представляет собой полнофункциональный геоинформационный комплекс программных утилит, направленный на решение проблем

обработки пространственных данных. Основная направленность программы подразумевается, как средство первичной обработки, классификации, индексации, синтеза, визуализации и тематического картографирования растровых изображений, получаемых с космических аппаратов.

Алгоритмы нейросетевой кластеризации, в плане географических исследований, используют не только показатели яркости каждого пикселя, но также его пространственное расположение в соответствии с соседними. Таким образом, нейронные сети позволяют, по сравнению со стандартными классификациями, учитывать ландшафтные особенности территории. Намного лучше выделяются континуальные объекты: речная и овражно-балочные сети, транспортная инфраструктура, детально отображаются антропогенные объекты на урбанизированных территориях, распаханные участки.

3.2.2. Оценка структуры и динамики агроландшафтов

Длительное использование почвенных ресурсов оказывает воздействие на биопродуктивность агроландшафтов. Как следствие, снижение плодородия почв и урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур. Для земельных участков сельскохозяйственного назначения, находящихся в одинаковых природно-климатических условиях, используется параметр качества оценки этих агроландшафтов. Другим фактором, снижающим площади сельхозугодий, является перевод из категории сельскохозяйственного назначения в категорию земель промышленности, транспорта, жилого строительства и др. Аграрные отрасли должны быть внутренне сбалансированными с возможностями природной среды и осуществляться при рациональном природопользовании. Естественные факторы являются определяющими для эффективности сельскохозяйственной деятельности, и рациональное размещение агропроизводств позволяет с наибольшей эффективностью использовать природно-ресурсный потенциал агроландшафтов.

По результатам тематической обработки и проведенного геоинформационного анализа выявлены факторы, отражающие особенности землепользования Оренбургской области и проблемы, связанные с дешифрированием спутниковых данных. Нами разработана картосхема территории Оренбургского Предуралья *(рисунок 3.10),* основанная на результатах нейросетевой кластеризации методом самоорганизующихся карт Кохонена (Self-Organizing Map) (Kohonen, 2001). При помощи алгоритма T-Map для 25 нейросетевых компонентов построено минимальное остовое дерево в отображении Семмона, показывающеея близость яркостных и пространственных характеристик (Saveliev, Dobrinin, 1999). В отдельных «ветвях» расположены лесные массивы, в том числе и пойменные, сельскохозяйственные угодья. Антропогенные объекты (дорожно-транспортная сеть, урбанизированные территории и т.д.) и целинно-залежные участки потребовали дополнительной дифференциации путем визуального сопоставления.

Зафиксирован факт уменьшения площади распахиваемых территорий. В пределах ландшафтов, расположенных к северу от реки Урал, наблюдается образование залежных участков по долинам речных систем (Салмыш, Чебенька, Большой Ик), а также территории «не удобные» для сельского хозяйства в близи объектов эрозионной сети. Выделен достаточно большой массив неиспользуемых земель к востоку от города Оренбурга. Данные территории, по почвенным показателям, относятся к высокопродуктивным землям. Снижение хозяйственного воздействия является нерациональным использованием природных ресурсов. По ландшафтам прослеживается существенное увеличение средней площади сельхозугодий.

В Подуралье, по причине широтного изменения почвенно-климатических особенностей территории в сторону снижения количества атмосферных осадков и содержания гумуса, увеличение площади залежных земель носит более яркий характер. Это обуславливает низкую биопродуктивность агроладшафтов. Показатели рентабельности

использования сельхозугодий, помимо природных факторов, сопровождаются рядом социально-экономических причин. Во-первых, усиление охранного режима Донгузского полигона исключило возможность незаконной распашки, особенно в южной части. Во-вторых, наблюдается резкое снижение антропогенной нагрузки по долине реки Буртя в верхнем и среднем течении, по причине удаленности от объектов дорожно-транспортной сети. Наличие целинных территорий, в том числе и особо охраняемых, делает центральную часть Донгуз-Буртинского сыртово-увалистого района привлекательной для расширения системы степных ООПТ в Оренбургской области, которое не затронет сельхозпроизводителей. В Подуралье, как и в северной части, наблюдается увеличение площади сельхозугодий, за исключением территории Соль-Илецкого городского округа. Это связано с большим количеством индивидуальных земельных участков, предусмотренных для выращивания бахчевых культур. Производители стараются диверсифицировать производство в районах рискованного земледелия, тем самым разбивая крупные выделы на ряд более мелких, засаженных различными сортами, и используют одно крупное поле несколькими арендаторами.

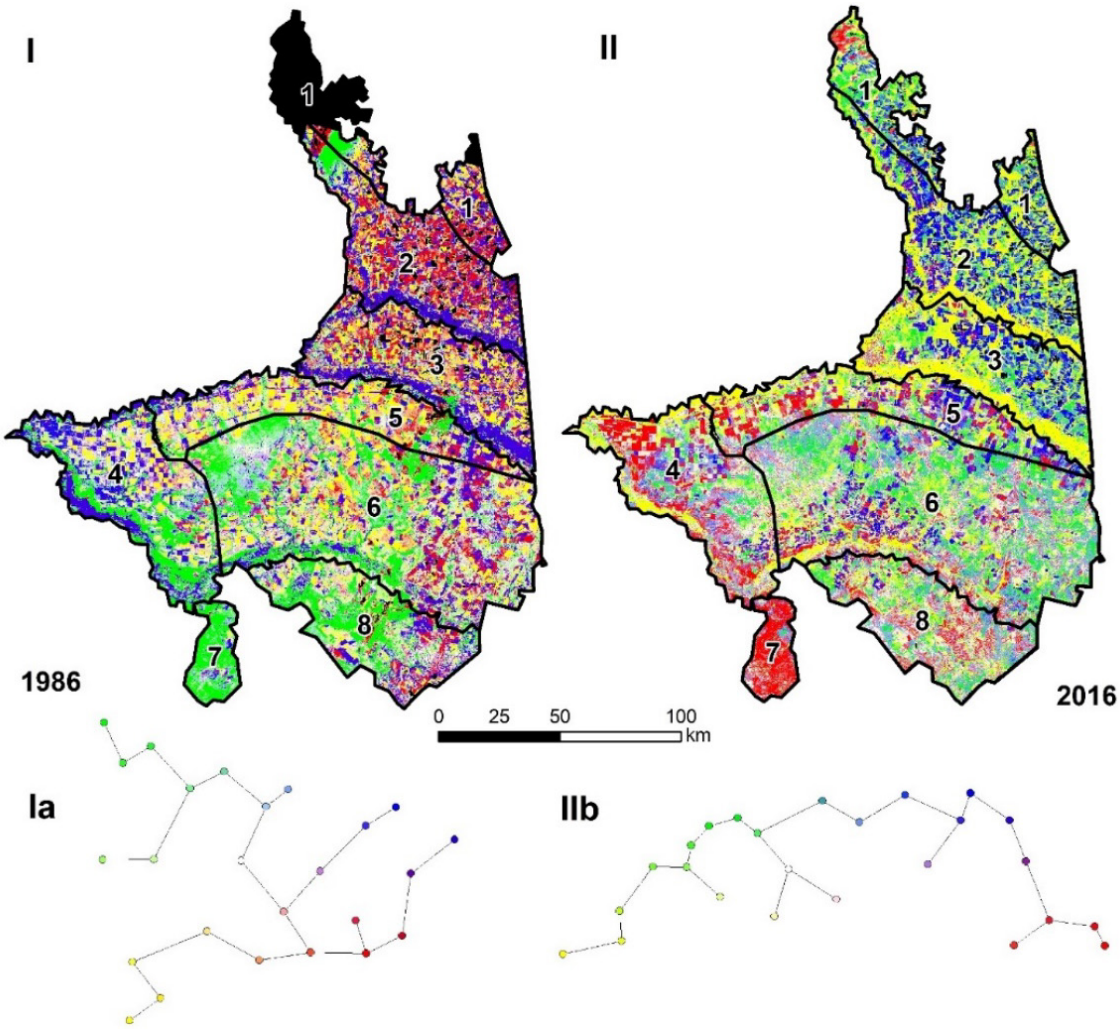


Рисунок 3.10. Картосхемы структуры сельского хозяйства Оренбургского Предуралья на 1986 (I) и 2016 (II) гг. и минимальное «остовое дерево» результатов нейросетевой кластеризации в виде отображения Семмона 1986 (Ia) и 2016 (IIb) гг.

Условные обозначения: 1 – Салмыш-Юшатырский сыртово-холмистый район; 2 – Чебеньковский сыртово-холмистый район; 3 – Нижнесакмаро-Уральский сыртово-увалистый район; 4 – Нижнеилекский придолинно-плакорный долинно-террасовый район; 5 – Донгуз-Приуральский долинно-террасовый район; 6 – Донгуз-Буртинский сыртово-увалистый район; 7 – Илек-Утвинский сыртово-плакорный меловой район; 8 – Илек-Хобдинский сыртово-увалистый район.

Наблюдаются различия в видах отображения Семмона для 1986 и 2016 гг. Причиной является сильный уровень антропогенной дифференциации ландшафтов. Большее количество сельскохозяйственных контуров, а также субширотная протяженность региона исследования обуславливают четкую дифференциацию агроландшафтов по «ветвям» минимального остового дерева.

3.2.3. Динамика структуры ландшафтов на объектах недропользования

Ландшафтные комплексы, расположенные в пределах нефтегазовых месторождений, относятся к категории геосистем, в пределах которых техногенные объекты, несмотря на многочисленность, тем не менее занимают относительно небольшую площадь. В отличие, например, от глубоко измененных карьерно-отвальных комплексов с сильно нарушенной морфологической структурой, техноморфным рельефом, сукцессионными сообществами и широко развитыми техноземами, геосистемы, занятые инфраструктурой, связанной с добычей углеводородного сырья, имеют ландшафтные границы не разрушенные, а только измененные в результате недропользования (Бузмаков, Костарев, 2003; Гареев, Шакиров, 2000; Глазьева, 2003). В связи с этим исследования динамики структуры таких геосистем дают возможность определить направление и степень деструктивных процессов (Jones, Pejchar, 2013; Plank, Mager, Schoepfer, 2014).

Для проведения ландшафтно-морфологического анализа выбраны два месторождения Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна на территории Оренбургской области – Росташинское и Зайкинско-Зоринское. Они расположены в юго-западной части Бузулукской впадины в районе сочленения Волго-Уральской антеклизы с Прикаспийской синеклизой и приурочены к Зайкинско-Росташинской структурной зоне.

В физико-географическом отношении месторождения располагаются в пределах степной зоны Восточно-Европейской равнины. Ландшафтное районирование А.А. Чибилёва позволяет отнести данную территорию к Общесыртовско-Предуральской возвышенной провинции, подзоне северной степи, Бузулук-Присамарскому сыртово-увалистому придолинно-плакорному району (Географический атлас…, 1999; Чибилёв, Дебело, 2006).

Ландшафтная структура Зайкинского месторождения сформирована преимущественно локальным водоразделом р. Грязнушки и бал. Долганки, являющихся правыми притоками р. Чаган и относящихся к бассейнам р. Урал и Каспийского моря. Водораздельные плакоры включают узкие плато, переходящие в гребни, расчлененные короткими и глубокими ресеквентными и обсеквентными оврагами и долами. Северные склоны в основном прямые пологие и покатые, южные – короткие и крутые, часто ступенчатые с характерными уступами.

Росташинское месторождение занимает долину р. Башкирки и серию узких платообразных субмеридиональных водораздельных плакоров с прямыми и вогнутыми склонами, практически не изрезанными долинно-балочным типом местности. Только в юго-западной части месторождения располагается длинный и широкий склон, расчлененный протяженными долами.

По результатам ГИС-анализа получена статистическая база данных, отражающая пространственную структуру месторождений по временным срезам исследования. В её состав входит информация о числе классов, количестве полигонов, суммарной и средней площади. На каждый период рассчитаны показатели по территориям техногеосистем и окружающих их ландшафтов, не затронутых техногенным воздействием. Эти данные послужили основой для расчета коэффициентов, характеризующих ландшафтное разнообразие и сложность для техногеосистем Зайкинского и Росташинского месторождений.

Индекс энтропийной сложности и разнообразия Шеннона указывает на степень упорядоченности морфологии ландшафта. Чем выше данный показатель, тем более дробной является структура ландшафта, тем большим количеством контуров она формируется (Shannon, 1948). Помимо этого, индекс Шеннона учитывает степень равномерности распределения контуров через оценку распределения площадей по каждому классу. Многоконтурность повышает устойчивость геосистемы к различным вызовам. Степень фрагментации геосистемы может увеличиваться в результате приспособления к внешним природным факторам, выводящим ландшафтный комплекс из состояния равновесия. Такую же роль играют антропогенные процессы, активизация или стагнация которых способствует изменению контуров. Техногеосистема Зайкинского месторождения «пришла в движение» в первую очередь за счет восстановительной динамики залежных ровнядей (тип местности степи и лесостепи) (Мильков, 1977), которые затем через смену сукцессионных стадий приведут к климаксному состоянию структуры геосистемы в целом. Ведущую роль в формировании техногеосистемы по-прежнему играет процесс недропользования. С учетом того, что Зайкинское месторождение введено в эксплуатацию в 1987 г., процесс добычи неуклонно сопровождается нарастанием технологических объектов (плотность сетки скважин увеличилась со 140 до 238 скв./га). Этот рост, разумеется, также нашел свое отражение и в увеличении контурности геосистемы Зайкинского месторождения, но в большей степени в выравненности классов, т.е. их равнодольности по площади. Также существенный рост фонда скважин произошел на Росташинском месторождении (с 18 добывающих скважин в 1989 г. до 30 добывающих и 9 нагнетательных в 2018 г. при неуклонном снижении объемов добычи с 456 до 125 тыс. т).

Индекс разнообразия Симпсона характеризует степень доминирования отдельных природно-территориальных комплексов (обычно в ранге урочищ или подурочищ) в составе ландшафта. За рассматриваемый период роль классов-доминантов в структуре геосистемы несколько снизилась, в первую очередь, за счет снижения уровня распаханности территории (Шитиков и др., 2003). Снижение относительно небольшое, преимущественно за счет того, что по-прежнему сохраняются границы сельскохозяйственных угодий и, соответственно, границы разновозрастных залежей. Следует подчеркнуть, что значение индекса Симпсона для Зайкинского и Росташинского месторождений снизилось в равных значениях, что совпадает с общей тенденцией для техногеосистем нефтегазовых месторождений Оренбургского Заволжья.

Индекс разнообразия Симпсона-Одума показывает, что техногеосистема Зайкинского месторождения относится к группе геосистем степной зоны с пониженным уровнем ландшафтного разнообразия. В целом, ландшафт месторождения находится на грани деградации (при значении индекса 0,2) и загрязнения при активно происходящих антропогенных процессах. За 29 лет индекс снизился на 0,02. Данную величину можно назвать комплексным показателем изменения антропогенной нагрузки. Значение индекса для Росташинского месторождения существенно ниже и неизменно на протяжении 1989-2018 гг. В целом, состояние техногеосистемы данного месторождения следует оценивать как более кризисное по сравнению с Зайкинским.

Индекс Глизона-Маргалефа отражает соотношение между контурностью и площадью территории. За исследуемый период значение индекса в пределах геосистемы Зайкинского месторождения существенно снизилось, а в пределах Росташинского, напротив, хоть и незначительно, но возросло.

Коэффициент ландшафтной неоднородности, предложенный Л.И. Ивашутиной и В.А. Николаевым, зависит от числа групп ландшафтов и соотносится с их площадями, т. е. если территорию занимает только один вид ландшафтов, то значение коэффициента равно нулю (Ивашутина, Николаев, 1969). Анализ морфологической структуры ландшафта Зайкинского нефтегазового месторождения в 1989 и 2018 гг. *(рисунок 3.11)* показывает следующие основные закономерности: общее количество классов (типы

урочищ, в т.ч. природно-агрогенные и техногенные) сократилось (с 24 до 22) при значительном росте контурности (фрагментированности) более чем на 1/3 (35,1%); соответственно, сократилась средняя площадь классов при возрастании числа контуров в каждом из них; степень упорядоченности структуры геосистем нефтегазовых месторождений существенно изменилась в течение 1989-2018 гг. за счет повышения дробности и в целом роста неупорядоченности (энтропии); сокращение количества классов (типов урочищ) в пределах техногеосистемы Зайкинского месторождения повлияло на показатель ландшафтной неоднородности в сторону ее сокращения.

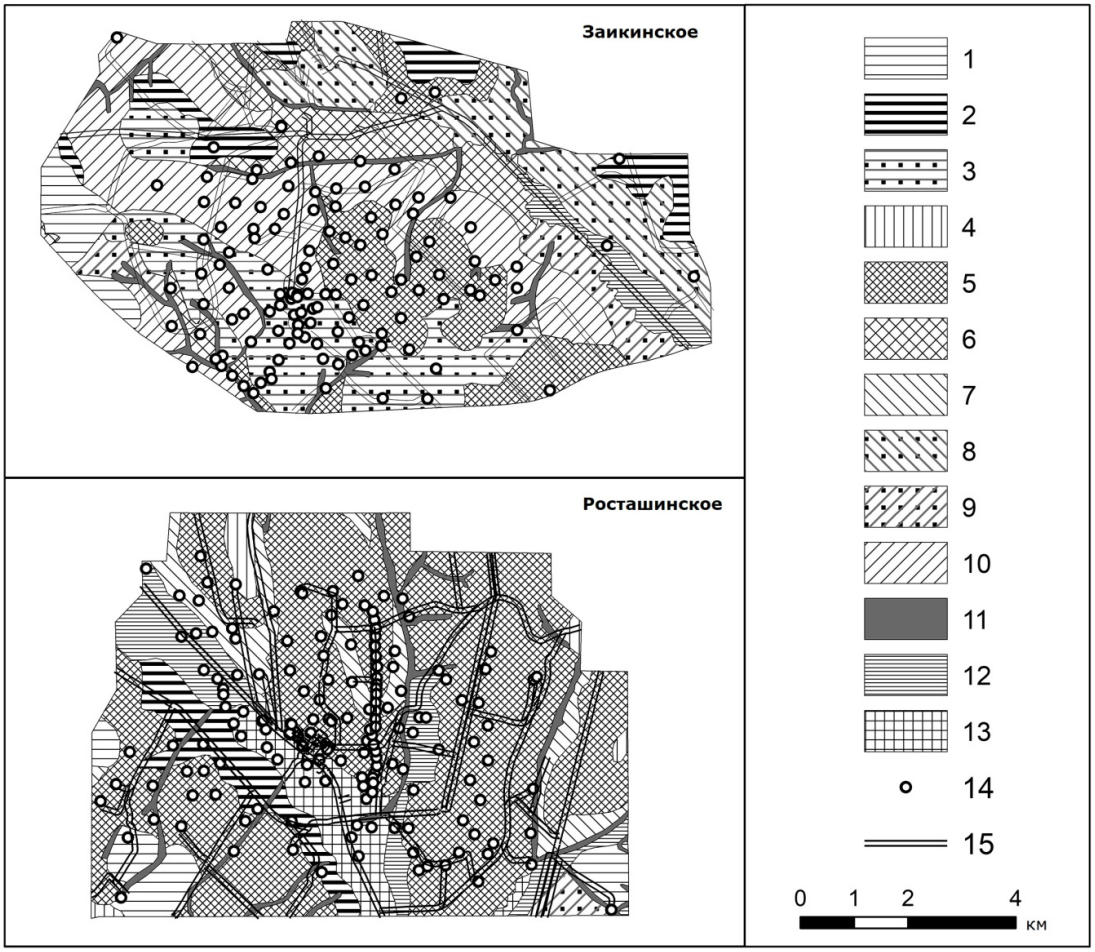


Рисунок 3.11. Ландшафтная структура техногеосистем Зайкинского (А) и Росташинского (Б) нефтегазовых месторождений.

Условные обозначения: 1 – водораздельные плато и пологие привершинные прямые склоны с черноземами южными маломощными, в том числе карбонатными; 2 – плакорные плато и пологие склоны с черноземами южными маломощными среднегумусными; 3 – водораздельные плато и пологие выпуклые склоны с солонцами мелкими и средними; 4 – вершины сыртовых увалов и покатые выпуклые склоны южной экспозиции с черноземами южными сильносмытыми; 5 – сильнопокатые и крутые склоны с черноземами южными сильносмытыми щебневатыми, в том числе карбонатными; 6 – покатые склоны водоразделов и увалов южной экспозиции с черноземно-солонцовыми комплексами среднесмытые (25-50%); 7 – пологие склоны южной экспозиции с западинами с черноземами южными солонцеватыми маломощными и солонцами средними; 8 – пологие вогнутые склоны сыртовых увалов южной экспозиции с черноземно-солонцовыми комплексами и солонцами мелкими; 9 – пологие склоны водоразделов северной экспозиции с солонцами степными глубокими; 10 – пологие волнистые прямые склоны северной экспозиции с черноземами южными карбонатными слабосмытыми; 11 – овраги и балки со смыто-намытыми почвами; 12 – надпойменные террасы с солонцами луговыми мелкими; 13 – поймы и надпойменные террасы с комплексом лугово-черноземных почв и солонцов луговых мелких (25-50%); 14 – промышленные объекты; 15 – дорожная сеть.

Анализ морфологической структуры ландшафта Росташинского нефтегазового месторождения в 1989 и 2018 гг. *(рисунок 3.11)* показывает следующие основные закономерности:

– общее количество классов (типов урочищ) осталось стабильным при существенном снижении контурности (более чем на 25%), т.е. сократилась степень дробности отдельных классов;

– рост неупорядоченности (энтропии) на месторождении противоречит общему снижению числа контуров, что свидетельствует о том, что в пределах отдельных классов произошло резкое снижение их количества, а в других – степень фрагментации практически не изменилась;

– сопоставимое количество классов и контуров при существенно различающейся площади техногеосистем Зайкинского и Росташинского месторождений показывает, что в сходных физико-географических условиях, сроках эксплуатации и объемах добычи динамика техногеосистем нефтегазовых месторождений различных размеров обуславливает сходные закономерности. Данное обстоятельство указывает на целостность и полимасштабность техногеосистем, сформированных в результате добычи углеводородного сырья (Хорошев, 2014).

Значение коэффициента Hi (абсолютная организация ландшафта) отражает степень выравненности геосистемы – насколько максимально возможное ее разнообразие отличается от реального. Характерно, что для Зайкинского месторождения данный показатель в течение 1989-2018 гг. вырос, а для Росташинского – сократился вследствие различий в административном подходе к интенсивности эксплуатационной нагрузки (Росташинское месторождение осваивается недропользователем более активно).

Общая тенденция для геосистем нефтегазовых месторождений заключается в том, что их структура в советский период включала как объекты недропользования, так и систему сельскохозяйственного землепользования. При трансформации структуры экономики из системы природопользования в первую очередь стали выпадать сельскохозяйственные земли, что привело к формированию крупных массивов залежных земель, которые обладают высокой контурностью в результате сукцессионной динамики. Подобные залежные геосистемы широко охватили районы с нефтегазовыми месторождениями, поскольку деградация сельскохозяйственного производства происходила там быстрее за счет интенсивного притока трудовых ресурсов в сферу недропользования и снижения востребованности сельскохозяйственной продукции.

Анализ морфологической структуры техногеосистем Зайкинского и Росташинского месторождений показывает, что их динамика определяется следующими ключевыми факторами:

– увеличение числа объектов, связанных с недропользованием, в связи с необходимостью поддерживать уровень объема добычи на староосвоенном месторождении;

– резкое увеличение залежных земель с высокой мозаичностью вследствие бурьянистых сукцессий;

– сокращение количества гидротехнических объектов (прудов) как объектов животноводства при сохранении и даже увеличении площади технических водоемов, используемых нефтегазовой отраслью;

– сокращение площади лесных полос и рост контурности за счет сухостоя и закустаренности;

– появление заброшенных населенных пунктов и снижение численности населения в сохраняющихся, что ведет также к повышению контурности.

Увеличение степени фрагментированности техногенного ландшафта Зайкинского месторождения, при очевидном снижении антропогенной нагрузки, представляет собой восстановление нарушенных межкомпонентных и внутриландшафтных взаимодействий за счет включения положительных обратных связей и ослабления внешних воздействий.

3.2.4. Дифференциация природно-антропогенной структуры Оренбургской области

Разработаны модели изменения ландшафтного разнообразия и сложности в степной зоне Заволжья и Южного Урала. Зонально-векторная модель отражает изменение антропогенных воздействий ступенчато по зональным границам с севера на юг, с образованием градиентов снижения ландшафтного разнообразия и сложности *(рисунок 3.12)*. Провинциально-лучевая модель характеризует изменение морфоструктуры степных геосистем по высотным ярусам: от водоразделов к долинам *(рисунок 3.13)*.

Все использованные индексы в отношении идентификации антропогенной трансформации на уровне типов местности можно разделить на две группы: индексы, отчетливо фиксирующие проявление контрастных ландшафтных комплексов, выделяющихся азональными чертами (индекс Фагера, Глизона-Маргалефа, Макинтоша, Одума, индексы энтропийной сложности и разнообразия), и индексы, отражающие высотно-генетические различия равнинных ландшафтов (индекс неоднородности Ивашутиной-Николаева, индекс Симпсона).

В целом установлено, что наиболее отчетливо идентификация ландшафтных геосистем на уровне типов местности проявляется в отношении:

– границ ландшафтных стран и провинций;

– азональных геосистем – литогенных и гидроморфных;

– высотной ярусности.

Индексация морфологических особенностей ландшафтных районов позволяет выделить три категории индексов: индексы, отражающие проявление зональных границ между южной и настоящей степью (индексы Фагера и Макинтоша), индексы, фиксирующие изменение морфологической сложности в связи с азональностью или интразональностью (индекс Глизона-Маргалефа, Одума и Викторова), и индексы, отражающие как зональные, так и азональные черты (индексы энтропийного разнообразия и сложности, индекс неоднородности Ивашутиной-Николаева, индекс Симпсона).

В целом показатели индексов существенно изменяются в связи с антропогенной фрагментацией ландшафтов, усложнением их морфологии техногенными объектами. Особенно это относится к нефтегазовым месторождениям юго-западной части области, а также районам с высокой распаханностью в сыртовой и предуральской равнинах. Индексы Фагера, Макинтоша, Симпсона, Ивашутиной-Николаева, энтропийной сложности и разнообразия в целом отражают снижение антрпогенных воздействий на ландшафт с севера на юг, а также отдельные квазинатуральные геосистемы азонального происхождения. В данной модели морфологическое разнообразие и сложность снижаются ступенчато по зональным границам с севера на юг, образуя векторы падения разнообразия и сложности. Но на данную модель накладывается менее выраженное снижение природного разнообразия от водоразделов к долинным геосистемам в форме лучевых градиентов.

Сопоставляя данные, полученные на основе нейросетевого анализа по ландшафтным районам Оренбургской области, и индексы ландшафтного разнообразия и сложности, можно отметить следующее. Коэффициенты энтропии и их связь со степенью разветвления нейронной сети довольно проста: чем выше становятся показатели дискретности и разнообразия структуры территории, выше плотность контуров, тем, соответственно, разветвленнее нейронная сеть, что согласуется с ранее проведенными исследованиями (Пузаченко, Дьяконов, Алещенко, 2008; Шитиков, Розенберг, 2005; Ramezani, 2012; Shannon, 1948).

Интересен индекс Одума, возрастание значений которого соответствует снижению антропогенной нагрузки на ландшафт и, одновременно, связано с упрощением нейронной сети за счет снижения количества ветвей и параллельно с этим увеличением числа «длинных» ветвей с большим количеством нейронов. То есть короткие ветви

означают увеличение как числа типов природопользования с отдельными специфическими и контрастирующими геосистемами, например, урботехногенными геосистемами, геосистемами нефтегазовых месторождений, геосистемами мелиоративного земледелия.

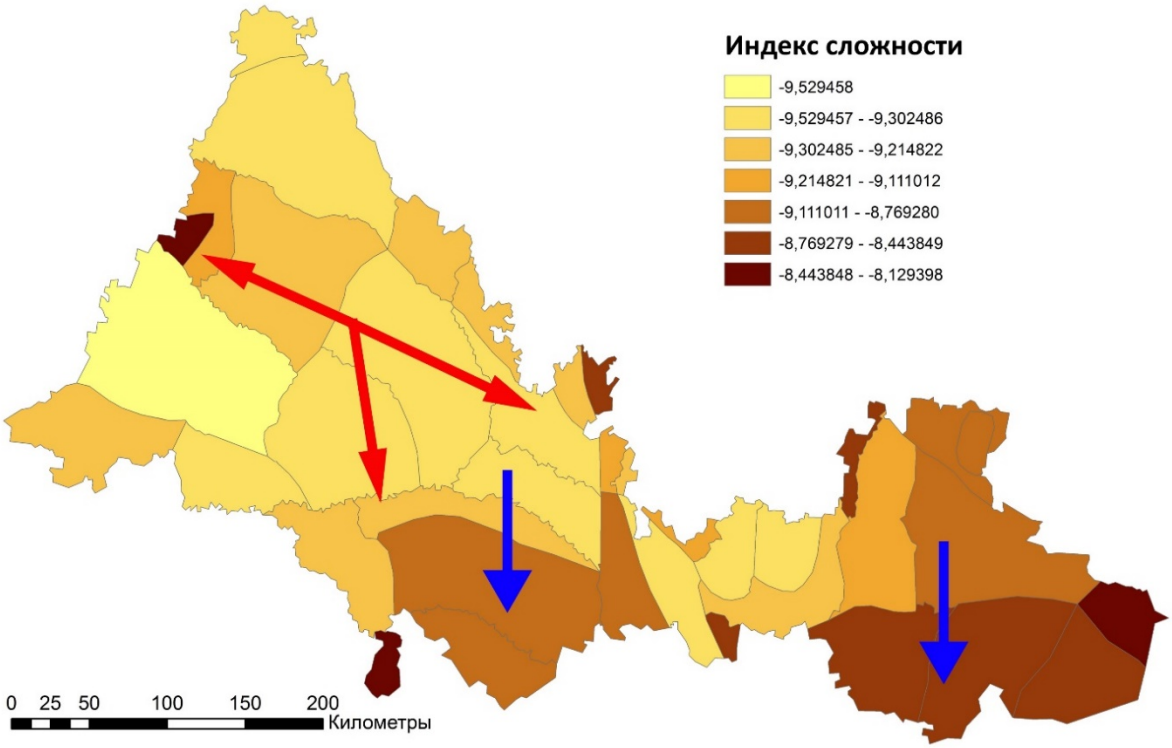


Рисунок 3.12. Зонально-векторная модель изменения ландшафтной контурности (физико-географическое районирование Оренбургской области).

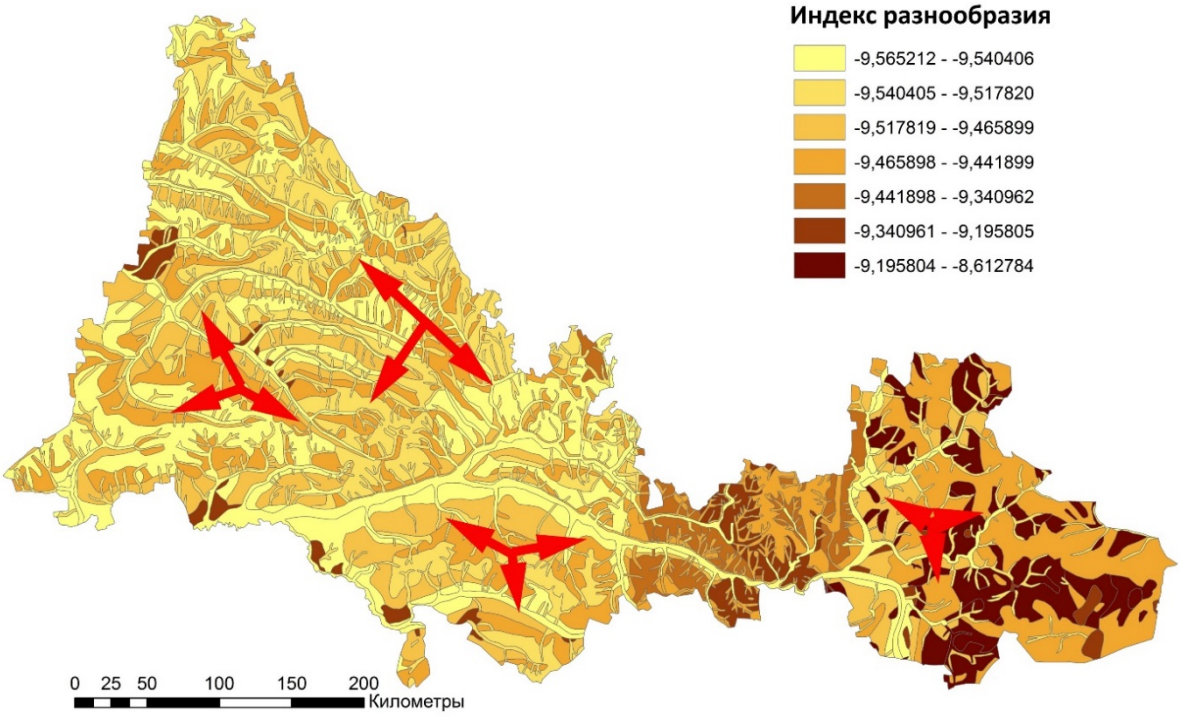


Рисунок 3.13. Провинциально-лучевая модель изменения ландшафтного разнообразия (ландшафтно-типологическая дифференциация Оренбургской области).

Относительно простой индекс Викторова, характеризующий хорологическую сложность территории (Викторов, 1986), обнаруживает естественную прямую корреляцию с разветвленностью нейронных сетей, что закономерно связывается в первую очередь со структурой природопользования.

Индекс Глизона-Маргалефа максимален при небольшом количестве контуров в классе (Margalef, 1958), но их максимальном представительстве, т.е. имеет наибольшие значения в мелких ландшафтных районах Оренбургской области, расположенных на периферии – горно-лесостепных и горностепных. Таким образом, вследствие, как правило, низкой антропогенной трансформации и небольшим разнообразием форм природопользования, степень разветвленности нейронных сетей здесь ниже.

Для Оренбургской области соотношение данных за период 1989-2018 гг. показывает, что появились и продолжают расширяться, преимущественно по периферии региона, территории с резким снижением как сельскохозяйственного производства, так и в целом антропогенной трансформации территории. Ландшафтных районов, которые в настоящее время испытывают, напротив, рост антропогенного воздействия, относительно немного, и они связаны почти исключительно с активизацией недропользования.

Индексы энтропийной сложности и разнообразия Шеннона указывают на степень упорядоченности морфологии ландшафта. Чем выше их показатели, тем больше плотность контуров, составляющих структуру ландшафта, тем дискретнее и многообразнее структура ландшафта (Мэгарран, 1992). Возрастание значения индекса связано как с возрастанием числа контуров, так и ростом равномерности их распределения. Равномерность распределения относится как к выравненности площадей контуров по каждому классу, так и в целом по всему физико-географическому району.

Общая тенденция для Оренбургской области заключается в повышении степени контурности и в усилении градиентов в отношении коэффициента Шеннона между различными физико-географическими районами с 1989 г. по 2018 г. Повышение показателя индекса Шеннона, как правило, указывает на рост оптимальных условий для ландшафтной геосистемы. Интерпретация индекса Шеннона через выравненность дробности классов, в целом, показывает как увеличение залежных массивов в лесостепных районах, так и в пределах российско-казахстанского приграничья. Напротив, степень фрагментации снизилась в Западном Оренбуржье за счет тотальной распашки под технические культуры (подсолнечник) и в пригородной зоне Оренбурга. За период 1989-2018 гг. степень разнообразия ландшафтных геосистем, определяемая в соответствии с индексом Шеннона, в целом снизилась (на 1,1%), степень сложности увеличилась (на 0,3%).

Значение индекса разнообразия Шеннона заключается не только в выраженности степени доминирования одного или нескольких типов ландшафта над остальными. По мере повышения доминирования, а следовательно, снижения выравненности, величина индекса падает, реагируя особенно на увеличение степени редкости или уникальности геосистем. В условиях ландшафтных районов Оренбургской области, представляющих собой рефугиумы, значения индекса Шеннона минимальны (Бузулукский бор – 3,79; Малый Накас – 3,77). Также низкие показатели данного индекса отмечаются для лесостепных районов (3,69-3,75) и отдельных южностепных участков (Айтуарская степь, Троицкая степь). Примечательно, что индекс сложности Шеннона «проседает» в тех же физико-географических районах, но не всегда, и имеет более существенную корреляцию (0,7) с плотностью ландшафтных контуров.

В целом в Оренбургской области за период 1989-2018 гг. плотность ландшафтных контуров существенно увеличилась. Это произошло в 17 из 38 ландшафтных районах (при значении 0,5 контура и выше на 1 км^2). Только в 7 ландшафтных районах контурность снизилась на аналогичную величину (на 0,4 контура и более на 1 км^2). Очевидно, что причинами не могут быть только объекты хозяйственной деятельности.

Существенную роль играют стихийные бедствия и восстановительные процессы агроландшафтов. С одной стороны, рост контурности в период 1989-2018 гг. является стимулом расчленения местообитаний видов растений и животных и повышения биологического разнообразия, с другой – многоконтурность повышает устойчивость геосистемы к различным вызовам. Дискретность геосистемы может усиливаться как результат адаптации к внешним природным факторам, выводящим ландшафтный комплекс из состояния равновесия. Такую же роль играют антропогенные процессы, активизация которых также приводит к повышению фрагментации геосистемы.

Коэффициент ландшафтной неоднородности предложен Л.И. Ивашутиной и В.А. Николаевым (Ганзей, 2014; Ганзей, Иванов, 2012). Данный коэффициент зависит от числа групп ландшафтов и соотносится с их площадями, т.е. если территорию занимает только один вид ландшафтов, то значение коэффициента равно нулю. Анализ динамики индекса неоднородности за период 1989-2018 гг. среди физико-географических районов, на которые дифференцирована территория Оренбургской области, показывает, что в целом степень ландшафтной неоднородности снизилась. Тренд повышения уровня доминирования, выравнивания межландшафтных градиентов, сокращения границ между ними прослеживается не повсеместно. Физико-географические районы, охватывающие южную лесостепь, а также облесенные степные ландшафты Общего Сырта, низкогорно-степные ландшафты Губерлинских гор, озерно-степные районы Тургайской равнины испытывают обратную тенденцию – роста показателя неоднородности. Таким образом, лесостепные, петроморфные и гидроморфные геосистемы в условиях общего снижения антропогенной нагрузки испытывают сложные процессы восстановления через усложнение структуры, т.е. иначе реагируют на снижение агрохозяйственного воздействия в отличие от равнинно-степных природных комплексов. Этим процессам содействуют трудноуправляемые стихийные природные процессы – пожары, засухи, нашествия насекомых. Произошло выравнивание значения индекса неоднородности, т.к. его рост связан именно с теми физико-географическими районами, где его показатель был наиболее низким – «островные» сосновые боры и горно-лесостепные леса, комплексные солонцово-степные ландшафты периферийных для области Тургайской провинции и Утвинской равнины, где наиболее значителен рост индекса Ивашутиной-Николаева (до 0,1-0,15) и наиболее велико воздействие стихийных природных факторов.

Индекс разнообразия Одума характеризует степень антропогенной трансформации ландшафтных комплексов и их отклонение от широтно-зональных показателей степного разнообразия. Наиболее высок данный индекс в пределах физико-географических районов, в наименьшей степени испытывающих различного рода антропогенные воздействия. Сюда относятся: 1) различные лесные массивы на периферии области, частично являющиеся особо охраняемыми природными территориями федерального значения (национальный парк «Бузулукский бор», заповедник «Шайтантау», участки заповедника «Оренбургский» – «Айтуарская степь» и «Буртинская степь»); 2) различные степные рефугиумы с сохранившимися вторичными степями на приграничных с Казахстаном территориях (Чибендинская степь, Верхне-Тобольская степь); 3) горные леса и низкогорно-грядовые степи Предуралья; 4) островные сосновые боры Тоболо-Уральской пенепленизированной равнины; 5) островные леса Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Нами было определено значение индекса Одума (0,02), которое выделяет физико-географические районы со слабо нарушенной антропогенными процессами морфологической структурой, и значение индекса (0,01), позволяющее разделить районы с умеренными нарушениями от критической стадии.

Интересна динамика данного индекса в период с 1989 по 2018 годы. Он существенно упал в районах российско-казахстанского приграничья вследствие активизации пожаров в горно-степных и южностепных восточных районах, а также за счет выгорания островных боров в Зауралье. Наиболее существенно индекс Одума вырос в низкогорно-лесостепных районах Предуралья. В целом по области отмечается общий

рост индекса, что свидетельствует о снижении степени антропогенной трансформации структуры ландшафтных геосистем. Однако о кардинальном улучшении и устойчивой восстановительной динамике говорить не приходится.

Индекс Глизона-Маргалефа отражает соотношение между контурностью и площадью территории, демонстрируя обратную корреляцию со средним количеством контуров в классе, общим количеством контуров и общей площадью ландшафтного района. Максимальное значение индекса характерно только для небольших горно-лесостепных и горно-степных физико-географических районов с минимальным количеством контуров в каждой из разновидностей геосистем. При построении ландшафтных районов по мере возрастания индекса Глизона-Маргалефа их площади закономерно снижаются. Поэтому среди физико-географических районов с низким индексом нет имеющих небольшую площадь. За одним исключением – Илек-Утвинский сыртово-плакорный меловой район при площади 632 км^2 имеет очень небольшой индекс Глизона-Маргалефа – 5,32. Это может говорить о том, что данный район сильно ограничен административной границей Оренбургской области, поскольку большая его часть находится на территории Казахстана, имеет самое низкое количество ландшафтных классов и при этом малое количество контуров в классе.

Индекс дисперсии Симпсона характеризует степень доминирования отдельных природно-территориальных комплексов (обычно в ранге урочищ или подурочищ) в составе ландшафта. Но минимальные значения данного индекса отмечаются у горно-лесостепных районов, небольших по площади «островных» лесных массивов степей и горностепных районов Южного Урала. У данного индекса отмечается высокая корреляция (0,88) с площадью ландшафтных районов, что определят его тесную связь с зональными (фоновыми) геосистемами.

Наряду с динамикой различных коэффициентов, характеризующих трансформацию морфологической структуры ландшафтных комплексов, показательно соотношение между коэффициентами хорологического, типологического и энтропийного разнообразия ландшафтной структуры и сравнительно простыми количественными показателями дифференциации ландшафтной структуры. В качестве примера нами выбрано соотношение между средней площадью контуров, полученных в результате классификации поверхности по космическим снимкам и энтропийной мерой сложности Шеннона *(рисунок 3.14)*. Анализ соотношения показывает, что, с одной стороны, ландшафтные зоны и подзоны, выделяемые на основе как широтно-зональной дифференциации, так и по азональным, литоморфным особенностям геосистем, определенным образом локализованы (для лесостепных ландшафтных районов характерны мелкие контуры и небольшие значения индекса Шеннона; для южностепных – крупные контуры и очень значительный разброс показателей индекса Шеннона). Графики для лесостепных и южностепных ландшафтных районов почти не перекрываются. Однако графики, отражающие значения индекса для промежуточных ландшафтных районов, сочетающих черты лесостепей и южных солонцовых степей, имеющих черты литоморфности (северной степи, горной степи, «островных» боров), плотно накладываются друг на друга. С другой стороны, соотношение между данными показателями в 1989 и 2018 гг. не демонстрирует абсолютного постоянства. В наибольшей степени динамичны ландшафтные комплексы южной степи, охватывающие как Прикаспийскую низменность, так и Зауральский пенеплен, и Тургайскую равнину. Ландшафтные районы остальных зон и подзон сгруппированы более компактно и в отношении динамики показателей существенно стабильнее.

В период с 1989 по 2018 гг. произошли существенные изменения в средней площади контуров в физико-географическом районе. Общая тенденция заключается в сокращении средней площади контура и росте их плотности. Данный тренд отмечается практически по всей Оренбургской области. Однако наиболее ярко эта тенденция прослеживается в Зауралье и в пределах осевой части Общего Сырта, где развитие залежного фонда приобрело практически обвальный характер.

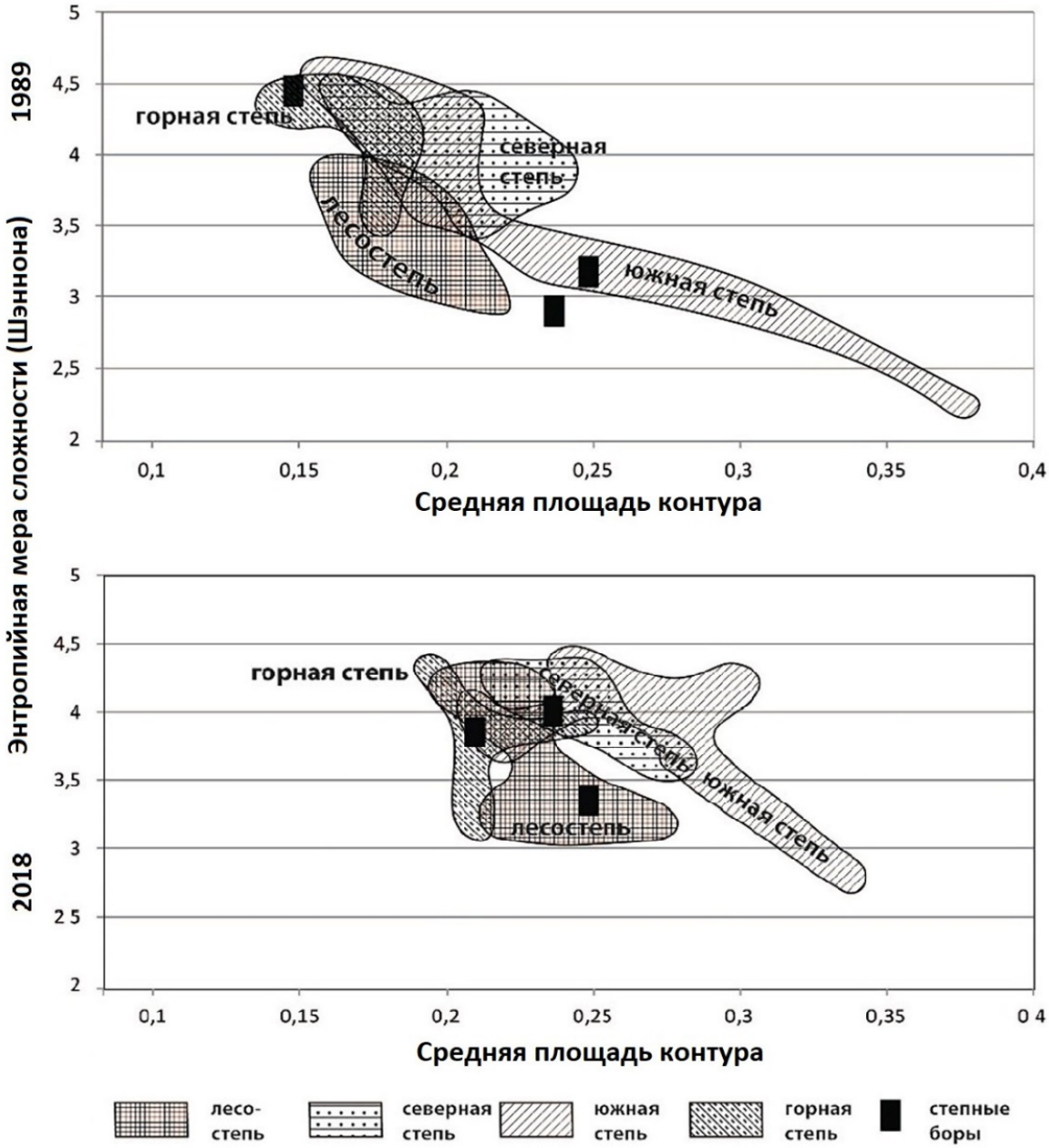


Рисунок 3.14. Соотношение между средней площадью контуров и энтропийной мерой сложности Шеннона за 1989 и 2018 гг.

Иной тренд отмечается для ландшафтных районов со значительной долей лесных урочищ. Снижение контурности произошло в лесостепных, горно-лесостепных и лесо-боровых районах отчасти за счет естественного лесовосстановления, отчасти за счет снижения вырубок (особенно после создания национального парка «Бузулукский бор»).

Сходство при сравнении параметров, характеризующих динамику развития, демонстрируют ландшафтные районы южной степи, являющиеся одновременно районами российско-казахстанского приграничья. Некоторое увеличение размеров контуров и снижение их числа является общей особенностью южных районов. Трудно, конечно, представить увеличение распаханности на этих землях. Очевидно, постоянное выгорание, слияние массивов некогда распахиваемых угодий воедино, формирование вторичных степей (но не бурьянистых залежей) – таковы основные вехи развития этой территории.

Индекс разнообразия Шеннона (Shannon's Diversity Index – SHDI) измеряет многообразие, основанное на двух компонентах: встречаемости и равномерности, т.е. числе типов выделов в ландшафте (композиционный компонент) и их равномерном распределении среди исследуемой области (структурный компонент). Если индекс равняется нулю, то в таком случае мы имеем один контур на исследуемой территории. Обычно значения индекса лежат в пределах от 1,5 до 3,5, редко превышая 4,5. Снижение показателя ландшафтного разнообразия через индекс Шеннона, как правило, указывает на повышение экстремальности условий для геосистемы.

Таким образом, данные, иллюстрирующие морфологию ландшафтных геосистем в 1989 году, отражают степень их антропогенной трансформации в соответствии с советской экономической системой и структурой природопользования. Разработанные на протяжении последнего столетия (1918-1999 гг.) в Оренбургской области модели физико-географического районирования отражают как принципиально различные подходы к ландшафтной дифференциации, так и существенные сдвиги в степени антропогенной трансформации геосистем, о чем свидетельствует постепенный сдвиг границы лесостепи и степи с юго-востока на северо-запад Оренбуржья. Зональная принадлежность ландшафтных провинций и районов Оренбургской области может быть индексирована через соотношение коэффициента энтропийной меры сложности Шеннона и средней площади ландшафтного контура; параметры, отражающие морфологическую сложность ландшафтных районов, имеющих отличия в широтно-зональной или высотно-ярусной дифференциации, с одной стороны, имеют существенные отличия (например, для равнинных районов лесостепи и степи), с другой, могут быть относительно близкими (например, для равнинных районов северной и южной степи и районов горной степи).

Анализ изменения морфологической структуры ландшафтных районов Оренбургской области в период 1989-2018 гг. показывает, что степень антропогенной трансформации геосистем в Оренбургской области снизилась (индекс Одума); существенно данный показатель снизился в большинстве районов российско-казахстанского приграничья и, напротив, увеличился в окраинных районах области, которые обладают природоохранным статусом (заповедник, национальный парк) или имеют перспективы его получения. Индексы сложности и разнообразия ландшафтной структуры Оренбургской области отражают в течение 1989-2018 гг. снижение выравненности ландшафтных рубежей и рост контурной плотности (индекс Шеннона), снижение ландшафтной неоднородности и рост доминирования (индекс Ивашутиной-Николаева), что определяется достаточно противоречивыми процессами как снижения прежней масштабной агрогенной нагрузки, так и резким ростом малоуправляемых природных процессов (пожары, суховеи, нашествия саранчи).

3.3. ТЕХНОГЕННЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ: ВТОРИЧНАЯ РАЗРАБОТКА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ *(Петрищев В.П.)*

Одной из актуальных экологических проблем Оренбургской области является проблема экологической оптимизации недропользования. Быстрое пополнение минерально-сырьевой базы Оренбургской области, особенно в 1930-50-е годы, происходило часто без проведения соответствующих мероприятий по оценке экологической опасности извлечения минеральных ресурсов, иногда без закладки системы мониторинга на объектах недропользования. В целом, на разрабатываемых месторождениях самостоятельно сложился природно-техногенный ландшафтный комплекс, структура которого трансформировалась со времени окончания добычи.

Техногенные геосистемы медноколчеданных месторождений как один из вариантов техногенных ландшафтов обладают одной важной особенностью – в результате открытой и подземной добычи, складирования вскрышных пород, «бедных» руд, шламов в форме отвалов формируются устойчивые техногенные геоморфологические мезоструктуры – отработанные и действующие рудные карьеры, комплексы отвалов, шламохранилищ, подотвальных ручьев, техногенных родников. За счет значительных гипсометрических градиентов, достигающих иногда более 1000 м, все взаимодействия между геокомпонентами техногенного ландшафта ускоряются. Следует отметить, что техногеосистемы медноколчеданных месторождений представляют собой также геохимические аномалии со сложной структурой взаимно пересекающихся полей концентрации разнообразных химических элементов. Геохимические аномалии носят генетически сложный характер – являются гидрогеологическими, гидрологическими, геоморфологическими, климатическими, геохимическими, гидрогеохимическими по происхождению. Также к техногенным аномалиям ландшафтогенеза относятся и аномалии почв, и растительные сообщества, которые формируются на отвалах и карьерах в форме динамических рядов изменчивых естественных компонентов, которые получили название техноландшафтные катены. Исследование морфологии ландшафтов медноколчеданных месторождений Оренбургской части Южного Урала свидетельствует, что техногенез представляет определяющий фактор этих изменений (Емлин, 1993; Макаров и др., 2019; Медноколчеданные месторождения..., 1985). Необходимо подчеркнуть, что геохимическая сложность техногеосистем медноколчеданных месторождений препятствует системности их рекультивации. Ведущим ландшафтообразующим фактором техногеосистем медноколчеданных месторождений является миграция химических элементов, в том числе и сульфидов различных металлов, входящих в состав руд месторождений, околорудных пород.

Разнообразие химических элементов отвалов месторождений, карьерных вод и растительности, вовлеченных в миграцию, обусловливает накопление различных цветных, редких и благородных металлов, закономерности распределения которых на отвалах изучены недостаточно (Пономарева, 2024).

К сожалению, предлагаемых способов использования карьерно-отвальных комплексов отработанных медноколчеданных месторождений крайне мало – отработка в качестве строительных материалов, хранилища шламов в карьерах, отработка отвалов для получения благородных, редких и радиоактивных элементов. Особое значение имеют подотвальные родники, ручьи и водоемы, концентрирующие значительное количество редких элементов, вымываемых из отвалов и сосредотачивающихся в илах и воде (Пономарева, 2024). В генеральных планах и документах территориального планирования муниципальных образований данные объекты обозначены в качестве глубоко нарушенных техногеосистем, воздействующих на городские территории и резко отрицательно влияющих на экологическую обстановку (Алексеенко, 1999).

Поскольку разработка колчеданных руд в таких месторождениях еще не успела оказать большого влияния на окружающие степные геосистемы, подотвальные воды, развитие аномальных геохимических геополей и процессы фитовыщелачивания малозаметны (Opekunova et al., 2017).

3.3.1. Морфологическая структура техногенных ландшафтов медноколчеданных месторождений Оренбургской области

Сопоставление техногеосистем медноколчеданных месторождений восточной части Оренбургской области позволяет выделить среди них как уже сложившиеся со сложной морфологической структурой геосистемы Гайского и Блявинского месторождений, формирующиеся техногеосистемы отработанных месторождений Барсучий Лог и Яман-Касы и техногеосистемы действующих карьеров месторождений Летнего, Осеннего, Весенне-Аралчинского, Джусинского, Левобережного *(рисунок 3.15, таблица 3.3)* (Алексеенко и др., 2019; Гуман и др., 2003; Нестеренко, 2012; Удачин и др., 2009; Opekunova et al., 2020).



Рисунок 3.15. Медноколчеданные месторождения восточной части Оренбургской области.

Для получения классификации морфологической структуры карьерно-отвальных комплексов техногеосистем медноколчеданных месторождений (Блявинского, Гайского, Барсучий Лог) с использованием нейросетевых технологий и обучающего набора данных с метками классов использовались космические снимки Landsat 8. Ключевыми факторами подбора снимков являлись следующие: одномоментное соответствие всех техногеосистем медноколчеданных месторождений в Оренбургской области (размещение на одном снимке, одной программы – Ландсат 8) и максимальное временное различие для сравниваемых снимков.

Таблица 3.3.

Начало и окончание разработки карьерно-отвальных комплексов на Южном Урале

№ п/п	Название месторождения	Начало разработки	Окончание разработки
1	Барсучий Лог	1998	2007
2	Гайское (карьер№2)	1968	1982
3	Гайское (карьер№1)	1963	1999
4	Блявинское	1954	1971
5	Летнее	1999	2019
6	Осеннее	2003	2024
7	Джусинское	2003	Разрабатывается
8	Левобережное	2011	2019

Для классификации использовались каналы видимого и ближнего ИК с разрешением 15-30 м, дальнего ИК – 100 м. Для получения классификации карьерно-отвальных комплексов техногеосистем использовались две комбинации каналов: 7-3-1 и 4-2.

Итогом стал подбор космических снимков Ландсат 8, соответствующих 12.09.2014 г. и 21.09.2024 г., то есть 10-летнему периоду.

Для анализа структуры техногенного ландшафта Блявинского, Гайского месторождений и месторождения Барсучий Лог на основе нейросетевых технологий и обучающего набора данных с метками классов использовались две комбинации каналов Ландсат 8.

1. Соотношение SWIR-2/green/aerosol (Band 7 – Band 3 – Band 1). Такая комбинация используется для выделения горных пород, не покрытых растительностью. Применяется для получения минерального и гидротермального композитов (Kaldarova et al., 2024; San Martin Saldias et al., 2024).

2. Соотношение Red/Blue (Band 4 – отражение/ Band 2 – поглощение). Данная комбинация является комбинацией оксида железа, то есть простирания лимонита с примесью марганца, кварца и глинистых минералов. Области с высоким содержанием железа выделяются контрастнее (Segal, 1982; Qian et al., 2022).

Для нейросетевой классификации использованы такие программы как MapInfo, Global Mapper, Envi 4, а также Surfer. Для уменьшения объемов проведения классификации выделены контуры техногенных ландшафтов месторождений в программе MapInfo. Затем в программе Global Mapper космические снимки переведены в формат GeoTIFF и зарегистрированы в системе координат WGS84. В Envi проведено объединение каналов соответственно в единые комбинации 7-3-1 и 4-2. Затем проведена неконтролируемая классификация ISODATA на 25 классов. В конечном итоге в программе MapInfo выделенные классы были объединены. На основе единых классов получены показатели площадей, количества сегментов и периметров контуров.

Полученные классы, определяющие морфологическую структуру техногенных ландшафтов медноколчеданных месторождений, соответствовали в плане иерархии урочищам с близкой поликомпонентной структурой и свойствами.

Особую роль для последующей нейросетевой классификации играл обучающий набор данных с метками классов, полученный на основе сопоставления контуров неконтролируемой классификации и выявленных точек полевых наблюдений карьерно-отвальных техногеосистем. Обучающими индикаторами стали отчетливо фиксируемые урочища – ступенчатые склоны южной экспозиции, склоны карьеров с выходами просачивающихся грунтовых вод, кровля отвалов с фрагментами вскрышных пород, а также с глинистым покровом (очевидно, результат рекультивации).

Ниже приведены результаты определения сегментации, периметров и площадей контуров по техногенным геосистемам медноколчеданных месторождений Южного Урала *(таблицы 3.4-3.10).*

Таблица 3.4.

Параметры морфологической структуры техногенных геосистем медноколчеданных месторождений Южного Урала по комбинации каналов 4/2 Ландсат 8 за 12.09.2014 г.

	Ячеек	Сегментов (частей)	Сегментов, сред.	Периметр, общ.	Периметр, сред.	Площадь	Площадь, сред
Гайское	8967	9628	1,07371	2699040	300,997	34497000	3847,11
Барсучий Лог	2087	2288	1,09631	683160	327,341	8761500	4198,13
Блявинское	1336	1447	1,08308	467520	349,94	6607800	4945,96

Таблица 3.5.

Параметры морфологической структуры техногенных геосистем медноколчеданных месторождений Южного Урала по комбинации каналов 7/3/1 Ландсат 8 за 12.09.2014 г.

	Ячеек	Сегментов (частей)	Сегментов, сред.	Периметр, общ.	Периметр, сред.	Площадь	Площадь, сред
Гайское	6101	6730	1,1031	2232300	365,891	35851,500	5876,33
Барсучий Лог	1549	1748	1,12847	568380	366,934	8798400	5680,05
Блявинское	919	1042	1,13384	405240	440,958	6631200	7215,67

Как видно, количество ячеек всегда меньше числа сегментов, так как ячейка представляет собой 2-х мерный контур, а сегмент – любые площадные и линейные объекты.

В целом отмечается снижение индекса разнообразия Шеннона по всем проанализированным трем карьерно-отвальным комплексам, но снижение не однозначное. В целом снижение указывает на упрощение структуры геосистемы, а следовательно, сокращение оптимальных условий их функционирования и ослабление возможностей для эффективной рекультивации. Единственным комплексом, где отмечается либо слабый рост индекса, либо небольшое его снижение, является Гайское месторождение. Снижение индекса разнообразия означает повышение роли определенных частей техногеосистемы над остальными. Более чем полувековое саморазвитие техногенных ландшафтов Блявинского месторождения привело к ярко выраженному доминированию внедрившихся степных геосистем. При этом

ландшафтное разнообразие на более крупном, но также насчитывающем 20-40 летнюю историю самоформирования карьерно-отвальном комплексе Гайского месторождения значительно выше. Также этот индекс выше и на несравненно более мелком и молодом комплексе месторождения Барсучий Лог. Сравнивая 2024 и 2014 гг., необходимо отметить, что степень сложности снизилась за 10 лет на Блявинском и Гайском месторождениях и месторождении Барсучий Лог, что служит показателем приспосабливаемости к вмещающим геосистемам.

Таблица 3.6.

Параметры морфологической структуры техногенных геосистем медноколчеданных месторождений Южного Урала по комбинации каналов 7-3-1 Ландсат 8 за 21.09.2024 г.

	Ячеек	Сегментов (частей)	Сегментов, сред.	Периметр, общ.	Периметр, сред.	Площадь	Площадь, сред
Гайское	6021	6 604	1,09683	2 124 000	352,765	33 361 200	5 540,81
Барсучий Лог	1953	2 142	1,09677	663 360	339,662	8 798 400	4 505,07
Блявинское	822	969	1,17883	364 200	443,066	6 530 400	7944,53

Таблица 3.7.

Показатели, характеризующие морфологическую структуру техногенной геосистемы медноколчеданных месторождений Южного Урала по комбинации каналов 4/2 Ландсат 8 за 12.09.2014 г.

Месторождение	Индекс разнообразия	Индекс сложности	Индекс неоднородности Ивашутиной-Николаева	Индекс Викторова	Индекс Одума	Индекс Глизона-Маргалефа	Индекс Симпсона	Индекс Макинтоша	Индекс Фагера
Гайское	4,35	4,28	0,98	$2687*10^3$	0,696	15,61	0,978	0,187	0,12
Блявинское	3,64	3,31	0,91	$262*10^3$	2,996	26,56	0,993	0,218	0,18
Барсучий Лог	4,14	3,92	0,96	$597*10^3$	2,739	25,46	1,007	0,256	0,62

Коэффициент ландшафтной неоднородности Л.И. Ивашутиной и В.А. Николаева. Анализ динамики индекса неоднородности за период 2014-2024 гг. кроме Гайского на остальных месторождениях снизился через упрощение структуры. В Гайской техногеосистеме вследствие сложности, генерируемой подотвальными ручьями и техногенными родниками, индекс неоднородности не изменился.

Таблица 3.8.

Показатели, характеризующие морфологическую структуру техногенной геосистемы медноколчеданных месторождений Южного Урала по комбинации каналов 4/2 Ландсат 8 за 21.09.2024 г.

Месторождение	Индекс разнообразия	Индекс сложности	Индекс неоднородности Ивашутиной-Николаева	Индекс Викторова	Индекс Одума	Индекс Глизона-Маргалефа	Индекс Симпсона	Индекс Макинтоша	Индекс Фагера
Гайское	4,40	4,24	0,98	$2643*10^3$	0,661	15,39	0,969	0,213	0,125
Блявинское	3,21	2,86	0,88	$126*10^3$	1,998	17,71	0,992	0,194	0,340
Барсучий Лог	4,03	3,22	0,86	$501*10^3$	2,537	23,45	0,912	0,411	2,763

Таблица 3.9.

Показатели, характеризующие морфологическую структуру техногенной геосистемы медноколчеданных месторождений Южного Урала по комбинации каналов 7/3/1 Ландсат 8 за 12.09.2014 г.

Месторождение	Индекс разнообразия	Индекс сложности	Индекс неоднородности Ивашутиной-Николаева	Индекс Викторова	Индекс Одума	Индекс Глизона-Маргалефа	Индекс Симпсона	Индекс Макинтоша	Индекс Фагера
Гайское	4,36	4,34	0,98	1263	0,669	15,44	0,996	0,103	0,707
Блявинское	3,64	3,32	0,91	136	2,996	26,56	1,003	0,213	0,128
Барсучий Лог	4,33	4,13	0,97	347	2,728	25,41	1,016	0,176	0,218

Индекс Одума – степень антропогенной измененности ландшафтных комплексов, и по данному показателю резко выделяется именно Гайский карьерно-отвальный комплекс, который и в настоящее время подвергается процедурам выщелачивания.

Индекс Глизона-Маргалефа определяется соотношением контурности и площади техногенного ландшафта. Самая крупная по площади техногеосистема обладает низким индексом. Максимальные значения индекса отмечаются для техногеосистем с небольшим количеством контуров в каждом из элементов комплекса.

Индекс дисперсии Симпсона связан с доминированием отдельных урочищ в составе природно-техногенного комплекса (местности). Наибольшей устойчивостью по данному показателю выделяются уже давно сформировавшиеся техногенные комплексы Гайского и Блявинского месторождений.

Таблица 3.10.

Показатели, характеризующие морфологическую структуру техногенной геосистемы медноколчеданных месторождений Южного Урала по комбинации каналов 7/3/1 Ландсат 8 за 21.09.2024 г.

Месторождение	Индекс разнообразия	Индекс сложности	Индекс неоднородности Ивашутиной-Николаева	Индекс Викторова	Индекс Одума	Индекс Глизона-Маргалефа	Индекс Симпсона	Индекс Макинтоша	Индекс Фагера
Гайское	4,31	4,29	0,98	1307	0,719	15,76	0,985	0,164	0,315
Блявинское	3,56	2,99	0,86	117	2,996	26,56	0,989	0,185	0,139
Барсучий Лог	4,10	3,69	0,92	521	2,73	25,41	0,971	0,330	1,646

3.3.2. Факторы ландшафтной дифференциации природно-техногенных комплексов Блявинского месторождения

Использование комплексных данных – данных дистанционного зондирования, георадарного профилирования и геохимического анализа грунтов и техногенных вод – позволяет выявить особенности формирования ярусной структуры карьерно-отвальных комплексов техногеосистем, образовавшихся в результате горнодобывающей деятельности (Буй, 2016; Зеньков и др., 2015). При этом подбор комбинаций космических снимков дает возможность провести анализ морфологической структуры техногенных ландшафтов месторождения. Ландшафтно-генетическая ярусность и экспозиционная асимметрия являются одними из наиболее ярко проявляющихся факторов ландшафтной дифференциации техногенных геосистем Блявинского месторождения.

Одним из наиболее ярких факторов дифференциации техногенных геосистем Блявинского месторождения является ярусная (или двухуровневая) организация отвальных комплексов. Для комбинации каналов 7-3-1 отчетливо выделяются склоны северной/южной экспозиции, части отвала нижнего и верхнего уровней, элементы квазинатуральных геосистем, играющих вмещающую роль по отношению техногенной геосистеме, фрагменты гидроморфных геосистем подотвальных водотоков *(рисунок 3.16).*

Сравнение степени мозаичности и контурности двух отвалов – западного и южного Блявинского месторождения, показывают, что ключевую роль в формировании сложности морфологической структуры отвальных комплексов играют как естественные физико-географические факторы – большая высота и большее количество гипсометрических уровней, так и литогенная неоднородность, определяемая в первую очередь корреляцией с продуктивной толщей карьера.

При анализе сложившихся классов пространственной дифференциации комбинации каналов 4-2 выделяются в первую очередь литоморфные элементы отвальных комплексов – подножия склонов как нижних, так и верхних уровней отвальных комплексов, участки складирования вскрышных пород, коррелирующие с верхними уровнями карьера, крупные скопления некондиционных «бедных» руд вблизи карьера.

При георадарном профилировании основной целью стало выявление особенностей залегания пород, относящихся к верхнему ярусу отвала. Было выявлено залегание рыхлых пород по периферии отвала. Они фиксировались как с помощью георарадрного профилирования, так и на основе классификации по каналам 4-2 оксидов железа. Напротив, более плотная толща отвальных пород зафиксирована в центральной части. Однако не обошлось без аномальных включений, которыми была заполнена небольшая впадина в центральной части отвала и отмеченная на профиле в форме глубокой трещины *(рисунок 3.17).*



Рисунок 3.16. Сопоставление классов, полученных со спутниковых снимков Landsat-8, комбинация каналов 7-3-1, для карьерно-отвального комплекса Блявинского месторождения.

Отмечается достаточно высокая корреляция между классами в пределах отвалов и в стенках карьера. Наиболее отчетливо такая связь фиксируется между западным бортом карьера и крайним западным склоном Западного отвала. Поскольку отмечается принадлежность к одному классу верхнего уступа карьера и первого уровня Западного отвала, то очевидно, на данном ярусе располагаются вскрышные породы. Подобная взаимосвязь подтверждается сравнением классификации по каналам 7-3-1 и по комбинации 4-2, которая подтверждает высокое содержание оксидов железа на верхнем уступе западного борта карьера и на первом ярусе Западного отвала Блявинского месторождения.

При классификации мозаики каналов 4-2 обнаруживается принадлежность к одному и тому же классу второго (верхнего) яруса Западного отвала, полностью всех ярусов Южного отвала и более глубоких горизонтов карьера. Очевидно, это связано с

формированием данных частей отвального комплекса из некондиционных «бедных» руд. Указанная взаимосвязь отчетливо фиксируется отобранными пробами грунта и высокой концентрацией железа – 250-300 мг/г в отвалах и 667 мг/л в пробах воды ручья, выходящего в карьере.

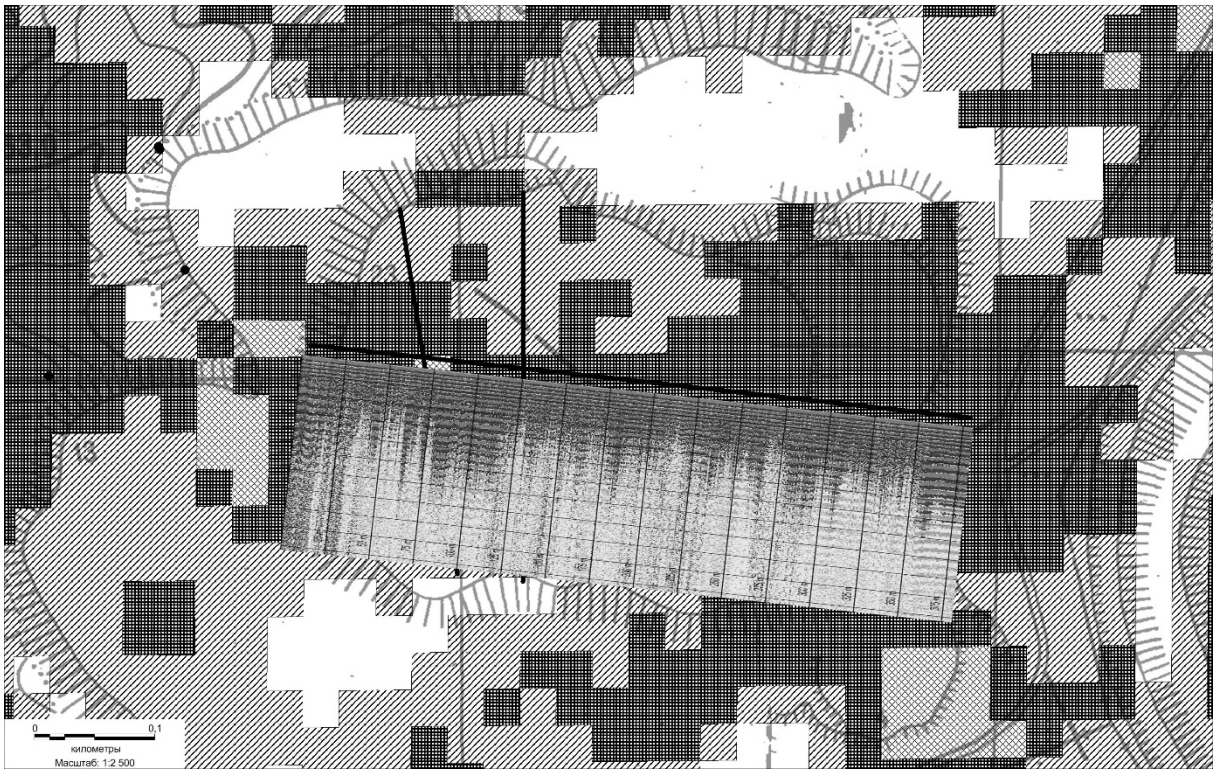


Рисунок 3.17. Сопоставление данных классификации спутниковых снимков Landsat-8, комбинация каналов 4-2 с данными георадарной съемки – профили и радарограмма отвала.

Георадарное профилирование показало, что отчетливо дифференцируются рыхлые присклоновые сильно трещиноватые грунты и блоки плотных отвальных пород, разделенных глубокими трещинами. Неоднородность отвальной толщи фиксируется фрагментами котловин, заполненных рыхлыми отложениями.

Учитывая, что в настоящее время большинство горно-обогатительных предприятий производят обогащение при высоком и среднем содержании металлов в руде, прогнозный тренд меди в рудах составляет менее 0,5%. В связи с этим отвалы представляют большие запасы бедных, некондиционных и окисленных руд и представляют собой техногенные месторождения, не требующие закладки карьеров или шахт, а также извлечения руд, перемещения отвалов. Поэтому особой популярностью пользуется отвальное выщелачивание, требующее плотных и непроницаемых подотвальных грунтов, достаточной степени фильтрации отвального материала и его крупности. Однако данный способ выщелачивания вследствие применения кислотных реагентов будет оказывать крайне негативное воздействие на прилегающие к карьерно-отвальному комплексу ландшафты через систему эрозионных водотоков (Potravny et al., 2024; Rybnikova et al., 2024; Trubilov, Klepikov, 2014).

Вместе с этим, данный подход позволит сформировать перерабатывающий комплекс замкнутого цикла и продлить работу давно существующих объектов цветной металлургии. Тщательное изучение минерального и химического состава руд отвалов и хвостов обогащения (например, при оценке ресурсов вторичных месторождений техногенного происхождения в Таджикистане) показало, что естественное выщелачивание является наиболее эффективным и рентабельным способом обогащения отвалов (Азизхонов и др., 2022).

Отмечается влияние высокого уровня концентрации цветных металлов в отвалах на пионерные сообщества растительности, их флористический состав, фрагментарность общих представлений об этапах формирования почв техногенных ландшафтов, адаптации растительности и накоплении ею тяжелых металлов (Matkarimov et al., 2021; Zolotova, 2021).

Среди разнообразных рекультивационных мероприятий на отвалах лесовосстановление является наиболее востребованным. На отвалах вскрышных пород угольных разрезов рекультивация лесных насаждений представляет наибольший интерес. В частности, на Кузбассе был изучен эффект самозарастания угольных терриконов. Была отмечена мозаичность и несомкнутость растительного покрова, сниженность видового разнообразия, трансформированность соотношения экологических групп, повышенная сорность по сравнению с зональными фитоценозами (Зеньков, 2022).

Сложившееся в последние годы понятие «архитектура техногенного ландшафта» включает в первую очередь, высокую рекультивационную и экологическую эффективность мероприятий, в том числе связанных с мониторингом.

Формирование техногеосистем медноколчеданных месторождений определяется длительностью как процесса разработки месторождения, так и давностью прекращения горнодобывающих работ, а также размерами месторождения и геолого-минералогическими особенностями оруденения. Характерной особенностью всех выше перечисленных техногеосистем месторождений является формирование геохимического ореола концентраций тяжелых металлов, длинная ось которого направлена от отвала в сторону местного водотока, дренирующего локальный бассейн, в пределах которого располагается техногеосистема. Это еще раз показывает необходимость рассматривать техногеосистемы медноколчеданных месторождений в рамках парадинамических геосистем бассейнового типа.

Развитие соответствующих техногенных ярусов, нижний уровень которых образуют карьеры и карьерные озера, а верхний – состоящие из нескольких подуровней отвалы или комплексы отвалов. Чрезвычайно значительные для равнинных территорий Зауралья значения амплитуд высотных отметок для техногеосистем месторождений (Гайское – более 400 м; на Блявинское – около 300 м; Барсучий Лог, Летнее, Осеннее, Яман-Касы – около 200 м) определяют активность гравитационных и флювиальных процессов, являются причиной высокой подвижности элементов техногеосистемы. Сложное интерферирующее сочетание геохимического состава отложений отвальных толщ месторождений является одним из факторов сложной мозаичности их элементов и разного проявления сукцессионных процессов. Стабилизирующую роль для техногеосистем месторождений выполняют карьерные озера, которые определяют значение глубины местного базиса эрозии и залегание зоны субаэрального выщелачивания отвальных толщ пород. Характерные черты морфологии техногеосистем медноколчеданных месторождений отражаются через резкое обособление от окружающих степных геосистем, формирование переходных контурных элементов техногеосистем, связанных с подотвальными ручьями и водоемами, развитие технолитоморфной системы фаций и урочищ, коррелирующей с геохимическими свойствами отвальных пород.

Сравнение трендов вегетационного индекса NDVI для Гайского месторождения и месторождения Барсучий Лог показывает слабость и относительную равномерность зарастания склонов отвала последнего, что определяется относительно небольшим сроком восстановительной сукцессии после прекращения горнодобывающего производства. При этом для вод карьера месторождения Барсучий Лог характерна сравнительно низкая минерализация, при в целом слабости самозарастания карьера и фрагментарности растительной сукцессии на склоне карьера южной экспозиции. Ранее отмечались выделяющиеся положительные тренды индекса NDVI для склонов отвала по сравнению с окружающими сухостепными сообществами, очевидно, сформировавшимися с участием подотвальных ручьев и склонового стока.

3.4. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА КОМФОРТНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ УРБОГЕОСИСТЕМ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ *(Дубровская С.А., Ряхов Р.В.)*

3.4.1. Разработка геоинформационного индекса потенциала комфортности городской среды

В географическом сообществе в центре антропогенного ландшафтоведения стоит вопрос о сущности городских ландшафтов, в которых, согласно Ф.М. Милькову, наблюдается перестройка отдельных компонентов ландшафта (Мильков, 1973). Класс селитебных ландшафтов представляет особый класс антропогенных ландшафтов, представленных «совокупностью комплексов, связанных с деятельностью человека в какой-либо одной отрасли народного хозяйства» (Горбунов, Табунщик, 2020). Преобразование естественного ландшафта человеком для выполнения новых социально-экономических функций обычно сопровождается появлением новых элементов, кардинально меняющих его природную составляющую. В работах Ф.В. Тарасова городской ландшафт трактуется как антропогенная геосистема с особенностями техногенного покрова (Тарасов, 1977). Г.И. Марцинкевич и И.И. Счастная используют термин «урболандшафт», как природно-антропогенный комплекс, обладающий однородной природной основой и определенным типом градостроительного использования (Марцинкевич, Счастная, 2017). Авторы подчеркивают неоднородность и раздробленность урбанизированного пространства по функциональным зонам, что способствует выделению более мелких градостроительных комплексов, где формируются уникальные микроклиматические особенности и геодинамические процессы. Человек, в данном случае, может только направлять природную составляющую, изменяя характер застройки, типы покрытия, управлять социально-экономическими особенностями развития городской среды. Вопросы комфортности и перспектив развития городов находятся в центре внимания современных научных исследований в России и за рубежом (Владимиров, 1986; Морозова, Дебелая, 2018; Подойницына, 2016; Abass et al., 2020; Bakar et al., 2014; Cameron et al., 2012; Din et al., 2013; Grimmond et al., 2010; Nasira et al., 2015; Tiana et al., 2013). Проблемы пространственной организации города напрямую связаны с планировочными ограничениями и наличием правильного эколого-функционального районирования территории, которое должно базироваться на ландшафтно-экологическом принципе. Главное экологическое требование при градостроительном проектировании – максимальное сохранение природного ландшафта в условиях интенсивной антропогенной нагрузки: сокращение территорий под застройку за счет увеличения этажности, создания подземных парковочных мест, дополнительное обустройство крыш для размещения спортивно-оздоровительных площадок и др. (Базовые принципы…, 2000).

Городское население на 2018 г. составляло около 55% от мировой популяции, и, по прогнозам, к 2050 г. эта оценка вырастет примерно до 68% (United Nations…, 2018). Город представляет собой сочетание искусственной среды с элементами природы (Лунц, 1974). В отечественной и зарубежной литературе используются многочисленные концепции для оптимизации городского планирования, в том числе устойчивого и комплексного развития с использованием ландшафтно-географического подхода (Бармин, Никулина, 2011; Egger, 2006; Léznicki, Lewandowska, 2014; Neirotti et al., 2014;). Город – неравновесная система (Mouratidis, 2019), состояние которого определяется степенью антропогенного воздействия на городскую среду. Урбанизированные пространства далеки от экологического равновесия, которое присуще природной среде (сбалансированное состояние и сохранение биоразнообразия территории). Плотно застроенная городская среда из стекла, бетона и асфальта потеряла возможность

воспроизводства биологической составляющей, поэтому утеряны возможности нейтрализации химических загрязнений. В связи с этим антропогенную нагрузку необходимо уменьшать за счет зеленых пригородных зон и рекреационного ресурса урбосреды. Приблизить городскую среду к состоянию экологического равновесия возможно только за счет увеличения площадей природных ландшафтов, которые в пределах степной зоны должны быть максимально засажены древесно-кустарниковыми группами, максимально подобранными под особенности климата данной территории.

Зеленая инфраструктура формирует экологический каркас города (Подойницына, 2016). Растительность улучшает качество воздуха, снижает уровень шума, стабилизирует ветровой режим, повышает влажность городского воздуха, уменьшает проявление эрозионных процессов (Арманд, 1975; Хомич, 2002). Следовательно, от человека зависит регулирование качества урбанизированной среды и степени антропогенного воздействия. Развитие системы зеленых зон каждого города определяется его планировочным проектом, который разрабатывается на определенный срок (20-25 лет). В зависимости от географическо-климатических особенностей формируется набор растительности и принцип ее размещения в городской структуре. Распределение площади насаждений в городской черте должно быть равномерным и зависит от целевого назначения (степень обеспечения селитебных участков, отличающихся по плотности, должна быть прямо пропорционально количеству населения в данном жилом массиве). Система озелененных пространств общего, ограниченного и специального назначения является важным элементом инфраструктуры города, компонентом пространственного планирования и фактором оптимизации его экологической среды (Климанова и др., 2016).

Комплексные географические исследования основываются на геоинформационных методах в области изучения пространственно-временной информации о геосистеме и цифровых данных объектов. Среди существующих классификаций в геоинформатике верхний уровень – концептуальная модель представления реальности (Лурье, 2008). В исследовательском процессе геоинформационного картографирования используются гетерогенные источники цифровых данных, полученные из диверсифицированных источников и с разной точностью. Комплекс цифровых данных об урбанизированном ландшафте позволил нам создать картографическую модель потенциала развития комфортности городской среды. Оценка комфортности проживания населения может быть как экологической, так и эколого-географической (геоэкологической), исследующая природно-ландшафтные условия, имеющие важное значение для проживания человека (населения) и его хозяйственной деятельности (Антипова, Кочуров, 2002). При рассмотрении экологической комфортности учитывались совокупные условия и их параметры (геоморфометрические, ландшафтные и экологические). В научном мире предпринимаются попытки расчета интегральных индексов, основывающиеся на экологических параметрах (Тикунов, Черешня, 2017; Jia et al., 2019; Living planet…, 2002).

Цель работы – на основе геоинформационного индекса потенциала развития комфортности городской среды (City Development Potential Index, CDPI) дать оценку потенциала развития комфортности городской среды, с учетом существующей и перспективной антропогенной ситуации городов степной зоны России. Оценка потенциала развития комфортности городов проводится на основе расчета соотношения существующих и зон перспективного градостроительного развития (по данным утвержденных генеральных планов развития муниципальных образований) природно-антропогенных составляющих урбогеосистемы к территориям, пригодным для расширения зеленой инфраструктуры.

Исходные данные для анализа потенциала экологического развития ландшафтной структуры и разработки индекса CDPI получены на основе поэтапной обработки географической информации. В качестве основы пространственной дифференциации урбогеосистемы по геоморфометрическим показателям приняты цифровые модели

рельефа, построенные с использованием данных Aster/GDEM (Global Digital Elevation Model) (EarthExplorer). Первоначально создана геоинформационная база данных, включающая особенности горизонтальной и вертикальной дифференциации, обработанной на основе автоматизированного алгоритма искусственных нейронных сетей (ИНС) в программном комплексе ScanEx IMAGE Processor v.5.0. Использовалась геоморфометрическая информация, представленная отдельным слоем в виде значений высот, уклонов, экспозиций, кривизны склонов и др. С применением непараметрического метода на основе самоорганизующихся карт Кохонена (Self-Organizing Maps) (Kohonen, 2013) проведена классификация, определяющая порядок и степень сходства узлов ИНС и выделены генетические типы рельефа (ландшафтная структура, Sl_s). На основе вышеперечисленных принципов построены картографические модели геоморфологического районирования урбанизированных территорий (9 городов в степной зоне), включающие разный количественный набор классов типологических ландшафтных единиц рельефа с однородным набором характеристик. Далее проведено совмещение картографической ландшафтной основы с современным и планируемым функциональным зонированием для получения пространственных моделей урбогеосистем, отражающих их геоэкологическое состояние.

В разработанной формуле индекса CDPI используется показатель общей площади техногеосистем (ТГС) исследуемой территории, состоящий из суммы площадей отдельных функциональных зон:

$$S_{gts} = S_{ra} + S_{pb} + S_{ind} + S_{tr} + S_{sp} + S_{pd}, \quad (3.3.)$$

где S_{gts} – площадь ТГС: S_{ra} – селитебных зон; S_{pb} – общественно-деловой застройки; S_{ind} – зон промышленного назначения; S_{tr} – транспортной инфраструктуры; S_{sp} – земель специального назначения; S_{pd} – зон потенциальной застройки, в том числе территорий, включенных в программу реновации.

Индекс CDPI рассчитывается по следующей формуле:

$$CDPI = \frac{S_{ls} - S_{gts} - S_g}{S_{ls}} - \frac{S_{gts} - S_g}{S_{ls} * (1 + \frac{S_{gts} + S_g}{S_{ls}})}, \quad (3.4)$$

где: S_g – площадь зеленых зон общего пользования и естественные лесные массивы; S_{ls} – площадь единицы ландшафтной структуры.

Индекс CDPI направлен на определение ландшафтов, в пределах которых возможно благоустройство городской среды, связанное с повышением доли зеленой инфраструктуры. Шкала индексных значений от отрицательных (невозможно планирование работ по озеленению в пределах выделенной ландшафтной единицы с высокой долей антропогенной нагрузки) до положительных (высокий потенциал для рекреационных мероприятий с низким уровнем антропогенной нагрузки) единиц дают возможность определить потенциал геоэкологического развития в пределах одного типа ландшафта. В математических расчетах следует обратить внимание на количественные данные по площадям зеленых насаждений (S_g), которые в условиях высокой антропогенной нагрузки являются основой для формирования комфортных условий для проживания горожан, а также позволяют улучшать окружающую среду и внешний облик городского ландшафта. Разнотипные геоинформационные данные дают возможность провести пространственную дифференциацию по ландшафтным единицам с целью улучшения геоэкологической ситуации. При значениях CDPI≥0,5 и более (положительных) необходимо проведение реконструкции существующих насаждений или создание новых рекреационных зон в пределах выделенной ландшафтной структуры; CDPI от 0 до 0,5 (низко положительные) – относительно пригодны для улучшения зеленой инфраструктуры урбанизированных ландшафтов; от -0,5 до 0 (отрицательные) – не пригодны для осуществления рекреационной деятельности из-за

высокой степени хозяйственной деятельности и трансформации ландшафтной структуры антропогенным воздействием. Отрицательные величины расчетных данных фиксируют высокий уровень хозяйственной деятельности и низкий уровень перспективности формирования зеленой инфраструктуры.

3.4.2. Варианты перспективного экологического развития городов степной зоны России

Полученные результаты индексных значений с учетом региональных особенностей территории отражают характер перспективного экологического развития городов степной зоны России *(рисунок 3.18)*.

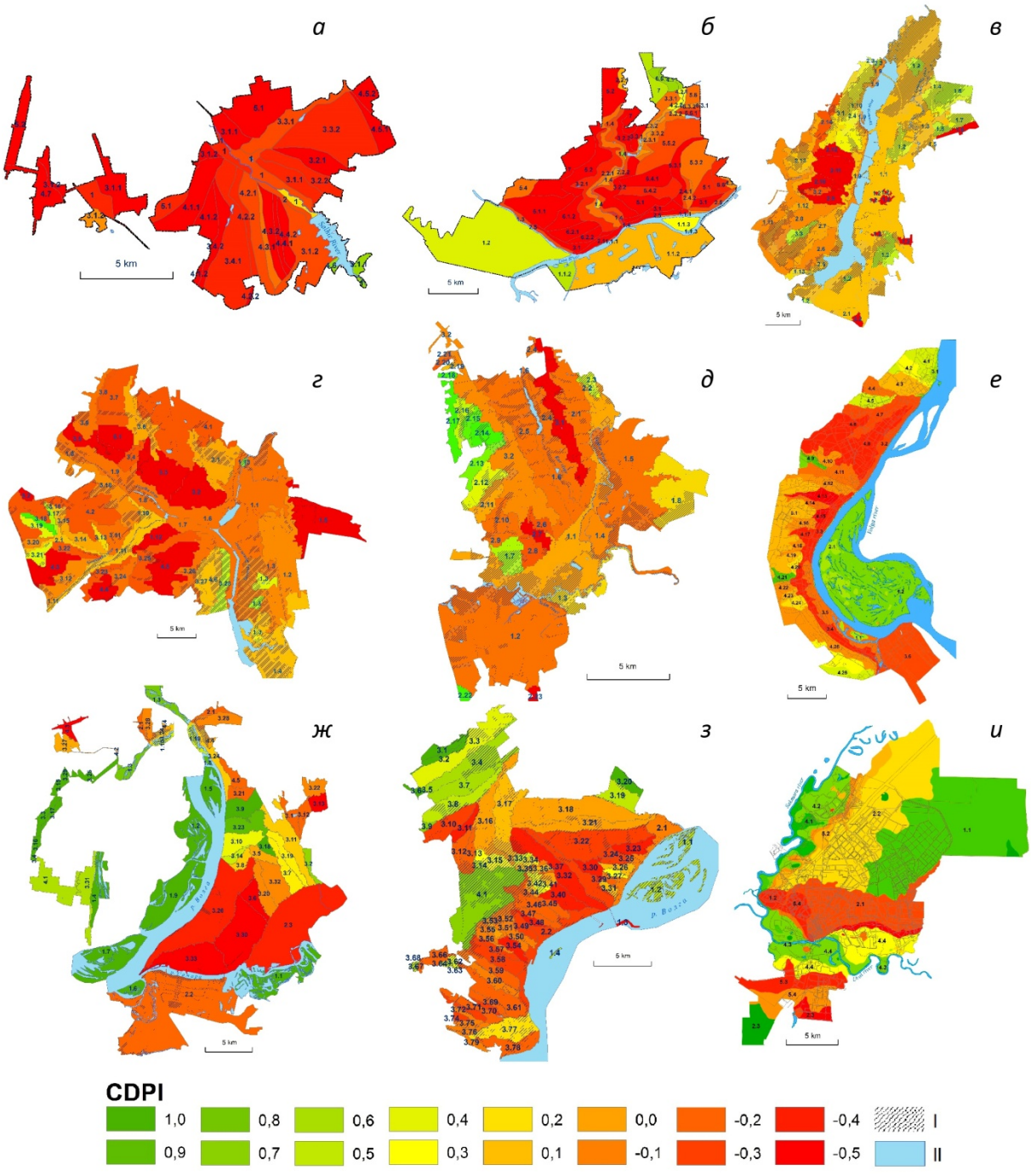


Рисунок 3.18. Картосхемы результатов расчета геоинформационного индекса потенциала развития комфортности городов степной зоны России.

Цифрами на картосхемах обозначены типы рельефа:

A: Симферополь – 1 – аккумулятивный (пойменный комплекс р. Салгир), 2 – аккумулятивный (надпойменно-террасовый комплекс р. Салгир), 3 – эрозионно-денудационный (субгоризонтальные приводораздельные склоны речных долин), 4 – эрозионно-денудационный (субгоризонтальные прибалочные склоны), 5 – водораздельный (пологая поверхность Внешней гряды Крымских гор);

B: Ростов-на-Дону – 1 – аккумулятивный (пойменный), 2 – аккумулятивный (первые и вторые надпойменно-террасовые комплексы), 3 – аккумулятивный (третьи надпойменно-террасовые комплексы), 4 – эрозионно-аккумулятивный (локальные балочные террасы), 5 – эрозионно-денудационный (субгоризонтальные приводораздельные склоны речных долин), 6 – эрозионно-денудационный (субгоризонтальные прибалочные склоны), 7 – водораздельный (пологая поверхность Понтического плато);

C: Воронеж – 1.1-1.12 – аккумулятивный (пойменный и надпойменно-террасовый комплексы речных долин); 2.1 – Зандровая равнина; 2.2-2.14 – эрозионно-денудационный (приводораздельные склоны речных долин и прибалочные склоны эрозионной сети); 3.1-3.3 – водораздельный (пологая поверхность локального водораздела рек Дон и Воронеж);

D: **Белгород** – 1.1-1.13 – аккумулятивный (пойменный и надпойменно-террасовый комплексы речных долин); 2.1 – денудационный комплекс (балка Лог Сухой); 3.1-3.28 – эрозионно-денудационный (приводораздельные склоны речных долин и прибалочные склоны эрозионной сети); 4.1-4.6 – субгоризонтальное водораздельное плато (пологие поверхности локальных водоразделов); 5.1-5.2 – антропогенный сильно преобразованный (территории карьерно-отвальных комплексов и муниципальных полигонов ТБО);

E: **Курск** – 1.1-1.8 – аккумулятивный (пойменный и надпойменно-террасовый комплексы речных долин); 2.1-2.23 – эрозионно-денудационный (приводораздельные склоны речных долин и прибалочные склоны эрозионной сети); 3.1-3.2 – водораздельный (пологие поверхности локальных водоразделов);

F: **Волгоград** – 1.1-1.2 – аккумулятивный (низкопойменный), 2.1 – аккумулятивный (высокопойменный), 3.1-3.6 – надпойменно-террасовый (хвалынские абразионные и аккумулятивные террасы), 4.1-4.26 – водораздельный (прибалочные и приводораздельные склоны приволжской возвышенности), 5.1 – водораздельный (плато Приволжской возвышенности);

G: **Самара** – 1.1-2.3 – аккумулятивный (пойменный надпойменно-террасовый комплексы речных долин); 3.1-3.9 – эрозионно-денудационный (приводораздельные склоны речных долин и прибалочные склоны эрозионной сети); 4.1-4.5 – водораздельный (эрозионно-денудационная холмистые возвышенные равнины междуречья рек Волги, Кондурча, Курумоч, Сок).

H: **Саратов** – 1.1-2.2 – аккумулятивный (пойменный и надпойменно-террасовый комплексы речных долин); 3.1-3.9 – эрозионно-денудационный (приводораздельные склоны речных долин и прибалочные склоны эрозионной сети); 4.1 – водораздельное плато.

I: **Оренбург** – 1.1-1.2 – денудационный (вершинные водораздельные поверхности Урало-Сакмарского междуречья), 2.1-2.3 – эрозионно-денудационный (субгоризонтальные приводораздельные склоны Урало-Сакмарского и Урало-Илекского междуречий), 3.1-3.2 – аккумулятивно-денудационный, 4.1-4.4 – аккумулятивный (пойменный комплекс рек Урал и Сакмара), 5.1-5.4 – аккумулятивный (террасовый комплекс рек Урал и Сакмара).

I – схема функционального зонирования; II – водные объекты.

Симферополь. В рельефе г. Симферополь имеются ярко выраженные глубокие протяженные балки в сочетании с долинами и высотными точками. Город расположен в центральной части Крымского полуострова на стыке Горного и Внешнего Крыма. Основные формы рельефа территории городского округа: Внутренняя и Внешняя гряды Предгорья, продольная впадина между ними и поперечная долина р. Салгир. Согласно физико-географическому районированию, Симферополь относится к Крымско-Кавказской карстовой стране Симферопольскому карстовому району Предгорно-Крымской карстовой области. Долина р. Салгир делит городское пространство на восточную (низкую) часть и западную (возвышенную). Максимальная высота в пределах городской черты 325 м – Петровская высота. Юго-восточное направление характеризуется сложным рельефом (перепад высот до 150 м), а северо-восточная –

относительно ровная поверхность с незначительными возвышениями в западном направлении. Особенностями рельефа являются тальвеги в районах долины р. Салгир и крутые склоны. Сама река – линейный объект и часть экологического каркаса города. Выделяются четыре карстовых участка, соответствующие основным формам рельефа территории, и 12 карстовых полостей (пещер). Согласно технико-экономическим показателям генерального плана г. Симферополя, площадь рекреационной зоны 869 га, следовательно, на одного жителя приходится 25,04 м^2. Основная площадь зеленых насаждений в городе приходится на территорию, прилегающую к р. Салгир. Основной потенциал для расширения и улучшения состояния зеленых зон относится к объектам аккумулятивного комплекса поймы р. Салгир (CDPI=+0,2) *(рисунок 3.18, а)*. Наибольшие показатели индекса приурочены к прибалочному склону восточной экспозиции балки Курцы и сильно трансформированному разработкой полезных ископаемых (месторождение строительного камня «Лозовое») придолинному склону р. Салгир вблизи Симферопольского водохранилища (CDPI от +0,5 до +0,6). Оставшиеся урболандшафты характеризуются низким потенциалом развития комфортности (CDPI<0) в результате высокого уровня интенсивности градостроительной деятельности. Расположение Симферополя в межгорной котловине не позволяет водотокам формировать широкие речные долины, что приводит к существенным ограничениям для перспективного развития озеленения. Эти территории подвержены высокой опасности чрезвычайных ситуаций природного происхождения, что позволяет оставлять их свободными от градостроительной деятельности и использовать в качестве рекреационных зон. Рельеф города формируется в пределах поймы р. Дон (южная граница муниципального образования) и ее правых притоков Темерник и Кизитеринка. Интенсивное расчленение территории приходится на долину р. Темерник с располагающимися в ее долине пятью балками. В городской черте долины реки Дон также выделяется ряд балок. В результате антропогенного воздействия долины городских балок заметно изменены: засыпаны, застроены, проложены коллекторы, устроены пруды и плотины, заняты садовыми участками и проведено террасирование. Основные формы рельефа согласно геоморфометрическим данным: Понтическое плато (высота 80-110 м), Плиоценовая (Хапровская) терраса (высотные отметки от 25-55 м до 60-80 м, ширина 3-6,7 км), три надпойменных террасы и пойма р. Темерник, левобережный пойменный участок Нижнего Дона.

Ростов-на-Дону. По данным утвержденного Генерального плана г. Ростов-на-Дону на 2007-2025 годы, количественный параметр обеспеченности на 1 жителя зелеными внутригородскими насаждениями рекреационного назначения составляет 26,3 м^2. На характер развития современной компактной планировочной структуры и использования ландшафтных структур г. Ростова-на-Дону обусловлено исторически сформировавшейся сложной системой расселения. Достаточно комплементарными для озеленения пространства являются пойменные ландшафты, расположенные в западной части города.

В пределах слабонаклоненной равнинной территории Ростова-на-Дону создаются благоприятные условия для формирования пойменных и надпойменно-террасовых комплексов *(рисунок 3.18, б)*. Аккумулятивный тип рельефа р. Дон (CDPI от 0 до +0,5) и р. Мертвый Донец (CDPI от +0,3 до +0,4) являются перспективными участками для дополнительного озеленения. К ним также относятся участки первой и второй террас надпойменного комплекса правобережья реки Дон (CDPI от +0,2 до +0,3). Территория поймы р. Темерник, выделенная в генеральном плане зоной трансформации для формирования многофункциональной застройки с высокой степенью озеленения путем перепланировки (в месте слияния рек Темерник и Камышеваха), имеет значения индекса CDPI от +0,1 до +0,2. К ним относится часть левобережной поймы р. Дон между главным руслом и оросительным каналом, а также территория междуречья Дона и Мертвого Донца. Эти участки труднодоступны для жителей города по причине низкой

транспортной доступности и высокой плотности мелиоративных гидросооружений. Все территории, перспективные для озеленения, уже включены в проекты по освоению, исключением являются наиболее удаленные от центров агломераций ландшафты. Локальная балочная терраса и прибалочный склон северо-восточной экспозиции балки Щепкина имеют на фоне всей территории города высокие показатели индекса (CDPI от +0,5 до +0,6). Для часть пологой водораздельной поверхности Понтического плато значение расчетного показателя соответствует от +0,4 до +0,5.

Воронеж, Белгород и Курск занимают территорию Среднерусской возвышенности, представляющей собой возвышенную равнину с отметками высот 220-280 м, местами пологоволнистую или пологоувалистую водораздельную поверхность. Эти городские территории в морфоскульптурном плане расчленены речной и овражно-балочной сетью (глубина вреза речных долин 50-150 м). Представленные урбанизированные пространства – старейшие исторические, промышленные и социально-экономические центры развития Российского государства.

Воронеж. Сравнивая распределение числовых индексных значений по типам ландшафтов, относительно пригодных для проведения проектных работ по восстановлению и улучшению геоэкологического состояния в городе Воронеж, следует отметить высокую степень корреляции месторасположения объектов капитального строительства и зеленой инфраструктуры. Согласно соотношениям распределения ТГС, большая часть территории города пригодна для озеленения общественного пространства (индексные показатели от 0 до 0,5). Распределение расчетных значений индекса CDPI по г. Воронеж следующее: урбанизированные участки на левом берегу р. Воронеж характеризуются высокими числовыми показателями по сравнению с противоположным *(рисунок 3.18, в)*. В этой же части располагается наибольшая площадь зеленой инфраструктуры. Левобережные аккумулятивные надпойменно-террасовые склоны р. Усманка на северо-востоке отличаются низко положительными значениями и являются значимыми территориями для проведения проектных работ по восстановлению и улучшению экологического состояния зеленых насаждений в этой части города. Нами выделены фрагменты аккумулятивных склонов второй надпойменной террасы междуречья рек Воронеж и Усманка на участках рекреационных зон, где индексные значения положительные (CDPI от 0,491 до 0,497), а также функциональные зоны с отрицательными показателями – аккумулятивные склоны четвертой надпойменной террасы р. Усманка, фрагменты второй надпойменной террасы междуречья рек Воронеж и Усманка, придолинный северо-восточный склон р. Воронеж (от –0,5 до –0,4), где активно ведется хозяйственная деятельность по перспективной малоэтажной застройке, сельскохозяйственному и промышленному освоению городских земель. Оставшаяся территория характеризуется слабоположительными значениями – от 0,04 до 0,07. Индекс CDPI на правобережной промышленной части города принимает как крайне отрицательные значения (–0,495) – это участки водораздельных склонов балки Лог Песчаный, юго-восточный и северо-западные придолинные склоны р. Дон; так и низкоположительные (большая часть территории левого берега реки Воронеж) – от 0,08 до 0,25. Рекреационные участки пологой поверхности локального водораздела рек Дон и Воронеж и восточного придолинного склона р. Воронеж выделены с положительными показателями – 0,46 и 0,48 соответственно.

Белгород. В городе Белгород величина площадей городских ландшафтов с перспективным потенциалом развития зеленой инфраструктуры значительно меньше, чем в Воронеже. Анализируя результаты расчетов в пределах аккумулятивных склонов пойменных и надпойменно-террасовых комплексов рек Северный Донец, Везёлка и Разумная, установлен низкий потенциал для улучшения состояния зеленой инфраструктуры. Данная структура ландшафта вмещает в себя старые освоенные ТГС – рекреационные участки по поймам речных систем, селитебные массивы, общественно-деловые зоны, территории специального назначения и промышленные предприятия.

Следует выделить аккумулятивный пойменный остров, образованный р. Северский Донец (на севере города) с индексным значением CDPI=0,64, и рекреационный комплекс (старица в пределах второй надпойменной террасы левобережья р. Северный Донец) CDPI=0,51 *(рисунок 3.18, г).* Данные ландшафтные структуры имеют неплотный массив древесно-кустарниковых насаждений и обладают высоким потенциалом развития для расширения новых рекреационных участков в пределах существующих. Денудационный склон в пределах балки Лог Сухой (CDPI=0,03) не пригоден для проведения градостроительных мероприятий, но может стать территорией для создания новых зеленых зон. Водораздельные эрозионные склоны Северного района г. Белгорода (южной и юго-восточной экспозиции правого берега р. Северский Донец, юго-западной экспозиции левого берега р. Везёлка, восточной, юго-западной и юго-восточной экспозиции балки Осколочный Лог, западной и восточной экспозиции балки Шевелев Лог) относятся к территориям с низким потенциалом комфортности с индексными значениями CDPI от –0,06 до –0,43. Причиной отрицательных расчетных данных является высокая степень застроенности данной территории – общественно-деловая и жилая застройка, зоны специального назначения и промышленные объекты, развитая транспортная сеть и небольшая по площади рекреация. Ландшафтная структура Западного района города представлена водораздельными эрозионными склонами с индексными показателями от –0,38 до 0,9. Положительные перспективные ландшафты для озеленения городского пространства нами выделены на эрозионных прибалочных склонах: восточной экспозиции балки Лог Грушовой (CDPI=0,56), северо-западной экспозиции балки Лог Романов (CDPI=0,30), северо-восточной и юго-западной экспозиции балки Лог Антонов (CDPI от 0,99 до 0,32) и юго-восточной экспозиции правобережья р. Северский Донец (CDPI=0,43). Данные участки, в функциональном отношении, заняты неиспользуемыми землями сельскохозяйственного назначения, пустырями, овражной сетью, которые в перспективе могут быть использованы для застройки и размещения объектов хозяйственной инфраструктуры. Субгоризонтальное (столовое) водораздельное плато, выделенное нейронной сетью в Северном районе города как ландшафтная единица, характеризуется низкими значениями рассчитываемого индекса (от 0,02 до –0,45). В функциональном отношении эта территория является максимально освоенной и стратегически важной частью урбогеосистемы. Использование данных ландшафтов для улучшения экологической ситуации за счет зеленой компоненты невозможно. Рельеф г. Белгорода трансформирован промышленными ТГС – карьерами по добыче мела и суглинков и городским полигоном ТБО. Представленные объекты при расчете индекса дают отрицательные значения (CDPI= -0,5), это самое минимальное значение среди показателей на территории городских пространств.

Курск. На основе расчета индекса CDPI для г. Курск выделены ландшафтные структуры с высокими показателями, что свидетельствует о перспективности развития городского пространства для расширения и создания зеленых зон *(рисунок 3.18.д).* Положительная динамика наблюдается на территории прибалочных (эрозионных) склонов балок Сухой Лог, Овраг Сечной, Лог Москва и Рогатый Лог (CDPI от 0,37 до 0,99) – северо-западная и западная периферия города. Согласно функциональному зонированию, данные участки занимают сельскохозяйственные ТГС (индивидуальные садово-дачные массивы), зеленые насаждения общего пользования и овражно-балочную территорию памятника природы регионального значения «Урочище «Крутой Лог». На окраине южной части города максимальное индексное значение фиксируется на участках придолинного склона северной экспозиции р. Сейм (CDPI=1), который занимают садово-дачные участки. На северной периферии – водораздельные склоны балки Паровая и северо-восточный склон правого берега р. Тускарь (земли сельскохозяйственного назначения) пригодны для повышения комфортности городского пространства. Пойменные аккумулятивные ландшафты отличаются от водораздельных

участков более низкими показателями и относительно пригодны для улучшения зеленой инфраструктуры урбанизированных ландшафтов. Пологие водораздельные пространства междуречий Тускарь и Кур, Кур и Москва Центрального района города выделены как не пригодные для осуществления рекреационной деятельности участки из-за высокой степени хозяйственной деятельности и трансформации ландшафтов.

Волгоград. Пойменные аккумулятивные ландшафты г. Волгоград пространственно разделены на две части, каждая из которых имеет кардинальную разницу в индексных показателях *(рисунок 3.18, е)*. В черту города включен речной остров Сарпинский, образованный рукавами р. Волги, аккумулятивные ландшафты которого по значениям рассчитанного индекса кардинально отличаются от основных районов застройки. Учитывая особенности морфометрических характеристик правобережья (узкая береговая полоса, представленная гидротехническими сооружениями) и примыкающих вплотную к урезу воды промышленных и рекреационных техногенных подсистем, при расчете получены низкие показатели индекса и, следовательно, эта часть ландшафтной структуры непригодна для целей повышения комфортности городского пространства. Островная часть аккумулятивного пойменного ландшафта отличается положительными значениями индекса, в пределах которого целесообразно проведение проектных работ по восстановлению и улучшению экологического состояния. Высокая часть поймы острова Сарпинский характеризуется более низким потенциалом развития комфортности в результате сельскохозяйственного воздействия. Экосистемы речного острова имеют высокое значение для повышения уровня комфортности городского пространства. Наиболее низкие показатели индекса приурочены к надпойменным террасам и пологим придолинным и прибалочным склонам. Они повсеместно вмещают районы наиболее плотной капитальной застройки. Интенсивность значений повышается по мере продвижения с севера на юг (соответственно от –0,4 до –0,2) и с увеличением относительной высоты рельефа от уреза воды (от –0,4 до 0,6). Наибольшие показатели индекса приурочены к прибалочным склонам южной экспозиции с высокими значениями уклона поверхности. Водораздельное плато Приволжской возвышенности отличается неоднородностью результатов расчета. Значения изменяются от –0,4 на участке, прилегающем к исторической части города, до 0,3 в северной и южной частях. Территория плато включает высокую площадь древесно-кустарниковых насаждений, но при этом требуется их санация и расширение.

Самара. Город Самара расположен на юго-западе Бугульмино-Белебеевской возвышенности на известковой излучине р. Волги (Самарская Лука) и левом берегу Саратовского водохранилища. Рельеф представлен небольшими холмами, наибольшая высота отмечается на севере города (территория Сокольих гор) – это гора Тип-Тяв (286 м). Наибольшая высота рельефа составляет 374 м и находится на территории Самарской Луки. Минимальные отметки высот приходятся на пойменный участок р. Волги – 20-28 м над уровнем моря.

В настоящее время зеленые насаждения общего пользования г. Самара распределены крайне неравномерно *(рисунок 3.18, ж)*. Распределение расчетных значений по индексу CDPI следующее:

– аккумулятивные участки высоких пойм правого берега р. Волги и левобережья р. Самара характеризуются положительными показателями (0,79-0,99), а также на островах (Коровий, Поджабный и др.) – 0,88-1 (это в основном рекреационные комплексы, занимающие естественные пойменные ландшафты), являясь пригодными для улучшения зеленой инфраструктуры;

– левобережная аккумулятивная надпойменная терраса р. Сок и надпойменно-террасовый комплекс р. Самара –получены отрицательные показатели индексных значений от –0,18 до –0,37. Это городское пространство занимают промышленные, селитебные ТГС и зоны специального назначения. Причина – высокая плотность

застройки, развитая промышленная и транспортная инфраструктура с небольшой по площади рекреацией;

– эрозионно-денудационные прибалочные склоны юго-восточной и юго-западной экспозиций, занимающие участки оврагов – Барбошин, Липовый, Студеный, Орловский и прибалочные склоны в северо-западной части города, занятые в основном сельскохозяйственными и перспективными для малоэтажного строительства ТГС, имеют показатели индекса CDPI от 0,63 до 1, что относит данные ландшафты к территориям, подходящим для проведения работ по озеленению данного типа местности.

На территориях водораздельных склонов зафиксировано следующее распределение индексных показателей: для возвышенной равнины междуречья рек Волги и Кондурчи и для эрозионно-денудационной холмистой возвышенной равнины (гора Кузнецова) получены низко положительные значения от 0,5 до 0,06. Этот участок располагается на северо-западе г. Самара и выделяется в генеральном плане как ценный природный ландшафт. Для территории междуречья рек Курумоч и Сок значения индекса CDPI от –0,12 до –0,5. В функциональном отношении они заняты селитебными и транспортными ТГС, зонами специального назначения и небольшими участками зеленых насаждений. Данные типы городских ландшафтов по расчетным данным относятся к относительно пригодным и не перспективным для улучшения зеленой инфраструктуры урбанизированных территорий.

Саратов. Город Саратов располагается непосредственно у Волгоградского водохранилища. В пределах городской черты четко прослеживаются высотные участки, относящиеся к горам Приволжской возвышенности. Городское пространство простирается вдоль р. Волги на 34 км (от р. Гуселка на севере до узловой станции на юге). Территория Октябрьского, Заводского и Фрунзенского районов города имеет отметку 50-80 м над уровнем моря. Рельеф местности сильно расчленен овражно-балочной сетью, которая тянется к р. Волге.

Для г. Саратов выделены ландшафтные структуры с высокими показателями индекса CDPI *(рисунок 3.18, з).* Это участки аккумулятивного типа рельефа, относящиеся к высокой пойме и надпойменно-террасовыми комплексами р. Волга (от 0,95 до 0,51). В функциональном отношении данные ландшафты обладают потенциалом для формирования новых и реновации существующих рекреационных территорий. Северная и северо-восточная периферия города, относящаяся к эрозионно-денудационным придолинным и прибалочным склонам, имеют при расчетах положительные индексные значения. Это участки агроландшафтов (индивидуальные садово-дачные массивы), они определены как перспективные пространства для создания зон специального назначения. Отдельно следует выделить плоское водораздельное пространство с расчлененными склонами на востоке Ленинского района города. В него включены – лесопарковая зона, в пределах которой располагаются оздоровительные лагеря отдыха, родники (Серебряный, Татарский, Поющий), Октябрьское ущелье, гора Лысая, Кумысная поляна и др. – индекс CDPI равен 0,62. Территория является уникальным экологическим «островом», обеспечивающим жителей города комфортными условиями для отдыха. Низко положительные показатели индекса приурочены к многочисленным эрозионно-денудационным склонам (сильно эродированные уступы), которые относительно пригодны для улучшения комфортности условий (CDPI от 0,06 до 0,47). Участки эрозионно-денудационных прибалочных и придолинных склонов, расположенные вдоль надпойменно-террасового комплекса Волгоградского водохранилища и центральной части города, характеризуются низкими значениями индекса. Данные ландшафты, по причине максимальной антропогенной нагрузки и трансформации, мало пригодны для создания зеленой инфраструктуры.

Оренбург. При расчете индекса в границах пологоволнистой водораздельной возвышенности Урало-Сакмарского междуречья г. Оренбург выделяются устойчивые

положительные значения (до 0,7) *(рисунок 3.18, и).* В пределах данного типа рельефа располагаются территории потенциального развития урбогеосистемы, такие как планируемая многоэтажная, общественно-деловая, промышленная застройки и большая часть существующих городских сельскохозяйственных угодий, в том числе садово-дачные массивы. Современные центры урбанизационной активности города приходятся на слабопологие приводораздельные склоны. В связи с этим они выделяются близкими к нулю (присакмарские) и отрицательными (приуральские) значениями индекса от –0,4 до 0,2. Аккумулятивно-денудационный тип рельефа представлен двумя обрывистыми склонами в долинах рек Урала и Сакмары. В первом случае участок расположен в историческом центре города и входит в состав рекреационного комплекса городской набережной, включающий неплотный массив древесных насаждений (значение индекса 0,35). При правильной градостроительной планировке этот объект имеет потенциал к развитию зеленой зоны. Во втором случае территория по морфометрическим показателям отличается уклонами поверхности более 7 градусов и относительной изолированностью, в связи с этим имеет высоко положительный индексный показатель – 0,74. Среди объектов аккумулятивного комплекса основной потенциал для расширения и улучшения состояния зеленых зон имеют низкие поймы рек Урала и Сакмары (значения индекса до 0,75). Участки высокой поймы характеризуются неоднородностью показателей. Наименьший потенциал относится к территории перспективного освоения в долине Урала (до –0,2), которые периодически затапливаются в паводковый период. Планируется активное увеличение доли селитебных зон и преобразование садово-дачных массивов в коттеджные поселки. Индекс в пределах надпойменных террас, относящихся к старо освоенным территориям с устоявшейся структурой техногеосистем, принимает исключительно отрицательные значения. Ресурсное увеличение площади зеленых зон на речных террасах за счет отсутствия перспективных участков не целесообразно.

При сходных климатических условиях степной зоны исследуемые города имеют существенные расхождения в результатах расчета индекса. Это связано с историческими, ландшафтными и административными особенностями развития территории. Расширение г. Волгоград происходило за счет увеличения протяженности города вдоль аккумулятивных террас при слабом охвате водораздельного пространства. Вся площадь муниципального образования сформирована по схеме функционального назначения, что не способствует дальнейшему расширению экологического каркаса в пределах административных границ. При этом наличие крупных объектов овражно-балочной сети создает сеть естественных коридоров, соединяющих пойменные и водораздельные пространства. Историческая часть Оренбурга располагается в достаточно ограниченном пространстве (место слияния двух речных систем) и расположена у западной границы города. Генеральным планом предусмотрено перспективное расширение территориальных зон на восток в сторону бывших сельскохозяйственных угодий на пологих склонах Урало-Сакмарского междуречья. Не все проектируемые участки имеют в настоящее время сведения о характеристиках использования земель. Высокая плотность капитальной застройки речных террас не позволяет на территории города создавать экологические коридоры по направлению от пойменных к водораздельным ландшафтам.

По результатам исследований проведено ранжирование городов степной зоны *(таблица 3.11):* группа А – города с преобладанием отрицательных значений по ландшафтным единицам (S_{ls}); группа Б – города с преобладанием низко положительных значений; группа В – города с преобладанием высоко положительных значений. Каждая группа подразделяется на подгруппы по особенностям расположения зеленой инфраструктуры (S_g) относительно ландшафтных единиц: 1 – зеленые зоны, относящиеся преимущественно к ландшафтам с отрицательными значениями индекса; 2 – зеленые зоны, относящиеся к ландшафтам с низко положительными значениями

индекса; 3 – зеленые зоны, относящиеся к ландшафтам с положительными значениями индекса; 4 – зеленые зоны равномерно распределены в ландшафте в независимости от индексных значений. Таким образом, большая часть обследованных городских степных ландшафтов относится к группе $А_1$ *(таблица 3.11).*

Города Воронеж ($Б_2$) и Ростов-на-Дону ($А_2$) относятся к разным группам, но имеют схожее распределение по зеленой инфраструктуре и относятся ко второй подгруппе. Такая же тенденция наблюдается в отношении городов Волгоград ($А_3$) и Оренбург ($В_3$), входящих в 3 подгруппу. По соотношению распределения площадей ландшафтных структур и зеленых насаждений общего пользования к величине индекса, Самара ($А_1$) и Саратов ($А_4$) относятся к одной группе, но к разным подгруппам. Распределение зеленых зон в Саратове носит более равномерный характер, тогда как в Самаре они относятся преимущественно к ландшафтным структурам с отрицательными показателями.

Анализируя числовые значения по показателям индекса, распределяющиеся согласно выделенным типам местности и подходящим для реконструкции зеленых зон и повышению уровня комфортности в исследуемых городах России, прослеживается высокая зависимость в соотношении между пространственным расположением разных типов ТГС и зеленой инфраструктуры *(таблица 3.11).*

Проводя оценку корреляций между распределением типов ТГС в представленных городах выделены следующие особенности: так, в г. Воронеж основная часть ландшафтов подходит для проведения работ по озеленению; в Белгороде и Курске проведение работ по благоустройству рекреационных участков малоперспективно, требуется реконструкция существующих зеленых пространств. В городах Саратов, Самара, Оренбург и Волгоград процент городских ТГС с положительными интервалами индекса самый высокий среди представленных урбанизированных территорий.

Таблица 3.11.

Соотношение распределения площадей ландшафтных структур и зеленых насаждений общего пользования к величине индекса в городах степной зоны России

Группа / Подгруппа	Город	Типы ТГС	Общая площадь, га	CDPI, % от общей площади		
				–0,5-0	0-0,5	0,5-1
$А_1$	Самара	S_{ls}	45511,4	54,7	11,6	33,7
		S_g	1342,8	78,3	20,4	1,3
	Белгород	S_{ls}	15716,8	84,3	14,8	0,9
		S_g	3259,1	63,9	34,5	1,5
	Курск	S_{ls}	18484,1	83,6	9,9	6,5
		S_g	4585,1	76,9	15,7	7,4
	Симферополь	S_{ls}	10010,8	98,3	0,6	1,1
		S_g	1370,5	91,2	2,7	6,1
$А_2$	Ростов-на-Дону	S_{ls}	34188,4	62,1	36,8	1,1
		S_g	11510,3	28,0	68,9	3,1
$Б_2$	Воронеж	S_{ls}	53208,2	32,8	67,2	0
		S_g	25175,3	16,9	83,1	0
$В_3$	Оренбург	S_{ls}	39739,4	16,8	38,4	44,8
		S_g	6295,3	11,2	35,7	53,1
$А_3$	Волгоград	S_{ls}	48087,4	53,9	24,6	21,5
		S_g	21071,9	26,1	30,6	43,3
$А_4$	Саратов	S_{ls}	32179,1	62,1	19,1	18,8
		S_g	8228,6	36,9	25,4	37,7

Города Ростов-на-Дону и Симферополь характеризуются высоким процентом площадей ТГС, находящимся в отрицательном интервале значений индекса, следовательно, территория обладает низким уровнем экологической комфортности, и необходимо сохранение существующих парково-лесных зон. Кроме этого, следует отметить чрезвычайно высокую степень административно-управленческих функций в отношении территориального планирования и полностью исторически сформировавшейся системой расселения, а также высокую плотность застройки и компактность планировочной структуры, что требует наличия продуманного градостроительного регулирования, в котором предусмотрены варианты развития рекреационных территорий. Развитие зеленой инфраструктуры в г. Волгоград возможно за счет использования территорий, которые занимают овраги и балки, то есть необходимо предусмотреть разработку проектов по созданию на этих пространствах рекреационных зон с максимально интенсивной природной составляющей, интегрирующихся в естественные пойменные и водораздельные геосистемы. Тогда как в г. Оренбург возможно активное создание новых рекреационных зон на восток в сторону бывших сельскохозяйственных угодий и необходимы реконструкция и сохранение существующих насаждений.

Городская среда – постоянно развивающаяся природно-техногенная геосистема, особенности функционирования которой непредсказуемы вследствие недостаточной изученности процессов взаимодействия ее многокомпонентной структуры. В связи с этим возрастает необходимость, с максимальным сохранением природной компоненты, снизить или изолировать степень техногенного воздействия на ландшафтную составляющую. На основе существующей функциональной раздробленности городского пространства целесообразно создание новых, в отдельных случаях – реконструкция старых зеленых зон, которые улучшают степень комфортности урбогеосистемы.

Представленные города являются крупными промышленными центрами с многолетней сложной историей развития и расселения. Для создания геоинформационной базы данных исследуемых территорий были получены картосхемы геоморфометрического районирования с выделением ландшафтных структур на основе нейросетевой классификации. По данным нейросетевой обработки установлено, что активная трансформация естественных ландшафтов проходила по пойменным и надпойменно-террасовым комплексам, поэтому границы этих морфологических структур нивелированы.

В результате проведенных геоинформационных расчетов с применением индекса CDPI нами выделены следующие особенности пространственной дифференциации урбанизированных территорий:

1. Урболандшафты городов Ростова-на-Дону и Симферополя отличаются крайне низкими значениями индекса потенциала развития экологической комфортности. Это обусловлено чрезвычайно высокой степенью административно-управленческих функций в отношении территориального планирования и полностью исторически сформировавшейся системой расселения. Высокая плотность застройки, компактность планировочной структуры определяют необходимость разумного использования городских ландшафтов в современном градостроительном развитии и рациональный подход при перепрофилировании функциональных особенностей урбанизированных объектов.

2. Не пригодными для осуществления мероприятий по озеленению из-за высокой степени хозяйственной деятельности и трансформации ландшафтной структуры антропогенным воздействием определены исторические центры городов, нуждающиеся в реконструкции.

3. Установлено, что причиной полученных при расчете отрицательных показателей CDPI для Воронежа является компактность планировочной структуры, которая определяет необходимость разумного использования городских ландшафтов в современном градостроительном развитии и рациональный подход при перепрофилировании функциональных особенностей урбанизированных объектов в пользу озелененного пространства.

4. Белгород отличается крайне низкими значениями индекса потенциала развития экологической комфортности. Здесь самая крупная планировочная зона – агроселитебная жилая застройка с приусадебными участками (по площади это треть урбанизированной территории), в которой полностью исторически сформирована зеленая инфраструктура. Перспективной территорией города для роста, развития и создания новых рекреационных участков является Западный район города Белгорода. Особенностью планировочной структуры является наличие в городе пустырей, малоиспользуемых и неиспользуемых в сельском хозяйстве земель, в пределах которых перспективно обустройство пространства для озеленения пойменных комплексов р. Северский Донец, эрозионно-денудационных склонов балок на западе и юго-восточной части урбанизированной территории.

5. На территории г. Курск ежегодно проводятся мероприятия по созданию, уходу и восстановлению зеленых насаждений в рекреационных зонах. Перспективным районом для повышения комфортности выделены западная и южная границы городских пространств (эрозионные субгоризонтальные прибалочные склоны, аккумулятивные надпойменной террасы р. Сейм и эрозионные ландшафты р. Тускарь). В итоге, при правильной градостроительной планировке, этот объект имеет наибольший потенциал к развитию зеленой инфраструктуры по сравнению с Воронежем и Белгородом.

6. Перспективными участками для реализации работ по благоустройству и улучшению комфортности выделены следующие типы рельефа в исследуемых городах Поволжского региона:

– пойменные и надпойменно-террасовые комплексы речных долин, водораздельные склоны междуречья рек Волги и Кондурча, а также эрозионно-денудационные прибалочные склоны (сеть оврагов) и участок холмистой возвышенной равнины горы Кузнецова на западе г. Самара;

– аккумулятивные типы рельефа, относящиеся к высокой пойме, р. Волга и надпойменно-террасовым комплексам, эрозионно-денудационные придолинно-прибалочные склоны, занимающие сельскохозяйственные ТГС и водораздельное плато с расчлененными склонами на востоке г. Саратов, требующие сохранения и реконструкции.

При расчетах геоинформационного индекса CDPI для городов Самары и Саратова с использованием существующих градостроительных документов были выделены из существующих ландшафтов территории, наиболее перспективные для улучшения комфортности урбанизированного пространства в пользу зеленой инфраструктуры.

На основе проведенной оценки потенциала комфортности и перспектив развития урбогеосистем степной зоны РФ геоинформационными методами определены особенности дифференциации урбанизированных территорий. Главное свойство разработанного индекса CDPI – учет интенсивности антропогенного воздействия и определение территорий, наиболее благоприятных для проведения мероприятий по улучшению комфортности городской среды. Он конкретизирует территориальные структуры, подходящие для создания пространственной связи культурных и природных ландшафтов, реновации существующих и создания новых лесопарковых массивов и организации природно-экологического каркаса городов. На практике расчеты индексных значений для исследуемых урбанизированных территорий показали существенные различия, связанные с особенностями планировочной структуры, пространственно-временного развития инфраструктуры и рельефной составляющей ландшафта. Разработанная методология позволяет определить соотношение сложно дифференцирующихся функциональных зон урбогеосистемы и потенциальную возможность увеличения существующих площадей зеленой инфраструктуры без изменения утвержденной структуры землепользования в генеральных планах муниципальных образований.

ГЛАВА 4. СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

4.1. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ К СОВРЕМЕННЫМ ВЫЗОВАМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ

4.1.1. Анализ глобальных рисков и тенденций влияния современных вызовов на пространственное развитие регионов степной зоны России *(Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Мелешкин Д.С.)*

В стратегическом отношении для России степная и лесостепная зоны имеют исключительно важное социально-экономическое, продовольственное и природоохранное значение. В последние десятилетия на фоне антропогенных трансформаций ландшафтов и климатических изменений на обширной территории земледельческого пояса страны все острее проявляются проблемы социально-экономической, экологической и, учитывая ее приграничное положение, геополитической устойчивости.

К детерминантам современных социально-эколого-экономических вызовов (на их различных стадиях: от потенциальной опасности до реальной угрозы и реального кризиса) можно отнести следующие факторы:

– социальное расслоение, бедность, недостаточные объем и качество социальных услуг, низкий уровень инженерной инфраструктуры, дефицит квалифицированных кадров (здравоохранения, образования, культуры, снижение рождаемости, отток молодежи);

– несоответствие масштабов и темпов формирования природно-экологического каркаса, значительно уступающим интенсивности развития социально-экономического остова, нарушение звеньев природно-экологического каркаса (разрыв экологической связанности пространства);

– низкий уровень жизни сельского населения, недостаточная государственная поддержка социального обустройства села, неравномерность размещения населения, хозяйственной инфраструктуры и диспропорции в обеспеченности природными ресурсами;

– трансформация под воздействием антропогенной и техногенной нагрузки ранее стабильных (устойчивых) элементов ландшафта, снижение качественных и количественных показателей водных ресурсов, деградация или полное уничтожение сложившихся веками биоценозов и связанные с этим потери ландшафтного и биологического разнообразия, активизация природных пожаров и связанные с ними риски возникновения кризисных экологических и техногенных ситуаций (Чибилёв (мл.), 2001; Чибилёв (мл.) и др., 2019);

– снижение плодородия земель в связи с применением нерациональных и почвозатратных технологий, низкие темпы внедрения современных технологий в земледелие, несбалансированность растениеводческого и животноводческого комплексов, проведение необоснованных мелиоративных мероприятий, особенно в связи с реализацией и незавершенностью природно-хозяйственных мегапроектов XX века, образование невостребованного земельного фонда и использование земель под монокультуры на основе почвозатратных технологий и т.д.

В совокупности приведенные выше факторы на современном этапе обусловили риски воздействия на пространственное развитие степных регионов нескольких социально-эколого-экономических вызовов: межрегиональные контрасты, приводящие к формированию депрессивных регионов; отсутствие сбалансированности природно-экологического и социально-экономического каркаса; сжатие освоенного пространства, вызванного процессами поляризации населения и повсеместного сокращения численности

сельского населения; формирование очагов потенциальных экологических катастроф; угроза продовольственной безопасности за счет потери количественных и качественных показателей отраслей сельского хозяйства.

Под «вызовом» нами понимается риск перехода негативного для пространственного развития явления от стадии потенциальной опасности к реальной угрозе, которая без должного реагирования при усугублении неминуемо приведет к кризису (Чибилёв (мл.) и др., 2021). Схематично этот переход можно визуально представить в виде схемы *(рисунок 4.1)*.

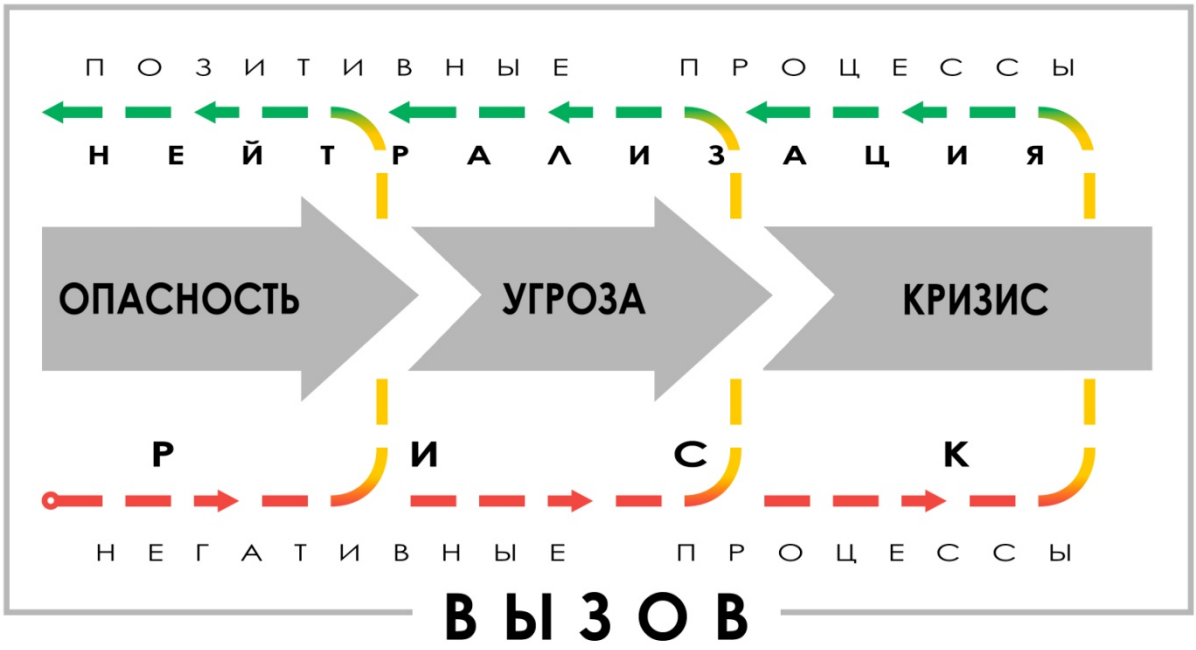


Рисунок 4.1. Схема стадий (фаз) формирования вызова.

Приняв определение риска как совокупность вероятности и последствий наступления негативных процессов, попробуем определить значения другим используемым в исследовании категориям. При реализации комплекса мероприятий по нейтрализации негативных процессов можно сократить риски их проявления и наступления более критичных стадий вызова (угрозы и кризиса).

Согласившись с трактовкой опасности как совокупности субъективных и негативных факторов, осознаваемых, но не обладающих критической вероятностью причинения ущерба (Кортунов, 2003), выдвинем тезис о том, что она «благодаря» негативным процессам подвержена риску перейти в более серьезную фазу вызова – «угрозу».

Тогда как опасность представляет лишь потенциальную возможность, категория «угроза» приобретает вполне реалистичный характер, и на этой стадии негативные процессы проявляются все острее. В этой связи угроза – наиболее конкретная (по времени и месту) фаза вызова, представляющая собой совокупность явно формирующихся негативных факторов и условий.

Если на ранних стадиях на возникновение вызова должным образом не отреагировать, и ситуация распространения негативных процессов перейдет в фазу угрозы, то велики риски перехода к критическому его состоянию – кризису и в более опасные – катастрофу и крах. Кризис, в отличие от последних, преодолевается, и его уроки используются.

Рассмотрев риски возникновения вызовов во времени, уделим внимание их уровню с точки зрения места. С точки зрения полимасштабности начальной точкой формирования вызова является опасность развития негативных социально-эколого-экономических

процессов на локальном уровне (например: населенный пункт, урочище, предприятие). При распространении этих процессов и во времени, и в пространстве опасность и угроза на локальном уровне может перерасти в опасность регионального уровня, который, в свою очередь, под воздействием обостряющихся факторов и условий без нейтрализующего воздействия может трансформироваться уже в мезорегиональные, национальные и, в конце концов, глобальные масштабы. Очевидно, что очень важным является своевременное и адекватное по комплексу принимаемых мер реагирование на ранних стадиях и уровнях формирования и проявления вызова, чтобы сократить риски его развития и минимизировать ущерб.

Определив для себя базовые понятия фаз (стадий) вызовов в теории, предпримем попытку оценки темпов прироста основных социально-эколого-экономических показателей 2019 г. к 2010 г. *(таблица 4.1).* Очевидно, что делать вывод о наличии позитивных/негативных процессов и о стадии формировании вызова на основе лишь сравнения данных 2-х лет в полной мере нельзя. Для понимания направления (вектора) развития происходящих процессов нужен анализ трендов на базе более полной (по годам) статистической выборки. Вместе с тем задача настоящего исследования заключается в разработке теоретических и методических подходов к процедуре выявления современных вызовов пространственному развитию степной зоны в разрезе вмещающих ее регионов-субъектов РФ (Чибилёв (мл.), 2015).

Нами проанализированы темпы прироста 28-и основных показателей, 2019 г. к 2010 г., сгруппированные в 6 блоков: межрегиональные контрасты (экономическое развитие): x_1 – ВРП на душу населения (тыс. руб. на чел), x_2 – среднегодовая численность занятых в экономике (тыс. чел), x_3 – объем отгруженных товаров собственного производства (в категории обрабатывающие производства, млн руб.), x_4 – основные фонды в экономике (по полной учетной стоимости, на конец года, млн руб.), x_5 – оборот розничной торговли (млн руб.); межрегиональные контрасты (состояние социальной сферы): x_6 – среднедушевые денежные доходы (в месяц, руб.), x_7 – потребительские расходы в среднем на душу населения (в месяц, руб.), x_8 – коэффициент младенческой смертности (число детей, умерших в возрасте до 1 года, на 1000 родившихся живыми), x_9 – уровень безработицы (%); дисбаланс природно-экологического и социально-экономического каркаса: x_{10} – лесистость территории (%), x_{11} – количество видов растений и животных, находящихся под охраной (ед.), x_{12} – площадь ООПТ (тыс. га), x_{13} – площадь застроенных земель (тыс. га), x_{14} – площадь земель под дорогами (тыс. га); сжатие освоенного пространства: x_{15} – плотность сельского населения (чел./км^2), x_{16} – удельный вес сельского населения в общей численности населения (%), x_{17} – уровень безработицы сельского населения (%), x_{18} – количество сельских населенных пунктов; формирование очагов потенциальных экологических катастроф: x_{19} – выбросы загрязняющих веществ, исходящих от стационарных источников (тыс. т), x_{20} – площадь нарушенных земель (тыс. га), x_{21} – оборотное водоснабжение (млн м^3), x_{22} – сброс загрязненной сточной воды недостаточно очищенной (млн м^3), x_{23} – доля утилизированных (использованных) отходов от общей массы образованных (%); угроза продовольственной безопасности: x_{24} – продукция растениеводства (всего, млн руб.), x_{25} – продукция животноводства (всего, млн руб.), x_{26} – урожайность зерновых и зернобобовых культур (ц/га), x_{27} – общая площадь земель сельскохозяйственного назначения (тыс. га), x_{28} – площадь пашни (тыс. га).

Стоит отметить разнонаправленность исследуемых явлений, например, увеличение площадей земель под застройкой или дорогами в контексте данного исследования при анализе несбалансированности развития природно-экологического и социально-экономического каркасов принимается нами как явление негативное, в то время как для угрозы сжатия освоенного пространства рост данных показателей будет свидетельствовать о наличии позитивных процессов. Также некоторые показатели (уровень безработицы или младенческой смертности), увеличение темпов роста которых приводит к негативным последствиям и усугублению кризисных ситуаций, объективно характеризуются как

отрицательные. Интерпретировать динамику таких показателей можно как: чем значение больше – тем «хуже». В таблице они представлены в виде «–х», таким образом, условно разделим выбранные показатели, прирост которых «благоприятен» и «неблагоприятен» для исследуемого вызова. Расчет темпов прироста стоимостных показателей (x_1, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_{24}, x_{25}) осуществлен в сопоставимых ценах 2019 г. к 2010 г. Ввиду отсутствия некоторых данных 2010 года по Республике Крым расчеты темпов прироста показателей x_1, x_4, x_6, x_7, x_8, x_{11}, x_{20} проведены по отношению 2019 г. к 2015 г., а x_{22} – 2019 г. к 2014 г.

Межрегиональные контрасты в экономическом развитии определяются величиной валового регионального продукта на душу населения, темпы прироста которого в рассматриваемых регионах положительные. На фоне общероссийского и среднего по мезорегиону повышения (27,1%) выделяются Омская, Курганская области и Алтайский край (с минимальными темпами прироста – менее 10%). Темп прироста объемов отгруженных товаров собственного производства по категории «обрабатывающие производства» отражает диверсифицированность экономики региона и состояние производительных сил. В Республике Калмыкия темп прироста объемов обрабатывающих производств наименьший среди исследуемых субъектов (–65,7%), однако наблюдается максимальный темп прироста ВРП на душу населения, что обуславливается особенностью промышленности региона и возрастающей долей производства электроэнергии и сельского хозяйства в экономике региона.

Логично предположить, что рост ВРП должен стимулировать развитие социальной сферы. Но очевидные связи прослеживаются только в Воронежской области и Республике Калмыкия, где с увеличением ВРП (54,4% и 61,9% соответственно) произошел прирост среднедушевых денежных доходов (16,2% и 20,9%) и потребительских расходов (39,9% и 42,5%). Интерес также вызывает и обратное явление. В Республике Крым при приросте ВРП в 39,4% (2015-2019 гг.) наблюдаются минимальные значения среди исследуемых регионов по темпам прироста показателей стоимости основных фондов в экономике (–31,2%), среднедушевых доходов (–29,9%) и потребительских расходов (–31,6%). Наблюдаемый темп прироста уровня безработицы в Республике Крым – 3,9% обусловлен событиями весны 2014 года, когда старые экономические связи были разорваны, а новые еще не успели образоваться, произошел скачок безработицы с 1,7% (2010 г.) до 7,2% (2015 г.). В последние 5 лет ситуация с безработными в Крыму постепенно улучшается (5,6% в 2019 г.).

Одним из факторов несбалансированности развития социально-экономического и природно-экологического каркасов является отставание площадных, качественных и количественных характеристик объектов существующей системы ООПТ от темпов развития урбанизированного каркаса территории. Вместе с тем некоторым степным регионам удалось реализовать комплекс мероприятий по развитию сети природно-заповедного фонда. Увеличение площади ООПТ в Оренбургской области на 85,8% произошло благодаря образованию нового участка «Заповедника Оренбургский» – Предуральская степь (16,5 тыс. га) и созданию нового заповедника Шайтан-Тау (6,7 тыс. га), а также нескольких заказников областного значения: Светлинский (9,3 тыс. га), Карагай-Губерлинское ущелье (1,4 тыс. га) (Чибилёв (мл.) и др., 2015). Значительно увеличилась площадь охраняемых территорий в марте 2018 г., когда был создан региональный заказник Губерлинские горы (107,1 тыс. га) (Чибилёв (мл.) и др., 2018). В Омской области за период 2010-2019 гг. произошло увеличение площади ООПТ регионального значения. Этому способствовало создание на территории региона заказников областного значения, таких как Степной (112,6 тыс. га), Приграничный (71,1 тыс. га), Лесостепной (71,9 тыс. га), Надеждинский (29,3 тыс. га), Баировский (68,6 тыс. га), Высокий Увал (35,7 тыс. га), Лузинская дача (30,4 тыс. га) и других участков.

Процесс сжатия освоенного пространства определяется сокращением площадей и точечных объектов освоенных территорий, в этой связи особое внимание уделено сокращению количества сельских населенных пунктов, сокращению численности

сельского населения и его поляризации. Анализ темпов прироста соответствующих показателей демонстрирует основную причину оттока населения из сельской местности – безработица сельского населения. Среди регионов степной зоны Курганская и Омская области выделяются наименьшими темпами прироста плотности сельского населения (–17,3% и –10,7% соответственно), удельного веса сельского населения (–3,8% и –2,5%) и наибольшим темпом прироста уровня безработицы сельского населения (3,3% и 1,9%).

Формирование очагов потенциальных экологических катастроф может быть как стихийным (авария, взрыв, пожар), так и вызвано продолжительным негативным воздействием агломерации, города или отдельного предприятия на окружающую среду. Увеличивающиеся темпы развития обрабатывающей промышленности Краснодарского края (53,7%) привели к значительному увеличению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (210,7%). Наибольшими значениями выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, исходящих от стационарных источников, характеризуются города Новороссийск (центр цементной промышленности на юге России) и Краснодар (крупнейший индустриальный центр юга России). Объем сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты в Саратовской области увеличился в несколько раз за последние два года. Значительный объем сбрасывается предприятиями г. Саратова в Волгоградское водохранилище – 86,7 млн м^3, основным источником загрязнения водохранилища является ООО «Концессии водоснабжения – Саратов» (85%).

Наибольшие значения показателя сброса недостаточно очищенной сточной воды в Саратовской области и Республике Крым (565,7% и 123,2% соответственно) обусловлены морально и технически устаревшими очистными сооружениями и канализационными сетями, не обеспечивающими необходимую степень очистки стоков, что приводит к загрязнению и ухудшению состояния водных объектов в регионе. Наиболее остро ситуация складывается в городах Симферополь, Саки, Армянск, Старый Крым, Судак. Мероприятия по рекультивации нарушенных земель в Республике Крым привели к их сокращению на 70% (с 5 тыс. га в 2010 до 1,5 тыс. га). Это способствует возвращению земель в оборот, предоставляет возможность использовать их для развития сельского хозяйства или новых инвестиционных проектов в других отраслях.

Продовольственная безопасность региона и страны в целом заключается в устойчивом развитии производств сельскохозяйственной продукции (Гулянов, 2021*б*). В данном исследовании акцент ставится на регионах степной зоны России, на которые приходится более половины продукции растениеводства в стране и 40% продукции животноводства. Высокие темпы прироста основных показателей (продукция растениеводства, животноводства и урожайность) характерны для Белгородской и Воронежской областей. В контексте развития интенсивного землепользования интерпретировать влияние сокращения пашни и площадей всех сельскохозяйственных земель можно и с положительной стороны, но при условии увеличения показателей урожайности и внедрения новых технологий землепользования.

Проведенный анализ темпов прироста социально-эколого-экономических показателей демонстрирует превалирование негативных процессов и увеличивающегося риска возникновения вызовов *(таблица 4.1)*:

– межрегиональные контрасты экономического развития: в Республиках Крым и Башкортостан и в Курганской области;

– межрегиональные контрасты состояния социальной сферы: в Волгоградской, Самарской, Курганской, Челябинской, Новосибирской и Омской областях, в Республиках Крым и Башкортостан; дисбаланс социально-экономического и природно-экологического каркасов: в Белгородской, Воронежской, Волгоградской, Ростовской, Саратовской областях и в Республике Башкортостан;

– сжатие освоенного пространства: во всех исследуемых регионах, кроме Краснодарского края, Республики Адыгея и Самарской области;

– формирование очагов потенциальных экологических катастроф: в Саратовской и Челябинской областях, в Республиках Адыгея и Башкортостан, в Краснодарском, Ставропольском и Алтайском краях;

– угроза продовольственной безопасности: в Оренбургской, Самарской, Челябинской и Новосибирской областях, Краснодарском и Алтайском краях, в Республике Башкортостан.

Согласно результатам исследования рассматриваемые вызовы в меньшей степени проявляются в Республиках Адыгея и Калмыкия, а в большей степени (либо проявляются явно) в Республике Башкортостан и Челябинской области *(рисунок 4.2).*

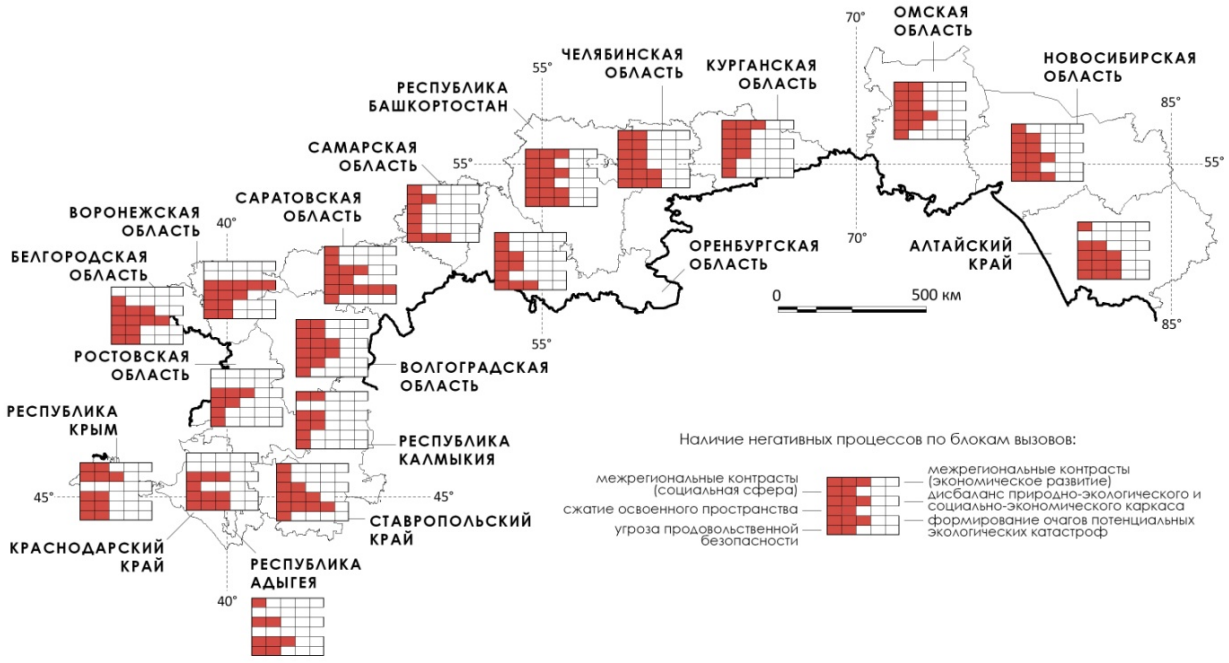


Рисунок 4.2. Влияние негативных процессов по блокам вызовов.

Выявление современных вызовов по регионам выполнено по факту наличия положительного или отрицательного темпов прироста. Нельзя с уверенностью утверждать, что снижение значений некоторых показателей приведет к формированию вызова в дальнейшем, равно как и положительная динамика не гарантирует «беспроблемность» региона. Более точный прогноз формирования вызовов может быть получен с помощью расчета уровня устойчивости региона к потенциальным рискам и угрозам.

На современном этапе для разработки долгосрочных планов развития степных регионов в рамках экономико-географических и социально-экономических исследований необходимо:

– выявить и актуализировать основные вызовы для устойчивого экологического и социально-экономического развития степных и лесостепных регионов России;

– определить социально-экономические предпосылки устойчивого пространственного развития степных и лесостепных регионов России в условиях современных вызовов;

– разработать направления и способы сглаживания межрегиональных контрастов, обусловленных неравномерностью развития российских регионов и высокой степенью межрегиональной социально-экономической асимметрии;

– оценить степень интеграции элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов;

– разработать направления конвергентного развития социально-экономического и природно-экологического каркасов.

Таблица 4.1.

Темпы прироста (%) основных социально-эколого-экономических показателей регионов степной зоны РФ 2019 года к 2010 году

Регион \ Показатель	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	$-x_8$	$-x_9$	x_{10}	x_{11}	x_{12}	$-x_{13}^{***}$	$-x_{14}^{***}$
Белгородская область	38,7	8,7	14,6	109,7	22,8	**–5,4**	23,2	–2,2	–1,3	**–0,1**	22,5	9,3	**3,1**	**7,2**
Воронежская область	54,4	4,9	52,4	152,7	49,3	16,2	39,9	–3,0	–3,9	**–0,1**	**–0,6**	**–19,7**	**4,4**	**0,6**
Республика Адыгея	22,5	**–0,3**	46,2	106,6	36,7	17,2	40,7	–2,5	–1,1	0,1	0	1,0	**4,7**	**0,5**
Республика Калмыкия	61,9	**–8,5**	**–65,7**	37,2	13,6	20,9	42,5	–8,1	–5,6	0	9,0	9,3	**7,3**	**0,5**
Краснодарский край	24,1	15,4	53,7	222,0	11,5	5,6	18,0	–1,5	–1,9	0	42,4	**–27,3**	**3,9**	**0,2**
Волгоградская область	16,5	**–10,1**	18,7	7,6	**–10,3**	**–15,7**	**–2,7**	–5,7	–2,7	**–0,1**	0	4,1	**0,2**	**0,1**
Ростовская область	30,5	1,2	26,6	122,3	3,5	4,5	14,0	–2,8	–2,9	0	**–0,6**	101,6	**1,1**	**0,9**
Ставропольский край	26,2	1,5	1,6	70,6	**–3,7**	**–7,0**	2,9	–2,5	–2,1	0,1	**–1,7**	2,3	**0,8**	0
Республика Башкортостан	28,8	**–7,0**	**–2,2**	100,2	**–10,4**	**–14,8**	**–8,2**	–0,8	–4,5	0	**–1,5**	1,3	**8,1**	**0,8**
Оренбургская область	23,4	**–18,3**	8,9	50,8	2,4	**–10,0**	9,5	–2,7	–2,8	0,1	149,3	85,8	**3,4**	**0,1**
Самарская область	30,0	7,2	6,8	67,4	**–20,0**	**–28,5**	**–15,3**	–2,2	–1,9	0	185,3	26,2	**4,7**	0
Саратовская область	11,6	**–13,0**	24,0	52,3	0,9	**–6,3**	12,4	–1,8	–2,0	0	**–4,5**	4,2	**4,7**	**0,1**
Курганская область	6,3	**–23,9**	18,5	**–4,6**	**–18,2**	**–22,8**	**–4,5**	–3,8	–4,3	1,0	4,3	**–4,1**	**0,4**	0
Челябинская область	29,0	6,0	**–1,0**	62,8	**–27,4**	**–25,1**	**–15,5**	–2,7	–2,4	0,1	25,4	2,6	**7,8**	**0,1**
Алтайский край	5,6	**–5,7**	10,0	2,9	1,3	7,9	11,0	–4,1	–3,0	0,3	1,7	16,1	**0,9**	**0,8**
Новосибирская область	38,7	2,9	27,0	104,1	**–15,5**	**–6,5**	**–5,5**	–2,5	–1,6	0,7	2,7	19,1	**1,5**	**0,1**
Омская область	2,4	**–6,5**	15,6	46,2	**–5,2**	**–11,8**	7,4	**0,4**	–1,7	0	30,8	106,3	**0,2**	**0,1**
Республика Крым	39,4	**–5,7**	0	**–31,2**	60,9	**–29,9**	**–31,6**	–1,6	**3,9**	–	8,3	252,4	–	–
Всего по России	27,1	5,2	27,8	84,9	0,6	**–8,0**	6,2	–2,6	–2,7	**–0,2**	–	12,8	**6,9**	**2,0**
Всего по мезорегиону	27,1	**–0,6**	14,2	77,6	**–1,2**	–	–	–	–	–	–	21,2	**3,2**	**0,5**

Примечание: * – темп прироста уровня безработицы сельского населения 2019 г. к 2015 г.;

** – темп прироста площадей земель сельскохозяйственного назначения 2019 г. к 2013 г.;

*** – темп прироста по мезорегиону рассчитан без учета Республики Крым;

**** – в Республике Крым темп прироста показателей x_1, x_4, x_6, x_7, x_8, x_{11}, x_{20} рассчитан 2019 г. к 2015 г.; x_{22} – 2019 г. к 2014 г.;

зеленый цвет – темпы прироста, характеризующие позитивные процессы;

красный цвет – темпы прироста, характеризующие негативные процессы.

4.1.2. Анализ уровня социально-экономической устойчивости степных регионов России к современным вызовам пространственного развития

(Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Мелешкин Д.С.)

Для оценки уровня социально-экономической устойчивости были использованы картографический и статистический методы. Предложена методика оценки уровня социально-экономической устойчивости на основе сопряженного анализа показателей и индексов 6 групп факторов (блоков) социально-экономической устойчивости:

– межрегиональные контрасты (экономическое развитие): x_1 – ВРП на душу населения (тыс. руб./чел.); x_2 – доля занятых в экономике от общей численности населения (%); x_3 – объем отгруженных товаров собственного производства на душу населения (тыс. руб./чел.); x_4 – основные фонды в экономике на душу населения (тыс. руб./чел.); x_5 – оборот розничной торговли на душу населения (тыс. руб./чел.); x_6 – инвестиции в основной капитал на душу населения (тыс. руб./чел.); x_7 – среднедушевые денежные доходы населения (месяц, тыс. руб.); x_8 – средний размер назначенных пенсий на 1 января 2020 г. (тыс. руб.); x_9 – потребительские расходы на душу населения (тыс. руб.); x_{10} – численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума (% от общей численности населения);

– межрегиональные контрасты (состояние социальной сферы): x_{11} – коэффициенты младенческой смертности (число детей, умерших в возрасте до 1 года, на 1000 родившихся живыми); x_{12} – соотношение браков и разводов (на 1000 браков приходится разводов); x_{13} – численность пенсионеров на 1000 чел. населения (на 1 января 2020 г.); x_{14} – численность занятых, приходящихся на 1 пенсионера (в среднем за год, чел.); x_{15} – уровень безработицы (%); x_{16} – число собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения (шт.); x_{17} – общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя (на конец года, $м^2$); x_{18} – удельный вес общей площади жилищного фонда, оборудованного газом (%); x_{19} – благоустройство жилищного фонда, оборудованного водопроводом (%); x_{20} – прерывание беременности (аборты) на 100 родов; x_{21} – заболеваемость на 1000 человек населения; x_{22} – численность российских туристов, отправленных туристскими фирмами в зарубежные туры (на 1000 человек населения);

– дисбаланс природно-экологического и социально-экономического каркасов: x_{23} – лесистость территории (%); x_{24} – доля площади ООПТ от площади региона (%); x_{25} – доля площади застроенных земель от площади региона (%); x_{26} – доля площади земель под дорогами от общей площади региона (%); x_{27} – доля нарушенных земель от площади региона (%); x_{28} – доля многолетних насаждений от площади региона (%); x_{29} – доля площади пастбищ от площади региона (%); x_{30} – доля площади сенокосов от площади региона (%);

– сжатие освоенного пространства: x_{31} – плотность сельского населения ($чел./км^2$); x_{32} – удельный вес сельского населения в общей численности населения (%); x_{33} – уровень безработицы сельского населения (%); x_{34} – уровень занятости сельского населения (%);

– формирование очагов потенциальных экологических катастроф: x_{35} – выбросы загрязняющих веществ, исходящих от стационарных источников на душу населения (кг/чел.); x_{36} – бытовое водопотребление на душу населения ($м^3$/год на чел.); x_{37} – сброс загрязненных сточных вод на душу населения ($м^3$/чел.); x_{38} – вывезено ТКО на душу населения ($м^3$/чел.); x_{39} – утилизировано (использовано) отходов на душу населения (т/чел.); x_{40} – количество выявленных государственным эконадзором нарушений на тыс. чел населения; x_{41} – расходы на охрану окружающей среды (% к ВРП); x_{42} – доля инвестиций на охрану окружающей среды от общего объема инвестиций в регион (%);

– угроза продовольственной безопасности: x_{43} – потребление мяса и мясопродуктов на душу населения (кг); x_{44} – потребление молока и молочных продуктов на душу населения (кг); x_{45} – потребление хлебных продуктов на душу населения (кг в год); x_{46} – продукция растениеводства на душу населения (тыс. руб./чел.); x_{47} – продукция животноводства на душу населения (тыс. руб./чел.); x_{48} – урожайность зерновых и зернобобовых культур (ц/га); x_{49} – доля земель сельхозназначения от площади территории (%); x_{50} – доля пашни от площади земель сельхозназначения (%).

В качестве информационной базы в исследовании использовались основные социально-экономические показатели субъектов РФ в 2020 году из открытых данных Федеральной службы государственной статистики.

В целях повышения репрезентативности все показатели были использованы в относительных значениях (на душу населения, на 1000 человек населения, проценты).

Величина выбранных показателей отражает потенциальную возможность противостоять угрозам и адекватно отвечать на вызовы пространственному развитию. Чем больше эта величина, тем стабильнее окажется регион в случае кризисных ситуаций.

Влияние некоторых показателей на устойчивое пространственное развитие отрицательно, например, таких как коэффициенты младенческой смертности, уровень безработицы, доля нарушенных земель и др. В этом случае их влияние интерпретировалось как чем меньше значение показателя, тем лучше.

Расчет интегральных индексов основывается на данных, характеризующихся разномерностью. Чтобы добиться сопоставимости показателей, представленных различными единицами измерения, была применена формула их нормирования в интервале от 0 до 1, где 1 соответствует максимальному значению соответствующего показателя среди рассматриваемых регионов. При положительном влиянии параметра, формирующего интегрированную оценку, нормирование осуществляют по формуле *(4.1)*, при отрицательном – по формуле *(4.2):*

$$x_{ij}^{\text{норм}} = \frac{x_{ij} - \min\limits_{j} x_{ij}}{\max\limits_{j} x_{ij} - \min\limits_{j} x_{ij}}, \quad (4.1)$$

$$x_{ij}^{\text{норм}} = \frac{\max\limits_{j} x_{ij} - x_{ij}}{\max\limits_{j} x_{ij} - \min\limits_{j} x_{ij}}, \quad (4.2.)$$

где $x_{ij}^{\text{норм}}$ – нормированное значение *j*-го показателя, которым обладает *i*-й регион,

$\max\limits_{j} x_{ij}$ – максимальное значение *j*-го показателя среди исследуемых регионов,

$\min\limits_{j} x_{ij}$ – минимальное значение *j*-го показателя среди исследуемых регионов,

i – номер региона, *j* – номер показателя.

Далее для каждого блока рассчитаны многомерные средние индексы, позволяющие совершить переход от многомерного пространства признаков к одномерному *(4.3)*.

$$\overline{P_{mi}} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k} x_{ij}^{\text{норм}}, \quad (4.3)$$

где $\overline{P_{mi}}$ – усредненный индекс конкретного блока показателей устойчивости,
k – число показателей в блоке.

Интегральный показатель уровня социально-экономической устойчивости *(4.4)* рассчитывается путем суммирования многомерных средних индексов каждого блока показателей.

$$I_i^{\text{уст}} = \sum_{m=1}^{6} \overline{P_{mi}}, \quad (4.4)$$

где $I_i^{\text{уст}}$ – интегральный индекс социально-экономической устойчивости,
m – число блоков показателей.

Для оценки пространственного распределения уровня устойчивости необходимо выявить регионы, в которых отмечаются экстремумы агрегированных индексов, в результате процедуры нормирования, приведенные к 1 *(таблица 4.2)*.

Таблица 4.2.

Интегральный индекс социально-экономической устойчивости степных регионов России к современным вызовам пространственного развития

Субъекты РФ	$I_1^{\text{норм}}$	$I_2^{\text{норм}}$	$I_3^{\text{норм}}$	$I_4^{\text{норм}}$	$I_5^{\text{норм}}$	$I_6^{\text{норм}}$	I_p
Белгородская область	0,9	0,7	0,3	0,7	0,5	0,8	4,0
Воронежская область	0,7	0,7	0,3	0,5	0,5	0,7	3,4
Республика Адыгея	0,4	0,5	0,5	0,7	0,5	0,4	2,9
Республика Калмыкия	0,1	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	2,7
Краснодарский край	0,7	0,6	0,4	0,8	0,4	0,6	3,6
Волгоградская область	0,5	0,6	0,5	0,4	0,6	0,4	3,0
Ростовская область	0,6	0,6	0,3	0,5	0,5	0,5	3,0
Ставропольский край	0,4	0,5	0,3	0,6	0,5	0,6	3,0
Республика Башкортостан	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	3,2
Оренбургская область	0,6	0,6	0,4	0,6	0,5	0,5	3,1
Самарская область	0,8	0,6	0,3	0,5	0,4	0,3	3,0
Саратовская область	0,4	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	2,6
Курганская область	0,3	0,4	0,6	0,2	0,6	0,3	2,4
Челябинская область	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6	0,2	3,0
Алтайский край	0,3	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5	2,7
Новосибирская область	0,6	0,5	0,7	0,3	0,4	0,3	2,9
Омская область	0,6	0,5	0,6	0,4	0,6	0,4	3,1
Республика Крым	0,3	0,6	0,4	0,8	0,5	0,2	2,8

В результате выявлено, что на исследуемой территории значение интегрального индекса растет в юго-восточном направлении, и наибольший уровень устойчивости отмечается в наиболее плотно заселенных субъектах: Белгородской области – 4,0 и Краснодарском крае – 3,7 *(рисунок 4.3)*. Белгородская область выделяется наибольшим количеством максимумов агрегированных индексов – 3 из 6. В области наибольшие значения показателей: ВРП на душу населения (больше среднего среди исследуемых регионов-субъектов в 1,5 раза), объема отгруженных товаров собственного производства на душу населения (в 2,4 раза), общей площади

жилых помещений, приходящейся в среднем на одного жителя (в 1,2 раза), вывоза ТКО на душу населения (в 7,7 раза), продукции животноводства на душу населения (в 1,6 раза), продукции растениеводства на душу населения (в 4,6 раза), а также минимальный показатель численности населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума (что положительно сказывается на устойчивости перед экономическими вызовами).

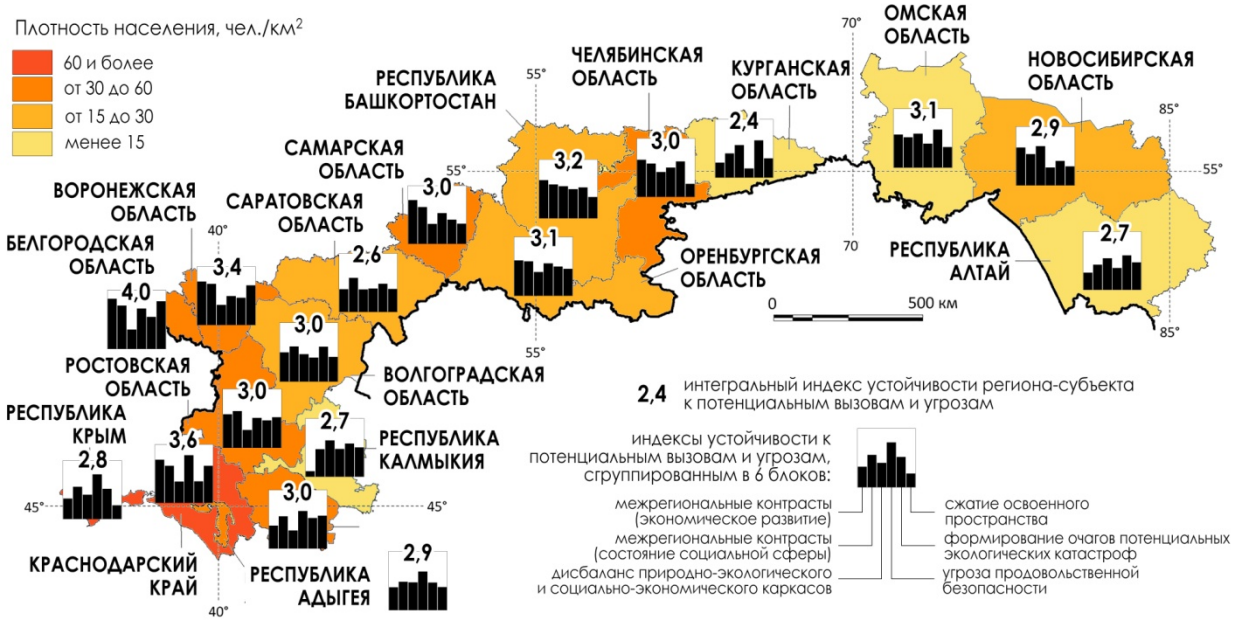


Рисунок 4.3. Картосхема распределения интегрального индекса устойчивости регионов-субъектов к потенциальным вызовам и угрозам.

Курганская область, по используемой методике, – наиболее уязвимый перед социально-эколого-экономическими вызовами регион, в 2 из 6 агрегированных индексов наблюдаются минимумы. Область характеризуется наименьшими значениями: инвестиций в основной капитал (в 1,7 раза меньше среднего среди исследуемых регионов-субъектов), численности занятых, приходящихся на одного пенсионера (в 1,6 раза), уровня занятости сельского населения (в 1,3 раза).

Отмечена высокая сила связи между интегральным индексом устойчивости и величиной ВРП на душу населения (коэффициент корреляции 0,7) и между интегральным индексом устойчивости и численностью населения с доходами выше прожиточного минимума (коэффициент корреляции 0,8) *(рисунок 4.4)*.

Предлагаемая методика изучения устойчивости регионов к вызовам пространственному развитию апробирована на степных регионах России в целях полимасштабных исследований данного мезорегиона и раскрытия диспропорций и закономерностей в регионах, различающихся по состоянию экономики, социальной сферы и величине природно-ресурсного потенциала, но находящихся в одной природной зоне.

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что социально-экономическая устойчивость региона определяется в первую очередь экономической мощностью региона, что подтверждают проведенный картографический анализ и оценка корреляционной зависимости.

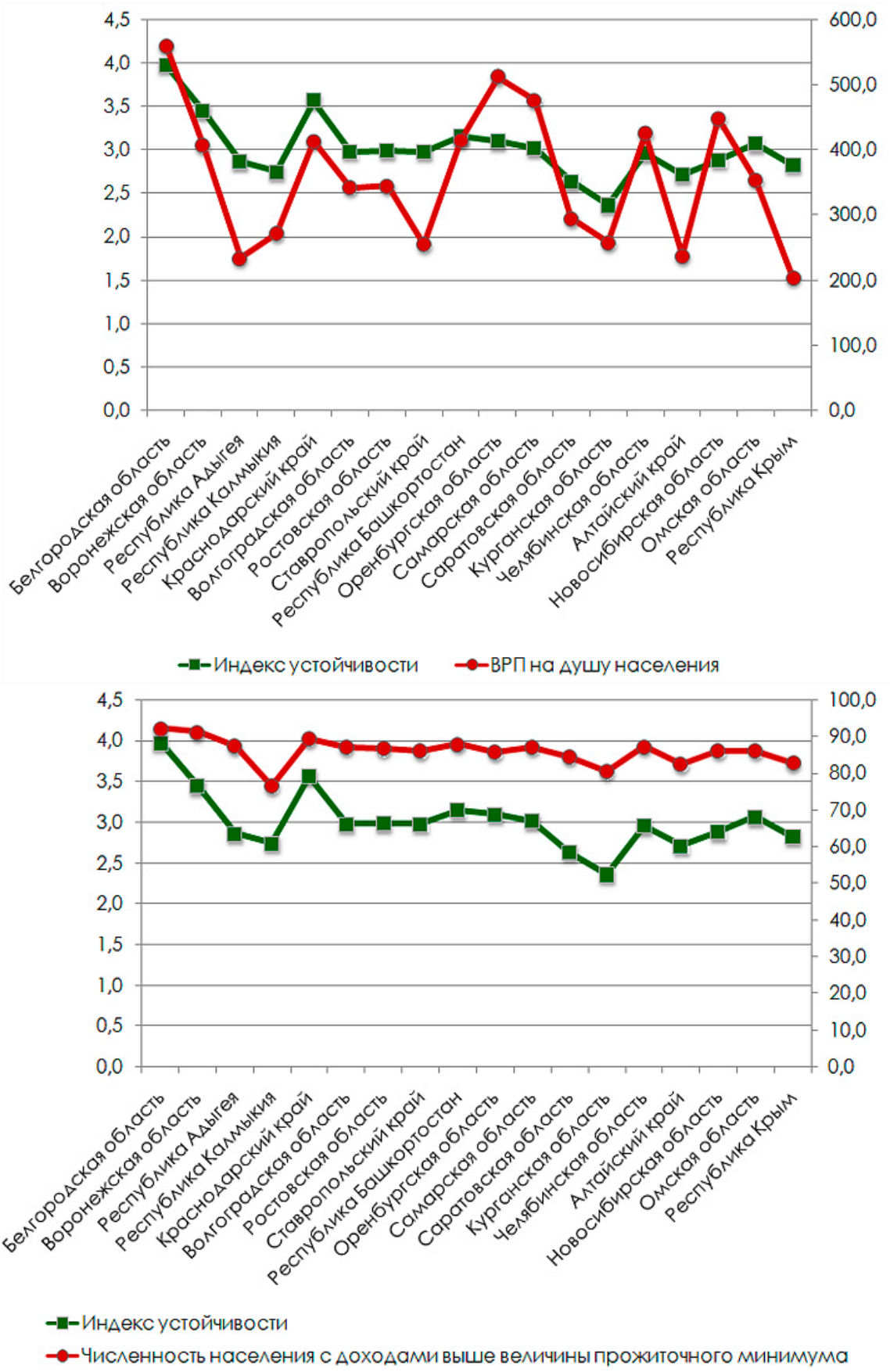


Рисунок 4.4. Диаграммы корреляционной зависимости а) интегрального индекса устойчивости и ВРП на душу населения; б) интегрального индекса устойчивости и численности населения с доходами выше величины прожиточного минимума.

4.1.3. Дифференциация регионов степной зоны России по индикаторам устойчивого развития *(Чибилёв А.А. (мл.), Лебедева Т.В.)*

В сентябре 2015 года результатом работы саммита Организации Объединенных Наций в качестве резолюции стало принятие ее Генеральной Ассамблеей «Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». Этот документ определил набор из 17 универсальных целей, объединяющих блоки задач, ориентированных на преобразования в сфере реализации человеческого потенциала и внедрения рациональных моделей потребления и производства.

С одной стороны, современные геополитические изменения первой половины 2022 года ставят под сомнение полное осуществление данной программы к 2030 году. В то же время для Российской Федерации на национальном и региональном уровнях необходимо продолжать добиваться устойчивого развития по трем компонентам – экономическому, социальному и экологическому. В этой связи региональным и субрегиональным факторам отводится основное значение в реализации стратегии устойчивого развития. Для их количественного описания используются различные показатели и индикаторы, разрабатываемые Федеральной службой государственной статистики.

В России на национальном уровне, в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», определен перечень показателей для анализа, оценки и контроля за достижением целей устойчивого развития (ЦУР). Этот набор из 175 индикаторов, сгруппированных по 17 целям, используется при подготовке национальных докладов и публикаций о достижении ЦУР в России.

Среди глобальных ориентиров декларации Повестки – ликвидация голода и обеспечение сохранения природных ресурсов. Продовольственная безопасность в России во многом обеспечивается благодаря земледельческим регионам степной зоны (Чибилёв (мл.), 2015), а актуальность решения проблем сохранения и рационального использования их природных ресурсов с каждым годом только усиливается.

При оценке региональной устойчивости социально-экономического развития некоторые исследователи зачастую используют только ключевые (по мнению авторов) показатели устойчивого развития, такие, например, как валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения и индекс человеческого развития (Лебедева и др., 2022). Однако для выявления полной палитры существующих различий и диспропорций, на наш взгляд, необходима многофакторная оценка достижения устойчивости субъектами, опирающаяся на значительное число показателей, ее характеризующих.

В разрезе 18 субъектов степной зоны была выполнена оценка индикаторов ЦУР по трем годам: 2011 г., 2015 г. и 2019 г. Для составления базы данных, включающей в себя 59 показателей, использованы официальные статистические данные. В пакете прикладных программ Statistica оценены дескриптивные статистики, проведен корреляционный, регрессионный и кластерный анализ. Средствами программного комплекса MapInfo создана картосхема показателей рейтинговой оценки, интегрального индекса устойчивости и кластеров регионов по индикаторам достижения ЦУР.

Для рейтинговой оценки регионов степной зоны по индикаторам ЦУР использован непараметрический метод – метод суммы мест (Рогачева, 2017). Он обеспечивает решение задачи обобщения частных оценок путем суммирования мест регионов по каждому показателю ЦУР за каждый год. Расчет рейтинга

регионов проведен с помощью ранжирования среднего значения рангов показателей ЦУР по каждому году *(4.5):*

$$r_i^j = \sum_1^m y_m^j, \quad (4.5)$$

где r_i^j – ранг региона по i-му индикатору в j-ый год,
y – ранжированные значения показателей, составляющих индикатор ЦУР,
m – число показателей, составляющих индикатор ЦУР.

Для показателей, отрицательно влияющих на достижение цели, на первом месте располагаются регионы с меньшим значением показателей, для положительно влияющих – с большим. По каждому региону определяется сумма занятых им мест, регионы ранжируются в соответствии с суммой мест. Наилучшим признается регион, в котором сумма мест минимальна. Обобщающую рейтинговую оценку субъектов степной зоны по индикаторам ЦУР можно рассматривать как **интегральный рейтинг устойчивости (ИРУ)**. Для его получения необходимо рассчитать средний ранг каждого субъекта по формуле *(4.6):*

$$\overline{r} = \frac{\sum_1^n y}{n}, \quad (4.6)$$

где $\overline{r}$ – среднее значение рангов региона по всем индикаторам ЦУР,

y – ранжированные значения показателей, составляющих индикаторы ЦУР,
n – общее число показателей (177).

Оценка соответствия между рейтингами проведена с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Показатели рейтинговой оценки рассчитаны по 9 блокам (индикаторам ЦУР, *i*) (*курсивом* выделены показатели, отрицательно (негативно) влияющие на достижение цели).

Блок 1. Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах: y_1 – *доля населения, живущего за национальной чертой бедности, за год, предшествующий предыдущему, %.*

Блок 2. Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте: *y_2 – коэффициент материнской смертности на 100 000 родившихся живыми; y_3 – смертность детей в возрасте 0-4 года на 1000 родившихся живыми; y_4 – младенческая смертность на 1000 родившихся живыми, промилле; y_5 – число зарегистрированных больных с впервые установленным диагнозом ВИЧ-инфекции на 100 000 человек населения; y_6 – заболеваемость туберкулезом на 100 000 человек населения; y_7 – смертность от туберкулеза на 100 000 человек населения; y_8 – заболеваемость гепатитом В на 100 000 человек населения; y_9 – заболеваемость аскаридозом на 1000 человек населения; y_{10} – заболеваемость эхинококкозом на 1000 человек населения; y_{11} – заболеваемость лямблиозом на 1000 человек населения; y_{12} – смертность от болезней системы кровообращения, на 100 000 населения; y_{13} – смертность от новообразований, в том числе злокачественных, на 100 000 населения; y_{14} – заболеваемость с впервые в жизни установленным диагнозом психического расстройства и расстройствами поведения на 100 000 человек населения; y_{15} – заболеваемость с впервые в жизни установленным диагнозом наркомании на 100 000*

человек населения; y_{16} – заболеваемость с впервые в жизни установленным диагнозом алкоголизма и алкогольного психоза на 100 000 человек населения; y_{17} – смертность от неумышленного отравления на 100 000 человек населения; y_{18} – санитарное состояние питьевого водоснабжения, число проб (из распределительной сети), не соответствующих гигиеническим нормативам в процентах от общего числа исследованных проб, по санитарно-химическим показателям; y_{19} – санитарное состояние питьевого водоснабжения, число проб (из распределительной сети), не соответствующих гигиеническим нормативам в процентах от общего числа исследованных проб, по микробиологическим показателям; y_{20} – санитарное состояние атмосферного воздуха, число проб, не соответствующих гигиеническим нормативам в процентах от общего числа исследованных проб, городские поселения; y_{21} – санитарное состояние атмосферного воздуха, число проб, не соответствующих гигиеническим нормативам в процентах от общего числа исследованных проб, сельские поселения; y_{22} – санитарное состояние почвы, число проб, не соответствующих гигиеническим нормативам в процентах от общего числа исследованных проб, по санитарно-химическим показателям; y_{23} – санитарное состояние почвы, число проб, не соответствующих гигиеническим нормативам в процентах от общего числа исследованных проб, по микробиологическим показателям; y_{24} – санитарное состояние почвы, число проб, не соответствующих гигиеническим нормативам в процентах от общего числа исследованных проб, по паразитологическим показателям; y_{25} – охват граждан профилактическими медицинскими осмотрами, %.

Блок 3. Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек: y_{26} – численность прошедших переобучение и повышение квалификации женщин, находящихся в отпуске по уходу за ребенком в возрасте до трех лет, человек.

Блок 4. Обеспечение доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех: y_{27} – потребление электроэнергии (млн кВт.час); y_{28} – *энергоемкость валового внутреннего продукта за год, предшествующий предыдущему, кг условного топлива/ на 10 000 рублей, в постоянных ценах 2012 года*.

Блок 5. Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех: y_{29} – индекс физического объема валового регионального продукта на душу населения, %; y_{30} – уровень занятости населения, %; y_{31} – уровень занятости мужчин, %; y_{32} – уровень занятости женщин, %; y_{33} – уровень занятости населения (в возрасте 15-19 лет); y_{34} – уровень занятости населения (в возрасте 20-29 лет); y_{35} – уровень занятости населения (в возрасте 30-39 лет); y_{36} – уровень занятости населения (в возрасте 40-49 лет); y_{37} – уровень занятости населения (в возрасте 50-59 лет); y_{38} – уровень занятости населения (в возрасте 60-72 лет*); y_{39} – совокупный показатель безработицы и потенциальной рабочей силы, %; y_{40} – совокупный показатель безработицы и потенциальной рабочей силы, мужчины, %; y_{41} – совокупный показатель безработицы и потенциальной рабочей силы, женщины, %;* y_{42} *– численность пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом в расчете на 1000 работающих*.

Блок 6. Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям: y_{43} – грузооборот автомобильного транспорта, млнт-км; y_{44} – пассажирооборот по видам транспорта общего пользования, млрд. пассажиро-км; y_{45} – плотность железнодорожных путей общего пользования на 10 000 кв. км территории, км; y_{46} – плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием на 1000 кв. км территории, км; y_{47} – доля автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения, соответствующих нормативным требованиям, %; y_{48} – протяженность автомобильных дорог общего пользования местного значения, находящихся в собственности муниципальных образований, км; y_{49} – доля

автомобильных дорог местного значения, соответствующих нормативным требованиям, %; y_{50} – коэффициент изобретательской активности (число отечественных патентных заявок на изобретения, поданных в Российской Федерации, в расчете на 10 000 человек населения); y_{51} – доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности российских исследователей, %; y_{52} – внутренние затраты на исследования и разработки за счет всех источников (в текущих ценах), млн руб.; y_{53} – доля организаций, имеющих широкополосный доступ к сети «Интернет», в общем числе организаций, %.

Блок 7. Сокращение неравенства внутри стран и между ними: *y_{54} – индекс концентрации доходов (коэффициент Джини)*.

Блок 8. Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов: y_{55} – доля эксплуатационных автобусов, оборудованных для перевозки маломобильных групп населения, в общем количестве эксплуатационных автобусов, %; y_{56} – ассигновано средств на проведение работ по сохранению объектов культурного наследия, тыс. руб.; y_{57} – фактически освоено средств на проведение работ по сохранению объектов культурного наследия, тыс. руб.; y_{58} – доля площади зеленых насаждений в пределах городской черты к общей площади городских земель в пределах городской черты, %.

Блок 9. Укрепление средств осуществления и активизация работы в рамках Глобального партнерства в интересах устойчивого развития: y_{59} – валовой региональный продукт на душу населения, руб.

Принятие оптимальных решений по выполнению задач и достижению ЦУР субъектов Российской Федерации требует уточнения методологии; создания информационной базы исходных данных, показателей и индикаторов; выявления между ними связей и зависимостей с установлением силы корреляции; определения сценариев и прогноза влияния социально-экономических факторов на достижение целей устойчивого регионального развития.

На основе метода k-средних проведена комплексная оценка дифференциации регионов степной зоны России по показателям устойчивого развития. В качестве функционала качества распределения использована суммарная внутриклассовая дисперсия (Сошникова и др., 1999). Для измерения силы линейных связей различных пар признаков рассчитаны матрицы парных коэффициентов корреляции, а для представления формы связи между показателями устойчивого развития оценены модели множественной линейной регрессии. Оценка достоверности полученных моделей регрессии и их параметров проведена с помощью F-критерия Фишера, t-критерия Стьюдента, а также проверки регрессионных остатков на подчиненность нормальному закону распределения, гомоскедастичность, независимость и случайность (Сошникова и др., 1999).

В работе представлены оценки статистически значимых регрессионных моделей со значимыми параметрами, на 5-10% уровне значимости с независимыми, гомоскедастичными регрессионными остатками, подчиненными нормальному закону распределения.

Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах. В России для мониторинга выполнения цели «Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах» ведется расчет показателя, базирующегося на концепции абсолютной бедности. В качестве официальной границы бедности у нас в стране принят показатель прожиточного минимума (ППМ) (2011 г. – 6209 руб./чел.; 2015 г. – 9452 руб./чел.; 2019 г. – 10 609 руб./чел.). В связи с тем, что для расчета ППМ периодически происходит пересмотр состава потребительской корзины, его оценка в динамике требует ретроспективных пересчетов из-за несопоставимости структуры и временных рядов.

Сравнение доли населения, живущего за чертой бедности, в 2011, 2015 и 2019 гг. демонстрирует ее планомерный спад в большинстве регионов степной зоны РФ, кроме Курганской, Челябинской и Омской областей. Однако, например, в Республике Калмыкия, несмотря на ежегодное снижение (с 2011 г. по 2019 г. на 12%), доля населения,

живущего за чертой бедности, остается на весьма высоком уровне – 23,5%, что больше среднего по регионам степной зоны России более чем в 1,5 раза. Наименьшие значения доли населения, живущего за национальной чертой бедности, наблюдались в Белгородской области, а наибольшие – в Республике Калмыкия. В результате корреляционного анализа не выявлены статистически значимые связи показателя «доля населения, живущего за национальной чертой бедности» в рассматриваемые годы с показателями двух целей: «Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек» и «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов».

Следует отметить, что рост доли автомобильных дорог местного, регионального или межмуниципального значения, соответствующих нормативным требованиям, а также валового регионального продукта на душу населения, способствовали снижению доли населения, живущего за национальной чертой бедности, а увеличение совокупного показателя безработицы и потенциальной рабочей силы влекло рост эндогенной переменной.

Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте. Для анализа достижения цели «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте» использовалось наибольшее количество показателей (24). В качестве ключевых были выделены: заболеваемость распространенными инфекционными заболеваниями, смертность и санитарное состояние окружающей среды. Повсеместное улучшение ситуации в сфере здравоохранения наблюдается по показателям заболеваемости туберкулезом и лямблиозом, а также смертностью от туберкулеза и болезней системы кровообращения. Актуальной до сих пор остается проблема ВИЧ-инфекции. В 10 из 18 исследуемых регионов наблюдается рост числа заболевших. По состоянию на 2019 год, наиболее острая ситуация в Самарской области (4,8 заболевших на 100 000 человек населения) и Алтайском крае (4,7).

Омская область на фоне остальных регионов степной зоны выделяется возрастающей детской смертностью. Показатели смертности детей до 4-х лет и младенческой смертности в регионе самые высокие (8,2 и 6,9 на 1000 родившихся живыми соответственно), при этом темп прироста (2019 г. к 2011 г.) младенческой смертности составил 16,9%. Число впервые выявленной наркотической зависимости среди населения снижается во всех регионах, кроме Воронежской области, в которой в 2019 г. было 22,2 заболевших на 100 000 населения (максимальное значение среди исследуемых регионов), а темп прироста к 2011 г. составил более 10%.

Наиболее благополучная ситуация по показателям цели «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте» в анализируемые годы наблюдалась в Краснодарском, Ставропольском краях и Воронежской области. Худшие значения показателей наблюдались в Челябинской и Курганской областях, а также в Алтайском крае.

Исходя из проведенного корреляционного и регрессионного анализа, можно сделать вывод, что связь между показателями цели «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте» и прочими анализируемыми показателями существенно изменяется по годам, при этом на показатели данной ЦУР наиболее существенное влияние оказывают показатели целей «Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах», «Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех», «Сокращение неравенства внутри стран и между ними» и «Укрепление средств осуществления и активизация работы в рамках Глобального партнерства в интересах устойчивого развития».

Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек. В рамках цели «Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек» национальной статистикой за рассматриваемые

годы по субъектам РФ оценивается только один показатель: «численность прошедших переобучение и повышение квалификации женщин, находящихся в отпуске по уходу за ребенком в возрасте до трех лет». Численность прошедших переобучение и повышение квалификации женщин, находящихся в отпуске по уходу за ребенком в возрасте до трех лет, колебалась от 152 человек в 2011 году до 263 человек в 2019 году. Совокупность регионов степной зоны России по анализируемому показателю является неоднородной: коэффициент вариации составлял 100,1% в 2011 году, 74,2% в 2015 году и 80,8% в 2019 году. Наибольшие значения показателя наблюдались в Новосибирской области и Республике Башкортостан, наименьшие – в Республиках Адыгея, Крым и Калмыкия.

По результатам корреляционного анализа выявлены статистически значимые связи анализируемого показателя с показателями целей «Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех», «Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям» и «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов». Оценки уравнений регрессии, полученные в результате пошаговой процедуры регрессионного анализа, показывают, что наиболее значимое влияние на эндогенную переменную оказывают показатели занятости и безработицы населения.

Обеспечение доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех. Укрепление средств осуществления и активизация работы в рамках Глобального партнерства в интересах устойчивого развития. Устойчивость регионов перед возникающими глобальными и национальными экономическими вызовами определяет возможность обеспечения доступа к недорогим, надежным и современным источникам энергии и увеличение объема валового регионального продукта. Это находит отражение в темпах прироста показателей энергоемкости и объемов валового регионального продукта на душу населения. В целом, по рассматриваемому мезорегиону произошло увеличение потребления электроэнергии на 8273 млн кВт час (темп прироста 2019 г. к 2011 г. составил 3,6%), в основном за счет увеличения потребления в Краснодарском крае (на 3911 млн кВт час, темп прироста 18,8%), в Республике Башкортостан (на 2533 млн кВт час, темп прироста 10%) и в Ростовской области (на 2004 млн кВт час, темп прироста 11,6%). Энергоемкость ВРП выросла только в Республике Башкортостан (темп прироста составил 5,5%) и Омской области (2,1%). На 1/3 снизилась энергоемкость ВРП в Курганской области. В 2015 году медианные значения показателей снизились на 6,3% и 15,3% от уровня 2011 года соответственно.

В виду повсеместного увеличения показателя ВРП на душу населения, целесообразным представляется проведение дифференциации регионов по темпам прироста 2019 г. к 2011 г. Таким образом, в 10 регионах темп прироста варьируется от 50% до 100%, в 7 регионах – от 100% до 200% и в 1 регионе (Республике Калмыкия) – свыше 200%. При этом медианное значение валового регионального продукта на душу населения возросло в 1,3 раза в 2015 году и в 1,9 раза в 2019 году от уровня 2011 года.

В субъектах, лидерах рейтинга по цели «Обеспечение доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех», в рассматриваемые годы наблюдались наименьшие значения энергоемкости валового внутреннего продукта и наибольшие значения потребления электроэнергии за год. По объему валового регионального продукта на душу населения лидерами в рассматриваемые годы были Белгородская, Оренбургская и Самарская области, наименьшие значения показателя наблюдались в Республиках Калмыкия, Крым и Алтайском крае. Статистически значимые корреляционные связи анализируемых показателей не выявлены только с показателями двух целей: «Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек» и «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов». Следует отметить, что в

результате пошаговой процедуры регрессионного анализа оценены модели, в качестве экзогенных переменных в которые вошли показатели уровня занятости населения.

Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех. Для оценки содействия устойчивому экономическому росту и полной производительной занятости учитывалось 14 показателей, различных по полу и возрасту групп населения, с акцентом на показатель уровня занятости. Уровень занятости населения в большинстве регионов степной зоны (кроме Республики Адыгея и Новосибирской области) имеет тенденцию роста к 2015 г. и снижения к 2019 г., на значение ниже уровня 2011 г. Максимальные значения уровня занятости населения наблюдаются в Челябинской (65,4% в 2011 г., 62,4% в 2019 г.) и Самарской (68,6% в 2015 г.) областях; минимальные – в Республике Калмыкия (56,2% в 2011 г., 55,7% в 2015 г.) и Курганской области (48,8% в 2019 г.).

Медианное значение индекса физического объема валового регионального продукта на душу населения в 2015 году по сравнению с 2011 годом снизилось на 7,7 п.п., а в 2019 году – на 4,2 п.п. Также существенно снизились медианные значения численности пострадавших с утратой трудоспособности и со смертельным исходом – на 28% в 2015 году и на 39% в 2019 году к уровню 2011 года.

По показателям цели «Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех» лидерами рейтинга являются Самарская, Белгородская и Челябинская области, на последних местах рейтинга расположены Республики Калмыкия, Адыгея и Курганская область. Показатели цели «Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех» в рассматриваемые годы не имели статистически значимых корреляционных связей только с показателями цели «Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек». Следует отметить, что показатель «доля населения, живущего за национальной чертой бедности», вошел в качестве экзогенной переменной в большинство уравнений регрессии.

Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям. Одним из важных показателей создания стойкой инфраструктуры, содействия всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям территории является транспортная инфраструктура. К 2019 г. грузооборот автомобильного транспорта увеличился в 17 областях степной зоны. Максимальное увеличение приходится на Новосибирскую область (3271 млн т/км), в Самарской области сокращение грузооборота произошло на 1459 млн т/км. Пассажирооборот по видам транспорта общего пользования сократился в 13 из 18 рассматриваемых субъектов. Максимальное сокращение произошло в Воронежской области на 1 695 853,4 млрд пассажиро-километров, значительное увеличение отмечено в Самарской области на 2 379 518,7 млрд пассажиро-километров. Рассматривая плотность железнодорожных путей общего пользования, выявлено, что увеличение на 20 км/10 тыс. км^2 произошло в Краснодарском крае, а в Саратовской области сокращение составило 2 км/10 тыс. км^2. Повсеместно произошло увеличение плотности автомобильных дорог общего пользования, максимальный рост показала Белгородская область, в которой плотность дорог увеличилась на 484 км/1000 км^2, в Алтайском крае этот показатель самый низкий – 9 км/1000 км^2.

В 2019 году по сравнению с 2011 годом в 17 исследуемых субъектах произошло увеличение общей протяженности автомобильных дорог местного значения. Максимальное увеличение на 25,8 тыс. км фиксируется в Самарской области. На 180,8 км сократился рассматриваемый показатель в Алтайском крае. Практически во всех регионах степной зоны произошло сокращение доли автомобильных дорог местного значения, соответствующих нормативным требованиям. Значительное сокращение рассматриваемого показателя в Новосибирской области (на 36,7%), а в Саратовской

области он вырос на 11,4%. Положительный тренд прослеживается в Республике Калмыкия, Ростовской и Саратовской областях.

В целом, по показателям цели «Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям» лидерами в рассматриваемые годы были Краснодарский край, Ростовская область и Республика Башкортостан. Худшие значения показателей наблюдались в Омской и Курганской областях, а также Республике Калмыкия. Показатели цели «Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям» имеют статистически значимые корреляционные связи с показателями всех анализируемых блоков. В результате пошаговой процедуры регрессионного анализа выявлено, что для большинства показателей цели «Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям» экзогенными переменными являются уровни занятости и безработицы.

Сокращение неравенства внутри стран и между ними. Индекс концентрации доходов (коэффициент Джини) демонстрирует отклонение от равного распределения доходов населения (0 – абсолютное равенство, 1 – абсолютное неравенство). За исследуемые годы по данному показателю отмечается уменьшение степени расслоения общества. Положительная тенденция наблюдается в 14 рассматриваемых регионах. Только в Ростовской области, Алтайском крае, а также Республиках Калмыкия и Крым фиксируется рост.

Также один национальный показатель «индекс концентрации доходов (коэффициент Джини)», разрабатываемый по субъектам РФ, входит в цель «Сокращение неравенства внутри стран и между ними». Положительным моментом является снижение средних и медианных значений коэффициента Джини с 0,40 в 2011 году до 0,37 в 2019 году. Наибольшие значения показателя наблюдались в Самарской области, Краснодарском крае и Республике Башкортостан (от 0,41 до 0,44); наименьшие – в Волгоградской области, Республиках Крым и Калмыкия (от 0,31 до 0,36).

Коэффициент Джини в рассматриваемые годы имел положительную связь с показателем «грузооборот автомобильного транспорта» и обратную с показателем «доля населения, живущего за национальной чертой бедности, за год, предшествующий предыдущему». В 2011 и 2015 годах наблюдалась прямая связь также с показателем «валовой региональный продукт на душу населения». Доля вариации коэффициента Джини на 28-44% объяснялась вариацией доли населения, живущего за национальной чертой бедности.

Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов. Во всех исследуемых регионах, кроме Республики Адыгея, наблюдается рост доли автобусов, оборудованных для перевозки маломобильных групп населения. Максимальный рост отмечен в Ростовской и Самарской областях.

Рассматривая показатель «Выделенных средств на проведение работ по сохранению объектов культурного наследия», можно отметить, что в 2019 г. в сравнении с 2011 г. рост наблюдается в 8 регионах, максимальный – в Волгоградской области (на 1,7 млрд руб.). Значительное сокращение произошло в Самарской области на 378,4 млн руб., а в Республике Калмыкия в рассматриваемые годы денежные средства на проведение данных работ не выделялись. Если рассматривать изменение данного показателя с 2015 г. по 2019 г., то максимальное увеличение наблюдается не только в Волгоградской (1,4 млрд руб.), но и в Ростовской области (1,3 млрд руб.). Значительное сокращение происходит не только в Самарской области (938,4 млн руб.), но и в Республике Крым (749,4 млн руб.). Если рассматривать показатели выделяемых и осваиваемых средств на проведение работ по сохранению объектов культурного наследия в 2019 году, то в полном объеме освоение денежных средств осуществляется в Ростовской, Саратовской и Омской областях, Республиках Башкортостан и Адыгея, а также Алтайском

крае. В Волгоградской области в рассматриваемые годы неосвоенными остались 370,6 млн руб., а в Республике Крым – 165,0 млн руб.

Рассматривая долю площади зеленых насаждений в пределах городской черты, можно отметить, что в сравнении с 2011 годом увеличение произошло в 10 субъектах степной зоны, в Ставропольском крае увеличение произошло на 8,1%. Значительное сокращение данного показателя произошло в Республике Калмыкия (8,3%) и Новосибирской области (3,4%). Наименьшие значения показателей цели «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов» в рассматриваемые годы наблюдались в Республиках Адыгея и Калмыкия, наибольшие – в Ростовской, Самарской и Новосибирской областях.

Корреляционный и регрессионный анализ показал отсутствие статистически значимых связей показателей цели «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов» с показателями двух целей: «Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех», «Укрепление средств осуществления и активизация работы в рамках Глобального партнерства в интересах устойчивого развития». При этом наблюдается существенное изменение корреляционных связей по годам.

По итогам проведенной рейтинговой оценки регионов степной зоны России в разрезе 59 исследуемых показателей ЦУР по трем годам (2011, 2015 и 2019 гг.) рассчитан интегральный рейтинг устойчивости *(таблица 4.3).* Полученный рейтинг регионов степной зоны России дает сравнительную оценку их устойчивости развития, исходя из выбранной системы показателей и предложенной методики ранжирования. Лидерами по итоговому рейтингу являются Краснодарский край, Белгородская и Самарская области. На последних местах рейтинга с «худшими» показателями устойчивого развития расположены Республика Калмыкия, Алтайский край, а также Курганская область.

Таблица 4.3.

Рейтинги субъектов степной зоны России по показателям ЦУР

№ п/п	Субъекты РФ	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	ИРУ
1	Краснодарский край	2,5	1	8,5	1	6	1	17	13	4	1
2	Белгородская область	1	4	11	7	2	7	13	8,5	1	2
3	Самарская область	7	9	5	6	1	4	16	2	3	3
4	Воронежская область	5	3	7	5	8,5	5	14	5,5	8,5	4
5	Ростовская область	11	8	4	3	11	2	12	1	11	5
6	Республика Башкортостан	2,5	6	2,5	4	13	3	18	11	6	6
7	Ставропольский край	13	2	10	11	10	9,5	6,5	5,5	13	7
8	Челябинская область	4	16	12	8	3	6	8	14	7	8
9	Саратовская область	14	11	2,5	10	4	11	6,5	15	12	9
10	Волгоградская область	9	10	6	9	14	8	3	7	10	10
11	Новосибирская область	12	15	1	2	5	9,5	11	3	5	11
12	Омская область	8	14	15	12	8,5	16	15	4	8,5	12
13	Оренбургская область	10	12,5	14	15	7	12	9	16	2	13
14	Республика Крым	16,5	12,5	16,5	18	12	14,5	1	10	18	14
15	Республика Адыгея	6	5	16,5	14	18	14,5	10	18	16	15
16	Республика Калмыкия	18	7	18	13	16	18	2	17	16	16
17	Алтайский край	15	17	8,5	16	15	13	4	8,5	16	17
18	Курганская область	16,5	18	13	17	17	17	5	12	14	18

Рейтинговая оценка по каждой ЦУР согласована с интегральным рейтингом устойчивого развития субъектов степной зоны России. Интегральный рейтинг

устойчивости имеет статистически значимую связь со всеми рейтингами ЦУР. Тесные связи наблюдаются с рейтингами цели «Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах» (коэффициент корреляции 0,72), цели «Обеспечение доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех» (0,82) и цели «Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям» (0,9). Таким образом, на интегральный рейтинг устойчивости в большей степени влияют показатели развития инфраструктуры и энергетической сферы. Примечателен тот факт, что индекс концентрации доходов (коэффициент Джини) имеет обратно пропорциональную связь со всеми остальными показателями ЦУР, т.е. чем регион более развит экономически, тем сильнее отклонение фактического распределения доходов отдельных лиц от абсолютного равенства.

Методом k-средних по 177 стандартизованным показателям (59 показателей ЦУР за 2011, 2015, 2019 годы) 17 субъектов степной зоны России (Республика Крым в кластерном анализе не участвовала из-за отсутствия данных за 2011 год) после двух итераций разбиты на 3 кластера.

Субъекты степной зоны России, вошедшие в первый кластер, являлись лидерами по большинству показателей ЦУР, так средние значения показателя «внутренние затраты на исследования и разработки за счет всех источников» (y_{52}) в 16,7 раз, а показателя «грузооборот автомобильного транспорта» (y_{43}) в 5,8 раз выше, чем средние по субъектам второго кластера. Для 8 субъектов, образующих второй кластер, характерны наибольшие средние значения показателей целей «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов» и «Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек». В третий кластер вошли 4 субъекта степной зоны России. Для регионов данного кластера характерны минимальные значения большинства показателей целей устойчивого развития. Дифференциация регионов степной зоны России по показателям устойчивого развития отражена на картосхеме рейтинговой оценки, интегрального индекса устойчивости и кластеров регионов по показателям достижения ЦУР *(рисунок 4.5).*

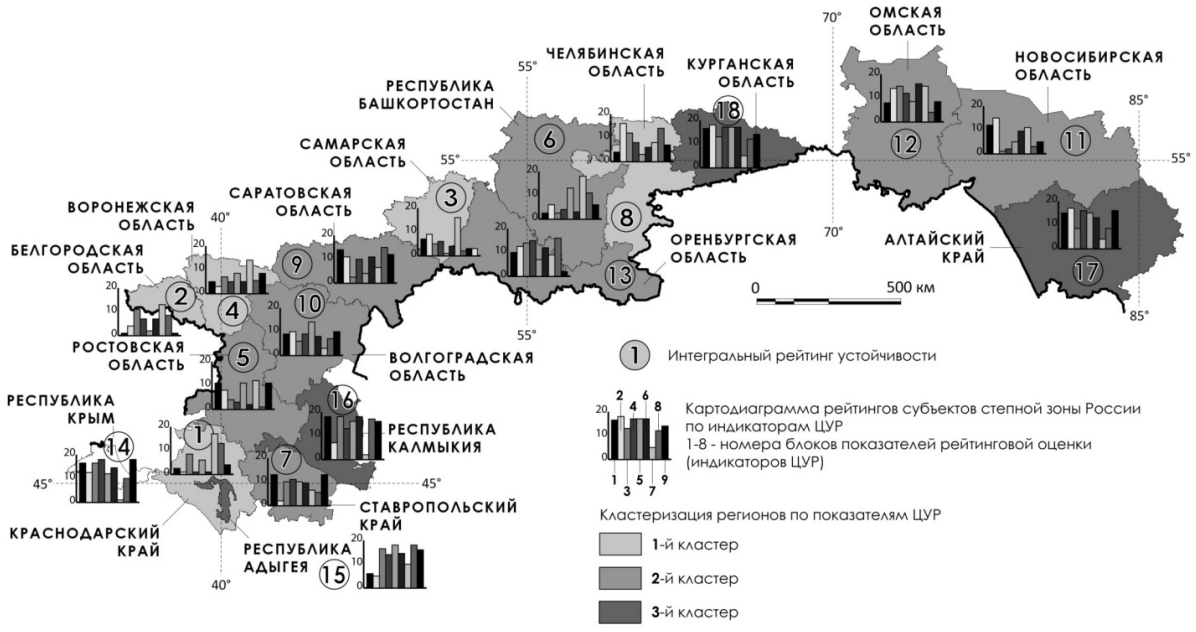


Рисунок 4.5. Картосхема показателей рейтинговой оценки, интегрального индекса устойчивости и кластеров регионов по индикаторам достижения ЦУР.

Картодиаграммы демонстрируют оценку рейтингов субъектов степной зоны России по показателям ЦУР. Причем минимальные значения рейтингов соответствуют максимальному уровню устойчивости региона по каждому из блоков и наоборот. Результаты кластерного анализа в целом согласуются с интегральным рейтингом устойчивости.

Проведенное исследование сконцентрировано на трех основных компонентах (экономическом, социальном и экологическом), по которым следует добиться достижения целей устойчивого развития степных регионов. Решение теоретико-методологических и методических вопросов должно быть направлено на разработку системы стратегического планирования территориального развития степных регионов Российской Федерации как единого географического и социально-экономического пространства. При этом одним из ключевых направлений исследований должно быть выявление закономерностей и перспективных трендов пространственного социально-экономического развития регионов степной зоны в условиях деглобализации и высокой неопределенности мировой экономической конъюнктуры в конце первой четверти XXI века.

4.1.4. Использование природно-ресурсного потенциала и межрегиональная асимметрия устойчивого развития субъектов степной зоны России

(Чибилёв А.А. (мл.), Лебедева Т.В.)

Геополитическая конфликтность и нестабильность у рубежей России обусловили в последние годы формирование новых глобальных вызовов и обострили стадии развития прежних в различных сферах. Сегодня одной из основных задач для страны является если не исключение, то по крайней мере сглаживание прямой зависимости от долгосрочных мировых трендов, которые сохраняют для нашей страны глобальные социально-экономические вызовы в виде затухания прироста населения и обострения экологических и климатических проблем, связанных в том числе с ресурсным обеспечением экономического роста.

Природно-климатические условия и природно-ресурсный потенциал (ПРП) являются одними из важнейших факторов, обусловливающих устойчивость развития регионов степной зоны России. Они влияют на систему расселения и демографические характеристики, обеспеченность инфраструктурой, уровень развития и структуру экономики (Кузнецов, 2014).

Вместе с тем, природно-ресурсный потенциал и особенности его использования выступают детерминантами в межрегиональной асимметрии социально-экономического развития степных субъектов, во многом определяя пространственную концентрацию населения и экономическое расстояние (Зубаревич, 2010).

Исследователи отмечают, что наличие в нашей стране региональной дифференциации, обусловленной уровнем освоенности, специализацией и структурой хозяйства, неизбежно, однако социальная асимметрия, нарушающая принцип территориальной справедливости в границах одной страны, недопустима (Клюев, 2010).

В современных реалиях региональные диспропорции становятся проблемой национальной безопасности, выходя за рамки только социальных и экономических проблем, образуя сложные цепочки возникновения рисков, вызовов и угроз (Чибилёв (мл.) и др., 2021).

Для оценки влияния природно-ресурсного потенциала на формирование межрегиональной асимметрии устойчивого развития степных регионов России, к которым в настоящем исследовании относятся 18 субъектов России, были решены следующие задачи (Чибилёв (мл.), Лебедева, 2024):

– составлена база данных показателей, характеризующих состояние природно-ресурсного потенциала по регионам степной зоны;

– в разрезе 18 субъектов степной зоны выполнена оценка влияния природно-ресурсного потенциала на межрегиональную асимметрию устойчивого развития по трем годам: 2011, 2015 и 2019 гг. Для составления базы данных, включающей в себя 7 показателей, использованы официальные статистические данные;

– на основе авторской методики проведена рейтинговая оценка регионов степной зоны по группам показателей использования ПРП;

– построена картосхема результатов рейтинговой оценки регионов по группам показателей ПРП и результата кластерного анализа рейтингов показателей ПРП и целей устойчивого развития (ЦУР);

– проведена оценка взаимосвязи между рейтингами по использованию природно-ресурсного потенциала и показателями целей устойчивого развития на основании рассчитанных коэффициентов ранговой корреляции Спирмена.

Система показателей устойчивого развития, а также рейтинговая оценка регионов степной зоны по индикаторам целей устойчивого развития рассмотрены в предыдущем разделе (Лебедева и др., 2022).

Рейтинговая оценка по видам природных ресурсов, а также интегральный рейтинг по показателям, характеризующим ПРП, проведен по методике, предложенной и апробированной авторами в этой же работе.

На основе априорной статистической информации и имеющихся официальных статистических данных по субъектам РФ в настоящем исследовании была сформирована система показателей, характеризующих использование природно-ресурсного потенциала по следующим группам:

Минеральные ресурсы (F_1): x_1 – «Добыча полезных ископаемых» в соответствии с ОКВЭД2 (в фактически действовавших ценах; миллионов рублей).

Лесные ресурсы (F_2): x_2 – Общий запас древесины (по данным учета на конец года; миллионов кубических метров); x_3 – Производство лесоматериалов необработанных (тысяч плотных кубических метров).

Земельные ресурсы (F_3): x_4 – Сельскохозяйственные угодья (на конец года; тысяч га); x_5 – Посевные площади сельскохозяйственных культур (в хозяйствах всех категорий; тысяча гектаров).

Водные ресурсы (F_4): x_6 – Использование свежей воды (миллионов кубических метров); x_7 – Объем оборотной и последовательно используемой воды (миллионов кубических метров).

Совокупность регионов степной зоны России неоднородна по всем показателям, при этом наибольшая вариация наблюдается у показателей «Добыча полезных ископаемых» (x_1) и «Производство лесоматериалов необработанных» (x_3): коэффициент вариации в анализируемые годы колебался от 151% до 187%.

Лидерами по добыче полезных ископаемых среди субъектов степной зоны РФ являются Республика Башкортостан, Оренбургская и Самарская области, наименьшие значения показателей наблюдались в Республиках Адыгея и Калмыкия, а также в Курганской области *(таблица 4.4)*.

В анализируемые годы наблюдается рост показателя в целом по совокупности: медианное значение в 2019 году в 1,9 раза выше уровня 2011 года, а среднее значение возросло в 2,3 раза. Рост добычи нефти в 2019 году относительно уровня 2011 года в 4 раза был в Республике Адыгея, Новосибирской и Челябинской областях; у лидеров рейтинга показатель увеличился в 2,5 раза. Снижение добычи полезных ископаемых было только в Омской области и Республике Калмыкия.

Негативная тенденция сложилась в динамике показателей состояния лесных ресурсов в регионах степной зоны России. Медианные значения показателей x_2 и x_3 в целом по совокупности сократились в 2019 году по сравнению с 2011 годом на 7 и 11%

соответственно. При этом если сокращение общего запаса древесины в 2019 году по сравнению с 2011 годом наблюдалось только в 4 субъектах степной зоны, то производство лесоматериалов необработанных сократилось в 9 субъектах.

Таблица 4.4.

Рейтинговая оценка регионов степной зоны России по группе показателей «Минеральные ресурсы»

Регион	Ранг			Средний ранг	Рейтинг (F_1)
	2011 год	2015 год	2019 год		
Оренбургская область	1	1	1	1	1
Самарская область	2	2	2	2	2
Республика Башкортостан	3	3	3	3	3
Белгородская область	4	4	4	4	4
Челябинская область	6	5	5	5,3	5
Волгоградская область	5	6	8	6,3	6
Новосибирская область	7	9	6	7,3	7
Краснодарский край	8	8	7	7,7	8
Саратовская область	9	7	9	8,3	9
Ростовская область	10	10	10	10	10
Ставропольский край	11	11	11	11	11
Республика Крым	–	12	12	12	12
Алтайский край	12	13	14	13	13
Воронежская область	14	14	13	13,7	14
Омская область	13	15	17	15	15
Курганская область	15	16	16	15,7	16
Республика Адыгея	17	17	15	16,3	17
Республика Калмыкия	16	18	–	17	18

У лидеров рейтинга по использованию лесных ресурсов среди регионов степной зоны России – Алтайском крае, Новосибирской и Омской областях, прирост общего запаса древесины в 2019 году по сравнению с 2011 годом колебался от 1 до 10%; наибольшее снижение показателя наблюдалось в Республике Калмыкия (20%) и в Ростовской области (13%). Среди лидеров рейтинга прирост производства лесоматериалов необработанных наблюдался только в Новосибирской области – на 23% в 2019 году по сравнению с 2011 годом *(таблица 4.5).*

Таблица 4.5.

Рейтинговая оценка регионов степной зоны России по группе показателей «Лесные ресурсы»

Регион	Ранг			Средний ранг	Рейтинг (F_2)
	2011 год	2015 год	2019 год		
Алтайский край	2	2	2	2	1
Новосибирская область	4	2	2	3	3
Омская область	2	2	4	3	3
Республика Башкортостан	3	4	4	4	4
Курганская область	6	6	5	6	5
Челябинская область	6	6	6	6	6
Краснодарский край	7	7	7	7	7
Воронежская область	9	10	9	9	8
Республика Адыгея	11	10	8	10	10
Самарская область	9	10	10	10	10
Саратовская область	10	8	11	10	10

Белгородская область	14	13	12	13	13
Оренбургская область	13	13	13	13	13
Республика Крым	–	13	14	14	14
Волгоградская область	12	16	15	14	15
Ростовская область	15	15	16	15	16
Ставропольский край	16	17	17	17	17
Республика Калмыкия	17	18	18	18	18

Негативная тенденция наблюдается в динамике площадей сельскохозяйственных угодий – медианное значение показателя по совокупности сократилось на 4%. Рост показателя в 2019 году по сравнению с 2011 годом был только в Республике Калмыкия и Ставропольском крае – на 20,2 и 0,7 тыс. га соответственно. В остальных регионах снижение показателя колебалось от 0,3 до 13%. У лидера рейтинга по использованию земельных ресурсов – Алтайского края *(таблица 4.6),* наряду с сокращением площади сельскохозяйственных угодий на 4 тыс. га, сократились и посевные площади сельскохозяйственных культур на 340 тыс. га, или на 6% от уровня 2011 года. Также существенное сокращение посевных площадей на 7% наблюдалось в Республике Башкортостан и Новосибирской области.

Таблица 4.6.

Рейтинговая оценка регионов степной зоны России по группе показателей «Земельные ресурсы»

Регион	Ранг			Средний ранг	Рейтинг (F_3)
	2011 год	2015 год	2019 год		
Алтайский край	1	1	1	1	1
Оренбургская область	2	2	2	2	2
Ростовская область	3	3	3	3	3
Саратовская область	4	4	4	4	4
Волгоградская область	6	6	5	6	5
Республика Башкортостан	6	6	7	6	6
Краснодарский край	7	8	8	8	7,5
Ставропольский край	8	8	7	8	7,5
Челябинская область	9	10	10	10	9
Воронежская область	10	10	10	10	10
Республика Калмыкия	11	12	11	11	11
Омская область	12	12	13	12	12
Новосибирская область	14	14	13	14	13
Самарская область	15	14	13	14	14
Курганская область	14	15	15	15	15
Белгородская область	16	16	16	16	16
Республика Крым	–	17	17	17	17
Республика Адыгея	17	18	18	18	18

На 8-14% сократились и медианные значения показателей использования водных ресурсов в регионах степной зоны России в 2019 году относительно уровней 2011 года. В Оренбургской области использование свежей воды сократилось на 53%, или на 1016 млн м^3, в Ставропольском крае – на 19%, или 650 млн м^3. Наибольший прирост показателя, 62%, наблюдался в Республике Адыгея *(таблица 4.7).*

В восьми субъектах наблюдался рост объема оборотной и последовательно используемой воды: наибольший – в Ростовской области, на 70%, или 2711 млн м^3 и в Воронежской области – на 58%, или 1624 млн м^3. Самое значительное сокращение

объема оборотной и последовательно используемой воды в 2019 году по сравнению с 2011 годом – на 44% – было в Омской области.

Интегральный рейтинг использования природно-ресурсного потенциала регионов степной зоны России рассчитан на основе результатов рейтинговой оценки по 7 исследуемым показателям за три года (2011, 2015 и 2019 гг.). Интегральный рейтинг позволяет сравнить регионы по сформированной системе показателей на основе предложенного метода рейтинговой оценки. «Лучшие» показатели использования природно-ресурсного потенциала у лидеров рейтинга: Республики Башкортостан, Оренбургской области и Челябинской области. Республики Калмыкия, Адыгея и Крым находятся на последних местах рейтинга с «худшими» значениями показателей.

Таблица 4.7.

Рейтинговая оценка регионов степной зоны России по группе показателей «Водные ресурсы»

Регион	Ранг			Средний ранг	Рейтинг (F_4)
	2011 год	2015 год	2019 год		
Ростовская область	1	1	1	1	1
Республика Башкортостан	3	2	4	3	3
Челябинская область	3	4	2	3	3
Краснодарский край	3	4	4	4	4
Оренбургская область	7	6	5	6	5
Самарская область	5	6	8	6	7
Саратовская область	7	6	6	6	7
Ставропольский край	8	8	8	8	8
Воронежская область	10	10	9	10	9
Волгоградская область	10	10	10	10	10
Новосибирская область	11	12	11	11	11
Белгородская область	12	12	12	12	12
Алтайский край	14	13	13	13	13
Омская область	14	14	15	14	14
Республика Калмыкия	15	15	15	15	15
Республика Крым	–	16	17	17	16
Республика Адыгея	17	18	17	17	18
Курганская область	17	17	18	17	18

Для оценки взаимосвязи между рейтингами по использованию природно-ресурсного потенциала (F1-4) и показателями целей устойчивого развития по регионам степной зоны России (R1-9) рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции Спирмена *(таблица 4.8).* Статистически значимые коэффициенты на 10%-ном уровне значимости выделены полужирным курсивом.

Рейтинги использования природно-ресурсного потенциала взаимосвязаны: по группе показателей «Водные ресурсы» (F4) выявлена прямая связь с рейтингами групп показателей «Минеральные ресурсы» (F1) и «Земельные ресурсы» (F3).

Как видно по данным *таблицы 4.8,* не выявлена взаимосвязь между рейтингами использования природно-ресурсного потенциала и только одним из рейтингов ЦУР блока «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов» (R8).

Тесную прямую связь с рейтингом использования минеральных ресурсов имеют рейтинги шести блоков ЦУР; более половины рейтингов блоков ЦУР – с рейтингом использования водных ресурсов.

Обратная связь с рейтингом использования лесных ресурсов выявлена у рейтингов двух блоков ЦУР: «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для

всех в любом возрасте» (R2). Данный вывод подтверждает и наличие прямой статистически значимой связи между интегральным индексом ЦУР и рейтингами групп «Минеральные ресурсы» и «Водные ресурсы» *(таблица 4.8).*

Таблица 4.8.

Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена

	F1	F2	F3	F4	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
F1	1,0												
F2	0,0	1,0											
F3	0,3	–0,0	1,0										
F4	**0,7**	–0,0	**0,6**	1,0									
R1	**0,5**	0,2	–0,1	**0,4**	1,0								
R2	–0,1	**–0,5**	–0,2	0,2	**0,4**	1,0							
R3	**0,5**	0,2	**0,4**	**0,6**	0,2	–0,0	1,0						
R4	**0,4**	0,1	0,1	**0,7**	**0,6**	0,4	**0,7**	1,0					
R5	**0,6**	0,1	–0,0	**0,5**	**0,5**	0,1	0,4	**0,5**	1,0				
R6	**0,6**	0,0	0,3	**0,8**	**0,7**	**0,4**	**0,7**	**0,9**	**0,5**	1,0			
R7	–0,4	–0,4	0,0	**–0,5**	**–0,8**	–0,4	–0,4	**–0,7**	**–0,5**	**–0,6**	1,0		
R8	0,2	0,1	0,0	0,2	0,1	–0,0	**0,5**	**0,4**	0,3	0,4	–0,3	1,0	
R9	**0,8**	0,2	0,1	**0,6**	**0,7**	0,1	0,4	**0,6**	**0,7**	**0,6**	**–0,7**	0,2	1,0
ИЦУР	**0,5**	–0,2	0,1	**0,7**	**0,7**	**0,6**	**0,5**	**0,8**	**0,7**	**0,9**	**–0,7**	**0,4**	**0,6**
ИПРП	**0,7**	0,3	**0,7**	**0,9**	0,3	–0,2	**0,6**	**0,5**	**0,4**	**0,6**	–0,4	0,0	**0,5**

Методом k-средних, исходя из условия выбора в качестве начального центра кластера «Сортировать расстояния и выбрать наблюдения на постоянных интервалах», совокупность регионов степной зоны России по рейтингам использования природно-ресурсного потенциала и показателей целей устойчивого развития разбита на 3 кластера.

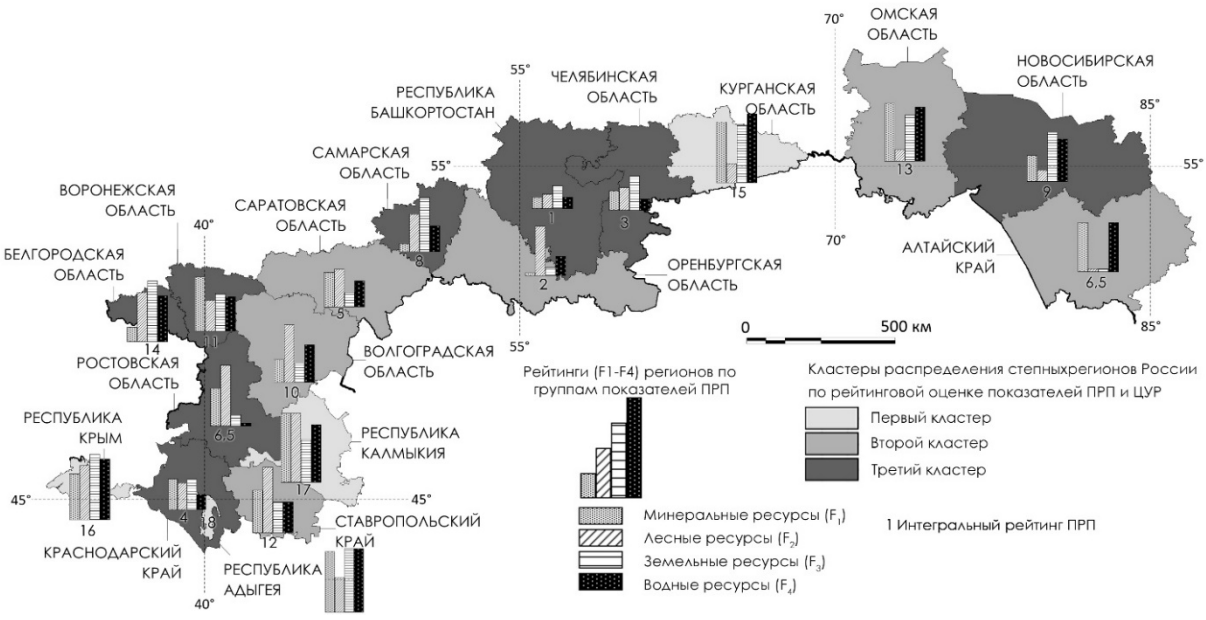


Рисунок 4.6. Картосхема рейтинговой оценки регионов по группам показателей ПРП и результата кластерного анализа рейтингов показателей ПРП и ЦУР.

В результате анализа выявлены и сгруппированы регионы по рейтинговой оценке показателей ПРП и ЦУР. На картосхеме *(рисунок 4.6)* видно, что из четырех регионов 1-го кластера три субъекта приурочены к западной части исследуемой территории, а регионы 2-

го кластера – к центральной части, входящие в 3-й кластер регионы отмечены в северо-западной и центральной частях.

В первый кластер вошли 4 субъекта, находящиеся на последних местах рейтинга по всем анализируемым показателям, за исключением рейтинга по индексу концентрации доходов. Третий кластер образовали субъекты – лидеры рейтингов по анализируемым показателям, за исключением блока использования земельных ресурсов и сокращения неравенства внутри стран и между ними. Регионы, вошедшие во 2 кластер, занимают места преимущественно в середине рейтингов.

Проведенный анализ взаимосвязей рейтинговой оценки позволяет сделать вывод, что наибольшее влияние на устойчивость социально-экономического развития регионов степной зоны России оказывает использование минеральных и водных ресурсов.

4.2. ОЦЕНКА ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

4.2.1. Анализ демографической устойчивости регионов степной зоны России с учетом современных вызовов и изменений социально-экономической системы

(Руднева О.С., Соколов А.А.)

С 1990-х годов в большинстве регионов России численность населения стремительно сокращалась (Рыбаковский, 2023). Но разносторонняя ситуация сложилась в регионах, расположенных в степной зоне. Максимальное число жителей в этих регионах наблюдалось в 1998 году – 44,5 млн человек (30,1% от всего населения страны), минимальное – в 2022 году 42,4 млн человек (28,9% от всего населения страны). На уровне регионов динамика численности населения шла в разных направлениях. В 12 регионах степной зоны максимальное число жителей проживало в период 1991-1999 гг. и далее продолжало снижаться. В 6 регионах численность населения увеличивалась, достигнув максимальных значений в период 2017-2022 гг., в Республике Адыгея и Краснодарском крае увеличение численности продолжается и в настоящее время. В целом максимальная населенность степной зоны отмечена в 1998 году – 44,5 млн человек (30,1% общероссийского показателя).

В регионах степной зоны сложилась контрастная демографическая обстановка. В 9 из 17 степных регионов на всем протяжении рассматриваемого периода естественная убыль так и не сменилась приростом. Наиболее негативная ситуация складывается в Воронежской, Саратовской и Курганской областях – в 2022 году естественная убыль достигла 7,8 промилле. В Республике Калмыкия прирост населения продолжался до 2020 года, и в 2022 году показатель убыли составлял 1,3 промилле. В остальных регионах положительная разница между уровнем рождаемости и смертности зафиксирована в период с 2012 по 2016 гг. Но если в Республике Калмыкия она достигала 4,8 промилле, то в этих регионах колебалась в пределах 1 промилле. Для регионов степной зоны характерно продолжительное снижение уровня смертности, после наибольших значений в период 2002-2005 гг. наметилась положительная тенденция, но процесс был нарушен пандемией, и во всех регионах степной зоны к 2021 году был зарегистрирован максимальный показатель смертности за период 1991-2022 гг. В Воронежской, Саратовской и Курганской областях он превысил 20,3 промилле.

Активному росту уровня рождаемости способствовала активная пронаталистическая политика государства и, в частности, введение материнского (семейного) капитала в 2007 году. И с этого года в регионах наблюдается последовательный рост числа рождений, особенно 2-х и последующих детей. С 2017 года этот процесс стал ослабевать, рождаемость начала снижаться. Наименьших значений в 2022 году показатели рождаемости достигли в Белгородской и Курганской областях – 7 промилле, лидерами стали Республика Адыгея, Краснодарский край и Новосибирская область – более 9,4 промилле.

Оценка демографической устойчивости в степных регионах проведена на основе исследования основных показателей, характеризующих состояние населения, которые были объединены в группы:

– рождаемость – суммарный коэффициент рождаемости, общий коэффициент рождаемости;

– структура населения по возрасту – доля лиц старше и младше трудоспособного возраста;

– механическое движение населения – коэффициент миграционного прироста (оттока);

– качество жизни – ожидаемая продолжительность жизни обоих полов, разница в ожидаемой продолжительности жизни между мужчинами и женщинами, общий коэффициент смертности, коэффициент младенческой смертности, уровень смертности от внешних причин.

На базе выделенных данных сформирован комплексный индекс. Расчет индекса проводился по балльной системе (Фаузер и др., 2018). Наилучшему показателю было присвоено максимальные 100 баллов, наихудшему – 1 балл. Далее через линейное масштабирование распределялись баллы по каждому показателю за рассматриваемый 20-летний период – 2003-2022 гг. После чего для каждой группы показателей определяется балл через среднее арифметическое значение составляющих показателей. Итоговый индекс демографической устойчивости формируется как средний показатель за каждый 5-летний период. Продолжительный период исследования является необходимым условием для проведения демографических исследований. Это связано с тем, что демографические процессы, такие как рождаемость, смертность и миграция, происходят не мгновенно, а в течение длительного периода времени. Только при анализе данных за длительный период можно получить достоверные и объективные результаты и оценить тенденции в развитии демографической ситуации. Также продолжительный период исследования даст возможность изучить большее количество факторов, оказывающих влияние на демографические процессы. Например, экономические, социальные и политические изменения, эпидемии и другие события могут оказывать значительное влияние на демографическую ситуацию в течение длительного периода времени. Таким образом, рассматриваемый 20-летний период позволяет получить полную и объективную картину о демографической устойчивости и ее динамике, что способствует разработке эффективных стратегий и мер для улучшения демографической ситуации и обеспечения устойчивого развития общества.

Оценка демографической устойчивости за 20-летний период выявила региональную динамику состояния народонаселения *(таблица 4.9).* Если в 2003-2007 гг. низкий уровень демографической устойчивости был характерен для 9 регионов степной зоны, то к 2017 году таких регионов уже не осталось. Они перешли в категорию со средним уровнем демографической устойчивости, а Челябинская и Новосибирская области – в категорию высокой демографической устойчивости. Но далее ситуация в степной зоне ухудшилась – к 2022 году 5 регионов не изменили уровень демографической устойчивости; в 4 регионах уровень демографической устойчивости достиг наименьших значений. Основная причина этого – резкое увеличение уровня смертности и снижение продолжительности жизни на фоне пандемии, также с 2017 года начался процесс снижения уровня рождаемости. Анализируя динамику индекса демографической устойчивости, выявлено, что к 2022 году произошло снижение показателя по всем регионам. Наибольшей устойчивостью обладают Республика Адыгея и Краснодарский край – 50 баллов. В Белгородской области индекс устойчивости наименьший, что является самым низким показателем не только для области за период 2003-2022 гг., но и для всей степной зоны за период 2018-2022 гг.

Показатель миграции является «быстрым» индикатором социально-экономического состояния территории. За период 2003-2021 гг. в Белгородской, Самарской областях и Ставропольском крае наблюдался только миграционный прирост, но в 2022 году впервые зафиксирована миграционная убыль, показатель Белгородской области самый низкий в степной зоне (–72,9 человек на 10 тыс. человек). В настоящее время необходимо дальнейшее изучение этого процесса, является ли это кратковременной реакцией населения на сложившуюся в регионе ситуацию или процесс усиленного оттока населения из Белгородской области будет носить продолжительный характер. Но уже сейчас понятно, что это значительно ослабляет демографическую устойчивость региона.

Таблица 4.9.

Группировка регионов степной зоны по уровню демографической устойчивости

Уровень демографической устойчивости	2003-2007 гг.	2008-2012 гг.	2013-2017 гг.	2018-2022 гг.
Высокий (51-62)	Республика Калмыкия	Республика Калмыкия Республика Башкортостан Республика Адыгея Краснодарский край Ставропольский край	Краснодарский край Республика Адыгея Республика Башкортостан Новосибирская область Республика Калмыкия Ставропольский край Омская область Челябинская область Оренбургская область	Республика Адыгея Краснодарский край Республика Калмыкия Ставропольский край Республика Башкортостан
Средний (38-50)	Республика Башкортостан Ставропольский край Краснодарский край Республика Адыгея Белгородская область Оренбургская область Омская область	Новосибирская область Омская область Оренбургская область Челябинская область Белгородская область Алтайский край Ростовская область Самарская область Волгоградская область Саратовская область Курганская область	Белгородская область Ростовская область Самарская область Алтайский край Саратовская область Волгоградская область Курганская область Воронежская область	Новосибирская область Челябинская область Оренбургская область Омская область Ростовская область Самарская область Белгородская область Волгоградская область
Низкий (26-37)	Челябинская область Новосибирская область Алтайский край Самарская область Волгоградская область Ростовская область Саратовская область Курганская область Воронежская область	Воронежская область	–	Алтайский край Воронежская область Курганская область Саратовская область

Также о социально-экономическом состоянии регионов сигнализирует уровень смертности от внешних причин. Тенденция снижения показателя смертности от внешних причин характерна для всех регионов степной зоны в рассматриваемый период до 2020 года, также снижение произошло и по среднероссийскому показателю. В 2022 году наблюдается увеличение этого показателя и по регионам степной зоны, и по стране. Наиболее значительное изменение произошло в Белгородской (24%), Ростовской (52,7%) областях, Республике Калмыкия (21%) и Алтайском крае (23%) относительно предыдущего года.

Устойчивость демографических процессов является важным фактором для развития степных регионов. Однако, ситуация в последние годы становится все более напряженной, так как рождаемость в этих регионах снижается, а смертность, наоборот, имеет тенденцию к росту. Это может привести к серьезным последствиям для устойчивости демографических процессов, особенно в приграничных регионах степной зоны. Низкая рождаемость может привести к сокращению рабочей силы и ухудшению экономического развития. В то же время рост смертности способствует уменьшению продолжительности жизни и увеличению доли пожилого населения, что также может оказать негативное влияние на экономику и социальную сферу регионов. Для обеспечения устойчивости демографических процессов в приграничных регионах необходимо принимать меры по стимулированию рождаемости и снижению смертности. Это может включать в себя различные программы поддержки семей с детьми, улучшение доступа к медицинским услугам и повышение качества жизни. Кроме того, важно также развивать экономику и инфраструктуру регионов, чтобы создать благоприятные условия для привлечения мигрантов, особенно в трудоспособном возрасте, и предотвращения их оттока в более развитые регионы.

4.2.2. Демографический потенциал регионов степной зоны как основа пространственного развития в условиях современных вызовов *(Руднева О.С.)*

Переход к устойчивому развитию территорий является наиболее важным процессом развития России. Под устойчивостью региональной социо-эколого-экономической системы понимается состояние ее динамического равновесия, когда под воздействием внешних факторов она может выйти из присущего для нее комфортного состояния и перейти в качественно иное состояние (Рожкова, 2011). Принципы устойчивого развития являются способом формирования экономического роста при сохранении природной среды и ресурсов для последующих поколений.

Наиболее важное значение для формирования концепций и поддержания устойчивого пространственного развития территорий имеет состояние народонаселения – количественное и качественное. Определение основных направлений демографических процессов имеет важное стратегическое значение для последующего функционирования региона как единой социально-экономической и природной системы. Зачастую достижение на территории устойчивого развития определяют как сохранение окружающей среды, не уделяя в достаточной мере внимание и другим важнейшим факторам – социальным, демографическим, экономическим и др. В совокупности и экологическая безопасность, и экономическое развитие являются проблемой социальной, оба этих направления в конечном итоге ведут к социальной стабилизации (Коковин, 2017).

Концепция устойчивого развития социально ориентирована. Она направлена на сохранение сбалансированности социума при высоком уровне благосостояния и экологической безопасности в каждом регионе страны.

Население является ресурсом социально-экономической системы территории, представленным в виде человеческого капитала; его сохранение и последующее

усиление качества являются основным направлением политики устойчивого развития как страны в целом, так и каждого региона.

Территорией исследования выбраны регионы России, расположенные в природной зоне степей. Здесь расположены 17 регионов, которые занимают около 30% территории страны, где проживает 29,1% населения России (42,7 млн чел.).

Регионы степной зоны не только обладают возможностями для размещения широкого круга производств, но и расположены в непосредственной близости от государственной границы или являются приграничными. Эти аспекты определяют повышенную необходимость в изучении этих территорий, особенно с учетом современных вызовов сокращения населения в одних государствах и его роста в других, продолжительной отрицательной естественной убылью и проблемами перераспределения миграционных потоков.

Развитие территории неустойчиво, если в ее пределах продолжительное время происходит систематическая депопуляция. Изменение численности населения оказывает значительное влияние на дестабилизацию устойчивого развития территорий.

Демографический фактор является значимым для развития территории в направлении устойчивого развития. Анализ демографической ситуации является одним из первостепенных при анализе сложившейся ситуации в регионе и последующей выработке сценария перехода и преобразованию социально-экономической ситуации. Показатели воспроизводства населения объективны, постоянно верифицируются органами государственной статистики, и их изменения оказывают влияние на все уровни взаимоотношений в обществе.

Во всех регионах степной зоны прослеживается снижение коэффициента рождаемости. С 2014 года самый высокий темп снижения за 10-летний период наблюдался в Алтайском крае. В Воронежской области и Краснодарском крае темпы снижения рождаемости наименьшие. Маркером успешности ответа на вызов депопуляции является прежде всего снижение смертности, то есть сбережение уже родившихся, поддержка существующего населения и предотвращение преждевременных смертей. Коэффициент смертности снижается во всех регионах на протяжении последних 20 лет. В Воронежской области и Республике Адыгея снижение составило более 1,7% *(таблица 4.10).*

Таблица 4.10.

Темпы роста/падения коэффициентов рождаемости и смертности в 2019 г. и среднее за периоды 2000-2019 гг., 2009-2019 гг., %

Регионы степной зоны	Коэффициент рождаемости			Коэффициент смертности		
	2019	2000-2019	2009-2019	2019	2000-2019	2009-2019
Российская Федерация	–7,34	0,91	–1,45	–0,81	–1,11	–1,47
Белгородская область	–7,61	0,46	–2,21	–1,48	–0,79	–0,90
Воронежская область	–8,70	0,65	–0,97	–4,08	–1,21	–1,75
Республика Адыгея	–8,08	0,17	–2,96	0,00	–1,01	–1,77
Республика Калмыкия	–7,21	–0,34	–3,25	–3,09	–0,82	–0,69
Краснодарский край	–6,09	1,13	–0,87	3,36	–1,07	–1,21
Волгоградская область	–10,64	0,26	–2,47	–1,50	–0,75	–0,83
Ростовская область	–7,22	0,75	–1,43	–1,48	–0,68	–1,01
Ставропольский край	–9,09	0,69	–1,44	–1,74	–0,93	–1,32
Республика Башкортостан	–11,21	0,28	–2,22	–2,42	–0,35	–1,10
Оренбургская область	–9,09	0,36	–2,26	–2,26	–0,51	–1,33
Самарская область	–10,58	1,04	–1,59	–2,22	–1,11	–1,12
Саратовская область	–8,79	0,29	–2,15	–1,44	–0,90	–1,02
Курганская область	–10,68	–0,04	–2,73	–1,30	–0,32	–0,83

Челябинская область	–8,33	0,74	–2,23	–0,76	–0,85	–1,27
Алтайский край	–9,00	0,08	–2,79	–2,10	–0,06	–0,79
Новосибирская область	–8,55	1,38	–1,28	–1,55	–0,55	–1,19
Омская область	–10,09	0,94	–2,04	–1,56	–0,32	–1,25

Процессы экономического и социально-демографического развития протекают неравномерно, с разной интенсивностью, что находит отражение и в показателях воспроизводства населения. Коэффициент депопуляции варьирует от 0,91 (Республика Калмыкия) до 1,68 (Воронежская область) при среднероссийском показателе 1,22. В 12 регионах из 17 рассматриваемых этот показатель выше российского уровня *(рисунок 4.7)*.



Рисунок 4.7. Индекс депопуляции в регионах степной зоны.

Помимо естественного движения состояние системы народонаселения регионов характеризует и миграция. Зона расселения в России ввиду большой протяженности территории имеет широтное простирание вдоль границы, где и расположена степная зона. Миграционные процессы связаны с экономической привлекательностью и географическим положением в равной мере. Активная миграция наблюдается в южные регионы (Краснодарский край, Республика Адыгея и Ростовская область), «центр» Сибири (Новосибирская область), территории, близкие к столице (Воронежская область), и обладающие высоко продуктивной экономикой (Белгородская область) *(рисунок 4.8)*.

Демографические показатели отражают не только количественную динамику численности населения, но и качество жизни. В частности, ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ) при рождении характеризует состояние здоровья и уровень смертности, косвенно интегрирует в себе неравенство доходов, которое ведет к неравенству продолжительности жизни. Это определяет демографический показатель ОПЖ важным для объективного анализа социально-экономического состояния региона.

По уровню ОПЖ Россия занимает 109 место в мире (72,9 года), находясь в рейтинге на уровне развивающихся стран. Одна из причин такого низкого показателя – значительная разница между ОПЖ мужчин и ОПЖ женщин. Превышение составляет около 10 лет. Диспропорция отражает повышенную социальную уязвимость и витальность мужчин – склонность к нездоровому образу жизни, вредным привычкам. Особенно существенна разница в смертности от самоубийств, травм от дорожно-транспортных происшествий, тяжких преступлений (т.н. внешних причин). Эта разница косвенно отражает «благополучность» региона. В то же время наблюдается процесс роста ОПЖ как по стране, так и в степных регионах. Ежегодные темпы прироста варьируют от 100,4% (Белгородская область) до 100,7% (Самарская область). Это позволяет сформировать положительный прогноз дальнейшего улучшения демографической ситуации в регионах степной зоны. Между регионами разница в уровне ОПЖ составляет 3,6 года – от 74,3 в Краснодарском крае до 70,7 в Курганской области, что показывает значительную асимметрию в социально-демографическом положении территорий. По оценке разницы ОПЖ между мужчинами и женщинами выявлено, что наибольшая диспропорция сложилась в Курганской области (11,8 лет), наименьшая – в Ростовской области и Ставропольском крае (8,8 лет).

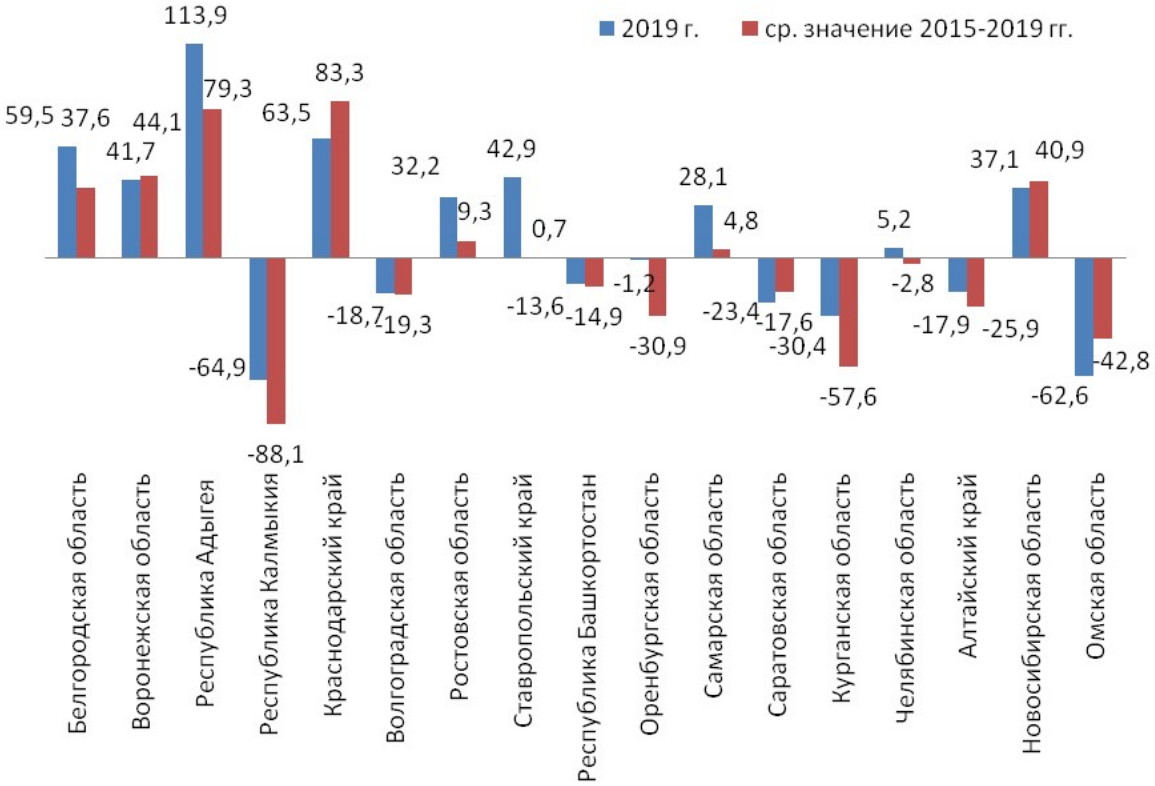


Рисунок 4.8. Коэффициент миграционного прироста, чел. на 10 тыс. населения.

Устойчивое развитие социально-экономических систем регионов возможно и при существующем уровне рождаемости. Главными факторами высокой смертности является не старение населения, а высокий уровень неинфекционных заболеваний

(в том числе чрезмерное употребление алкоголя, нездоровое питание, запущенность хронических заболеваний и пр.). Смертность от указанных причин является предотвратимой и, как правило, преждевременной. Ее сокращение может существенно ослабить темпы депопуляции *(рисунок 4.9)*.

Основная опасность депопуляции, помимо поляризованности системы расселения, – снижение общего числа экономически активного населения, приводящее к снижению объема трудовых ресурсов. Во всех регионах степной зоны прослеживается тенденция снижения численности населения в трудоспособном возрасте – темпы ежегодного снижения в период 2015-2019 гг. составили 98,7%. В региональном разрезе наиболее высокая доля населения в Ставропольском крае (57,2%), в Курганской области – наименьшая (51,8%). Также в Курганской области и Республике Калмыкия наиболее высокие темпы падения этого показателя, что отражает напряженную демографическую ситуацию и дестабилизацию социально-экономической системы *(рисунок 4.10)*.

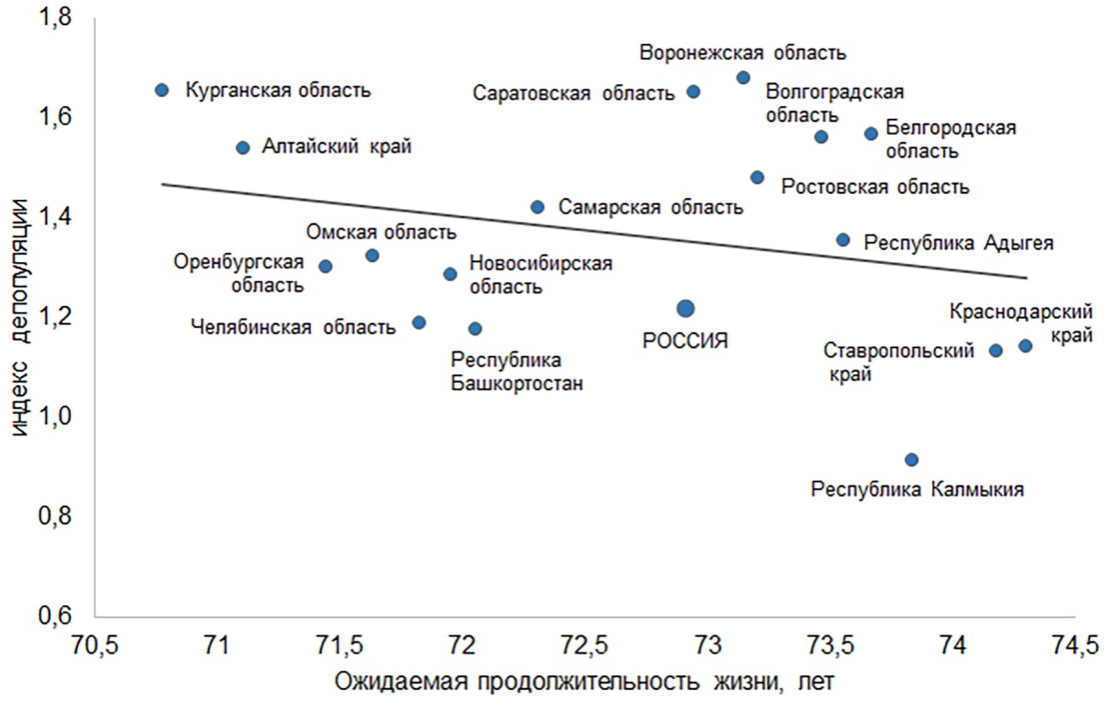


Рисунок 4.9. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении и уровень смертности (на 100 000 населения) от основных неинфекционных заболеваний для населения регионов степной зоны России в 2018 г.

Помимо общероссийских тенденций, каждый регион степной зоны обладает своей спецификой демографических процессов в контексте устойчивого развития. Для оценки глубины этой асимметрии проведено ранжирование регионов степной зоны по индексам показателей рождаемости, смертности, суммарного коэффициента рождаемости и ожидаемой продолжительности жизни относительно среднероссийского уровня *(таблица 4.11)*.

Наилучшая демографическая ситуация сложилась в Краснодарском и Ставропольском краях – регионах с благоприятными агроклиматическими условиями, развитой густой сетью сельских населенных пунктов и высокой занятостью в них. В Республике Калмыкия, в силу национальных особенностей, достаточно низка смертность от внешних причин и т.н. «социальных» заболеваний, выше рождаемость и доля многодетных в семьях. Самая неблагоприятная ситуация сложилась в Саратовской и Воронежской областях.

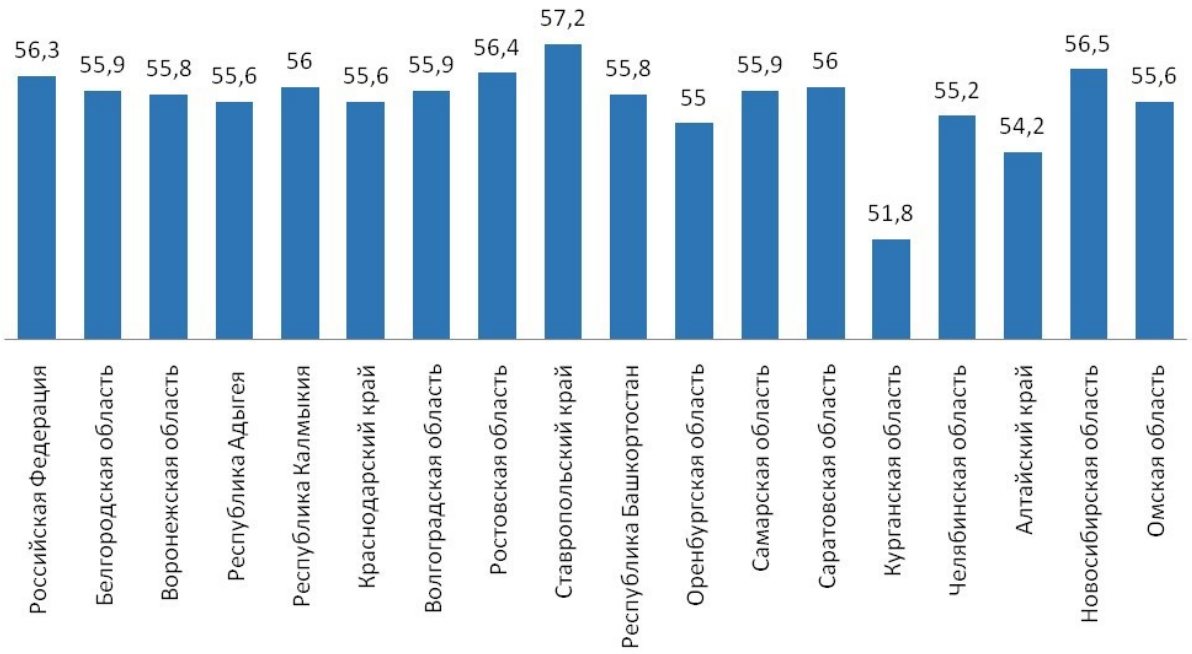


Рисунок 4.10. Доля населения трудоспособного возраста в 2019 г.

Основная демографическая угроза современного пространственного развития – снижение численности трудовых ресурсов, возрастание нагрузки на систему социальной инфраструктуры (Блинова, 2018). Вследствие этого возрастает потребность в сохранении имеющегося населения и увеличении качества жизни, что формирует новую стратегию территориального развития. Помимо повышения качества жизни населения внутри регионов, необходимо усиление миграционной привлекательности для трудовой миграции для компенсации дефицита на местах.

Таблица 4.11.

Уровень асимметрии регионов по показателям воспроизводства населения

Ранг	Регионы степной зоны	Индекс относительно среднероссийского показателя			
		рождаемость	смертность	суммарный коэффициент рождаемости	ожидаемая продолжительность жизни
1	Краснодарский край	1,07	1,00	1,08	1,02
2	Республика Калмыкия	1,02	0,76	1,02	1,01
3	Ставропольский край	0,99	0,92	0,95	1,02
4	Республика Башкортостан	1,02	0,98	1,01	0,99
5	Новосибирская область	1,06	1,03	1,04	0,99
6	Оренбургская область	0,99	1,06	1,06	0,98
7	Республика Адыгея	0,90	1,00	0,92	1,01
8	Омская область	0,97	1,02	0,99	0,99

9	Челябинская область	0,98	1,07	0,99	0,98
10	Самарская область	0,92	1,07	0,94	0,99
11	Белгородская область	0,84	1,08	0,86	1,01
11	Волгоградская область	0,83	1,07	0,86	1,01
13	Ростовская область	0,89	1,08	0,90	1,00
13	Курганская область	0,91	1,24	1,09	0,97
15	Алтайский край	0,90	1,14	0,97	0,98
16	Воронежская область	0,83	1,15	0,85	1,00
17	Саратовская область	0,82	1,11	0,85	1,00

Для определения потребности в трудовых ресурсах используется показатель уровня занятости как определение фактической емкости рынка. Величина уровня занятости на региональном уровне определяет потребность экономики в рабочих местах при существующей демографической ситуации и возрастной структуре. Чем выше этот показатель, тем больше людей трудоспособного возраста вовлечены в экономику. Наиболее приемлемый показатель уровня занятости – около 70%. Снижение свидетельствует о рецессии и последующем падении уровня доходов. В динамике по степной зоне в период 2015-2019 гг. уровень занятости изменяется не значительно. Челябинская и Белгородская области в наибольшей степени задействуют трудовые ресурсы в экономике – 68%, в Адыгее и Курганской области доля занятых наименьшая в рассматриваемом регионе – 54%. В Адыгее и Калмыкии самая высокая доля «отходничества» – работа вне своего региона (16,4% и 13% соответственно). Но в большинстве регионов этот показатель не превышает 2,5% от общего числа занятых, что отражает слабую межрегиональную трудовую миграцию *(рисунок 4.11)*.

В условиях современного глобализма и технического прогресса в экономике возникает потребность в высококвалифицированных ресурсах, при снижении массового вовлечения в экономику неквалифицированной рабочей силы. Россия и регионы отличаются высоким уровнем образования населения, но возникают проблемы в мобильности трудовых ресурсов и узкопрофильной специализации. Активно развивается непроизводственный сектор экономики, что усиливает конкуренцию на рынке труда, вынуждая население быть вовлеченным в процесс постоянного усиления ранее приобретенных навыков и квалификаций или смене сферы деятельности. С целью нивелирования последствий «старения» населения и оттока, приводящих к дефициту трудовых ресурсов, необходимо технологическое реформирование трудоемких отраслей экономики и увеличение доходов работников в регионе, активное инвестирование в образование, повышение квалификации или переобучение широких масс, создание благоприятного климата для развития местного частного предпринимательства (Русановский, 2015). Также увеличение квалификации трудовых ресурсов приводит к росту производительности труда и росту прибыльности отраслей.

При снижении обеспеченности трудовыми ресурсами вследствие сокращения численности населения в трудоспособном возрасте экономика прибегает к привлечению трудовых мигрантов. Но зачастую этот процесс осложняется низким уровнем доходов для рабочих и не достаточной квалификацией для работодателей (Соколов, 2014).

Вопросы снижения качества жизни трудовых ресурсов и, как следствие, населения страны в целом, и измерения бедности в условиях современной социально-экономической нестабильности приобретают особую значимость. Неравенство и диспропорция распределения доходов становятся ведущим фактором асимметричности развития регионов. Бедность усиливает демографические проблемы в связи с увеличением заболеваемости, смертности и оттока населения в другие регионы.

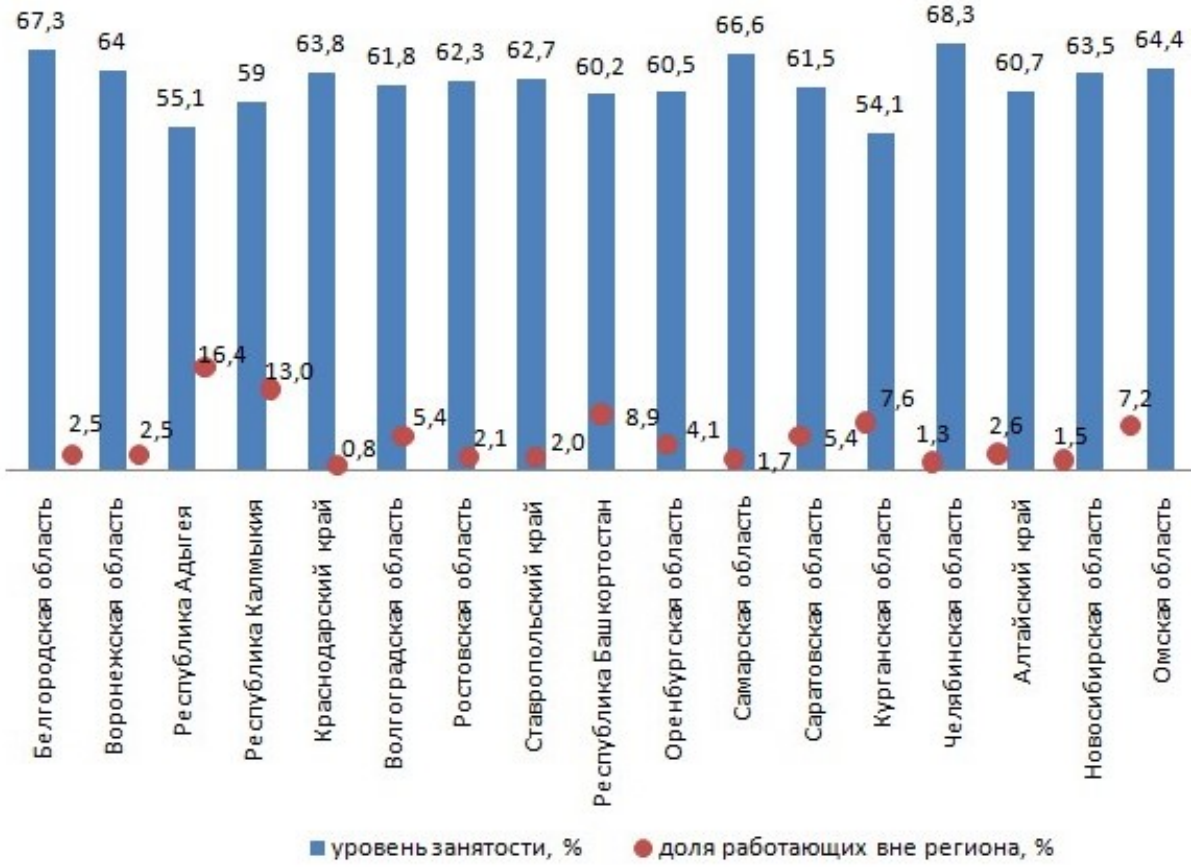


Рисунок 4.11. Уровень занятости и доля отходничества в регионах степной зоны.

Существует множество методик определения бедности. Одна из характеристик сравнительного уровня бедности – структура потребительских расходов. При современном уровне экономики, направленном на высокое потребление отдельными домохозяйствами, оценка доли доходов, оставшейся от удовлетворения физиологических нужд, является определяющей в способности населения стимулировать экономику. О бедности субъектов свидетельствует доля расходов на покупку продовольствия более 33%. Все регионы степной зоны превышают этот показатель как в 2019 году, так и в прошлые периоды. Наиболее сложная ситуация сложилась в Саратовской области (45,6%) и Новосибирской области (43,9%), меньше всего тратят на продукты жители Самарской области (32,5%).

Более детальная картина распределения бедности по регионам отражена в оценке покупательной способности населения на среднедушевой доход. Наименее обеспеченными являются жители Калмыкии, Курганской и Саратовской областей.

Депопуляция и низкий уровень доходов также вызывает сокращение объемов внутреннего потребления, что снижает инвестиционную привлекательность и темпы экономического роста территории. В совокупности вышеперечисленных факторов депопуляция населения при отсутствии высокотехнологичной экономики и развития

третичного сектора вызывает дестабилизацию, падение доходов и дальнейшее снижение заселенности этих территорий в виду увеличения миграции и смертности.

Наиболее благоприятная ситуация для формирования устойчивого развития относительно демографических процессов сложилась в западных регионах степной зоны. Активная вовлеченность населения в высокопродуктивное сельскохозяйственное производство позволяет поддерживать достаточно высокий уровень жизни населения (в т.ч. и сельского), тем самым снижая смертность, увеличивая продолжительность жизни. Регионы Зауралья – Курганская область и Алтайский край в силу своего недостаточно высокого экономического развития теряют население, как вследствие миграции, так и в результате сверх смертности от внешних причин и неинфекционных заболеваний (особенно мужчин), снижение доходов населения способствует ухудшению состояния здоровья, высокой смертности, усилению оттока трудовых ресурсов. Южные (Краснодарский и Ставропольский край, Ростовская область) и центральные (Белгородская и Воронежская области) регионы обладают высоким демографическим потенциалом, обеспечены благоприятными природными условиями, рабочими местами, относительно высоким уровнем доходов. Это позволяет выделить на этих территориях точки перспективного развития в условиях перехода к устойчивому природопользованию.

В современных условиях экономического развития и демографического перехода сбалансированному развитию территории способствует стабильный рост ожидаемой продолжительности жизни при снижении уровня смертности от неинфекционных заболеваний. При разработке концепции перехода к устойчивому развитию на региональном уровне необходимо применение комплексного эколого-экономического подхода, учитывающего специфику распределения населения и его хозяйственной деятельности.

4.2.3. Анализ репродуктивного поведения и прогноз рождаемости в степных регионах России *(Чибилёв А.А. (мл.), Туктамышева Л.М.)*

Первая четверть XXI века показала, что обеспечение устойчивого социально-экономического развития регионов Российской Федерации невозможно без адаптации мер демографической политики к изменяющимся условиям, когда эффект роста рождаемости от реализации конкретных мер со временем нивелируется внешними и внутренними факторами, приводящими к изменению запросов и ожиданий женщин фертильного возраста и общества в целом. Например, значимый положительный эффект материнского капитала на 2-го и последующего детей, проявившийся в конце первого десятилетия, постепенно сжимался, а к концу второго десятилетия возникла необходимость разработки мер поддержки рождения первенцев, что обусловило запуск материнского капитала на 1-го ребенка. Однако поддержка рождения первого ребенка и даже второго ребенка не позволяет в ближайшем будущем обеспечить рост рождаемости. Очевидно, что противостоять естественной убыли населения можно, повышая уровень рождаемости за счет увеличения детности семей. Процесс этот сложный и многогранный, однако, одним из основных его условий является изменение репродуктивного поведения населения.

В последние десятилетия наиболее остро проблемы, связанные с депопуляцией населения и снижением потенциала его воспроизводства, проявляются в регионах степной зоны. Демографические риски для развития обширных приграничных территорий степной зоны страны обусловлены сокращением населения и уменьшением доли молодых людей в его структуре. Снижение численности населения, вступающего в трудоспособный возраст, серьезно осложняет ситуацию на рынке труда, представляя собой один из сдерживающих факторов регионального социально-экономического развития.

Территория исследования представлена степными регионами России, которые специализируются на развитии сельского хозяйства. Значительная часть рабочей силы аграрного сектора страны представлена сельским населением этих регионов. Таким образом, в исследовании речь идет о репродуктивном поведении населения, представляющем собой в том числе трудовой потенциал обеспечения продовольственной безопасности страны (Туктамышева и др., 2023).

На территории степных регионов проявляется региональная специфика и диспропорции в том числе и демографического поведения населения в отношении репродуктивных планов. Набор различных факторов и условий от социально-экономических, природно-климатических и национальных, до условий проживания и быта формируют различные по регионам традиции демографического поведения в отношении создания семьи и рождения детей. Последние два года развития демографического потенциала страны в условиях пандемии коронавируса еще раз подчеркнули актуальность и важность исследований по изучению репродуктивного поведения населения степных регионов и проведение оценки демографического прогноза на перспективу.

При составлении базы данных по 18 регионам степной зоны были использованы показатели из открытых источников Федеральной службы государственной статистики, отражающие репродуктивное поведение населения. В ее основу легли статистические сборники: «Регионы России», «Демографические ежегодники», а также данные, собранные из «Витрины статистических данных» за период 2019-2020 гг. Для анализа рождаемости населения расчеты проводились с 1990-2020 гг. Расчеты производились с помощью прикладного программного пакета для эконометрического моделирования Gretl.

Для установления существенности различий в показателях репродуктивного поведения степных регионов в 2019 и в 2020 году были использованы критерий Фишера и критерий знаковых рангов Уилкоксона. В силу того, что обычное сравнение средних значений показателей, в том числе и репродуктивного поведения, и выводы по ним являются в определенной степени субъективными, были использованы непараметрические критерии определения существенности различий. Используемые критерии не требуют нормального распределения совокупности и используются при объемах выборки, не превышающих 25 наблюдений.

Для описания основных характеристик исследуемого показателя использовался визуальный метод «ящик с усами» (Boxplot). Края «усов» диаграммы соответствуют минимальному и максимальному значению показателя в выборке, расстояние между ними соответствует размаху вариации. Нижний край ящика соответствует 25%-му процентилю (1 квартиль), верхний край – 75%-му процентилю (3 квартиль). Внутри ящика отмечена медиана, которая показывает значение показателя, делящего ранжированный ряд пополам. При смещении медианы к какому-то краю ящика или при разной длине усов можно говорить об асимметрии распределения.

Интегральный показатель репродуктивного поведения рассчитан как линейная комбинация показателей: (x_1 рождаемость; x_2 число, родившихся 3-ми и более; x_3 суммарный коэффициент рождаемости; x_4 возрастной коэффициент рождаемости до 30 лет; x_5 возрастной коэффициент рождаемости после 30 лет), характеризующая латентный показатель с разными весами. Вес показателю присваивается в зависимости от важности исходного признака для формирования интегрального показателя. Весовые коэффициенты представляют собой элементы собственного вектора (соответствующего наибольшему собственному числу) корреляционной матрицы исходных признаков. При этом весовые коэффициенты удовлетворяют свойству нормированности – сумма их квадратов равна 1. Использование первой главной компоненты метода главных компонент позволяет не только объективно оценить эти веса, исходя из вклада вариации признаков, но и решить проблему дублирования информации, то есть

мультиколлинеарности. Первая главная компонента может быть использована как интегральный показатель в случае, если она позволит учесть не менее 55% информации, которую несут исходные показатели. Значения интегрального показателя z_i определяются по формуле *4.7*:

$$z_i = w_1 x_{i1} + w_2 x_{i2} + w_3 x_{i3} + w_4 x_{i4} + w_5 x_{i5}, \quad (4.7)$$

где $w_j, j = 1,..,5$ – веса пропорционально вкладу каждого j-го исходного показателя в интегральный показатель,

x_{ij} – значение j-го показателя для i-го региона.

Для выделения однородных групп степных регионов по типу изменения репродуктивного поведения регионов использован кластерный анализ. Предварительное число кластеров (групп) определено на основе метода Уорда, не требующим задания числа кластеров. Окончательное разделение проведено на основе метода k-средних, так как он требует задания числа кластеров, но дает более устойчивый результат по сравнению с иерархическим методом. Кластерный анализ выполнен на основе данных абсолютного прироста (снижения) показателей с 2019 по 2020 гг.: рождаемость, на 1000 человек; число родившихся 3-ми и более; число родившихся у женщин, не состоявших в зарегистрированном браке; суммарный коэффициент рождаемости; возрастной коэффициент рождаемости до 30 лет; возрастной коэффициент рождаемости после 30 лет.

Метод прогнозирования основывался на методологии Бокса-Дженкинса построения моделей авторегрессии.

Общий вид модели авторегрессии *(4.8):*

$$\Delta\eta_t = \alpha_1 \Delta\eta_{t-1} + \gamma k_t + \varepsilon_t, \quad (4.8)$$

где $\Delta\eta_t$ – прирост рождаемости в степном регионе РФ,

α_1 – параметр авторегрессии,

γ – параметр при переменной-переключателе,

k_t – переменная-переключатель, которая принимает значение 1 в периоды, в которых наблюдались самые низкие значения рождаемости по регионам (с 1993 по 2000 год и с 2020 по 2021 год) и 0 в другие периоды,

ε_t – регрессионный остаток (случайная ошибка отклонения реального значения от модельного).

Оценка параметров осуществлялась точным методом максимального правдоподобия в программном продукте Gretl. Выбор переключателя осуществлен на основе применения классификации без учителя к данным по рождаемости по степным регионам, где объектами выступили годы, а признаками классификации – регионы. Параметры модели содержательно не интерпретируются, а преимущество модели состоит в адаптивности и высоком качестве модели в краткосрочном прогнозировании.

Анализ абсолютных и относительных данных выбранных показателей за период с 2019 по 2020 гг. показал рост числа родившихся детей по очередности рождения третьими и более, в 15 исследуемых регионах, кроме Саратовской и Омской областей и Алтайского края. Максимальные значения прироста наблюдаются в Республике Башкортостан и Челябинской области, 980 и 697 родившихся третьими и более детей соответственно. Наибольшее снижение произошло в Алтайском крае, где с 2019 по 2020 годы число родившихся третьими и более детей снизилось на 180 человек. Стоит отметить, что если рассматривать этот показатель относительно общего числа рожденных, то рост наблюдается повсеместно. Так, в Челябинской области, Республиках

Башкортостан и Калмыкия доля рожденных третьими и более к общему числу рожденных увеличилась на 0,03%, в 9 исследуемых субъектах – на 0,02%, в 6 – на 0,01%.

Показатель родившихся детей у женщин, не состоявших в зарегистрированном браке, демонстрирует отрицательные значения в 11 субъектах степной зоны. В Омской и Оренбургской областях родилось на 352 и 241 соответственно ребенка меньше за рассматриваемый период. Высокий рост зафиксирован в Ставропольском крае – 210 человек и Алтайском крае – 146.

Суммарный коэффициент рождаемости сокращается в более чем половине степных регионов. Так, максимальное снижение произошло в Саратовской и Белгородской областях на 0,05 детей на 1 женщину. Повышение коэффициента произошло в Республике Адыгея – на 0,08.

В 8 субъектах мезорегиона произошло снижение численности детей, родившихся живыми на 1000 женщин в возрасте как до 30 лет, так и после. В Белгородской (на 2,0 до 30 лет и на 1,2 после 30 лет) и Саратовской (на 2,5 и на 0,8 соответственно) областях снижение максимальное. В 5 регионах степной зоны России женщины в возрасте до 30 лет стали рожать меньше, в отличие от женщин после 30 лет, например, в Курганской области женщины в возрасте до 30 лет в 2020 г. родили на 3 ребенка меньше, чем в 2019, а женщины после 30 лет – на 2 больше. В Ростовской области и Ставропольском крае складывается обратная ситуация: женщины в возрасте до 30 лет стали рожать больше, а после 30 – меньше. Рост по этим двум показателям отмечен в Республиках Калмыкия (на 4,8 до 30 лет и на 1,8 после 30 лет), Адыгея (2,4 и 2,2), Башкортостан (0,1 и 0,6).

Для анализа репродуктивного поведения населения степных регионов на основе существенности различий для данных за 2019 и 2020 год использованы непараметрические критерии знаков Фишера и критерий знаковых рангов Вилкоксона *(таблица 4.12)*. В качестве нулевой гипотезы принято отсутствие существенных различий в среднем уровне исследуемого показателя для 2019 и 2020 года. Альтернативная гипотеза – в 2020 году по сравнению с 2019 годом в исследуемом показателе произошел существенный сдвиг в средних. Нулевая гипотеза принимается, если p-value (вероятность принятия нулевой гипотезы) больше 0,05 (уровень значимости 5%). Если нулевая гипотеза отвергается, то произошел существенный сдвиг в средних в 2020 году по сравнению с 2019 годом в исследуемом показателе. В 2020 году существенные различия наблюдались в показателях рождаемости, числе родившихся третьим ребенком и более у женщины, а также возрастном коэффициенте рождаемости до 30 лет. Таким образом, можно сделать вывод, что женщины моложе 30 лет отложили решение о рождении детей на более поздний период.

Таблица 4.12.

Результаты проверки гипотезы об отсутствии различий между данными за 2019 и 2020 годы

Показатель репродуктивного поведения	Критерий знаков Фишера (p-value вероятность принятия нулевой гипотезы об отсутствии различий)	Критерий знаковых рангов Вилкоксона p-value вероятность принятия нулевой гипотезы об отсутствии различий)
Рождаемость, *число родившихся на 1000 человек населения*	Существенные различия на уровне значимости 1%, (p=0,000407)	Существенные различия на уровне значимости 1%, (p=0,001177)
Число родившихся 3-ми и более, *человек*	Существенные различия на уровне значимости 1%, (p=0,009522)	Существенные различия на уровне значимости 1%, (p=0,004970)

Число родившихся у женщин, не состоявших в зарегистрированном браке, *человек*	Нет существенных различий, (p=0,479500)	Нет существенных различий, (p=0,184085)
Суммарный коэффициент рождаемости, *число детей на 1 женщину*	Нет существенных различий, (p=0,238593)	Нет существенных различий, (p=0,150673)
Возрастной коэффициент рождаемости до 30 лет, *число родившихся живыми на 1000 женщин в возрасте до 30 лет*	Существенные различия на уровне значимости 10%, (p=0,098960)	Существенные различия на уровне значимости 10%, (p=0,055339)
Возрастной коэффициент рождаемости после 30 лет, *число родившихся живыми на 1000 женщин в возрасте после 30 лет*	Нет существенных различий, (p=0,813664)	Нет существенных различий, (p=0,878851)

Для визуального представления изменения распределения показателя «Рождаемость» (на 1000 человек населения) в степных регионах в 2019 и в 2020 г. использован метод «ящик с усами» *(рисунок 4.12).* Построение двух ящиков позволяет проводить сравнения в изменениях показателя в двух совокупностях.

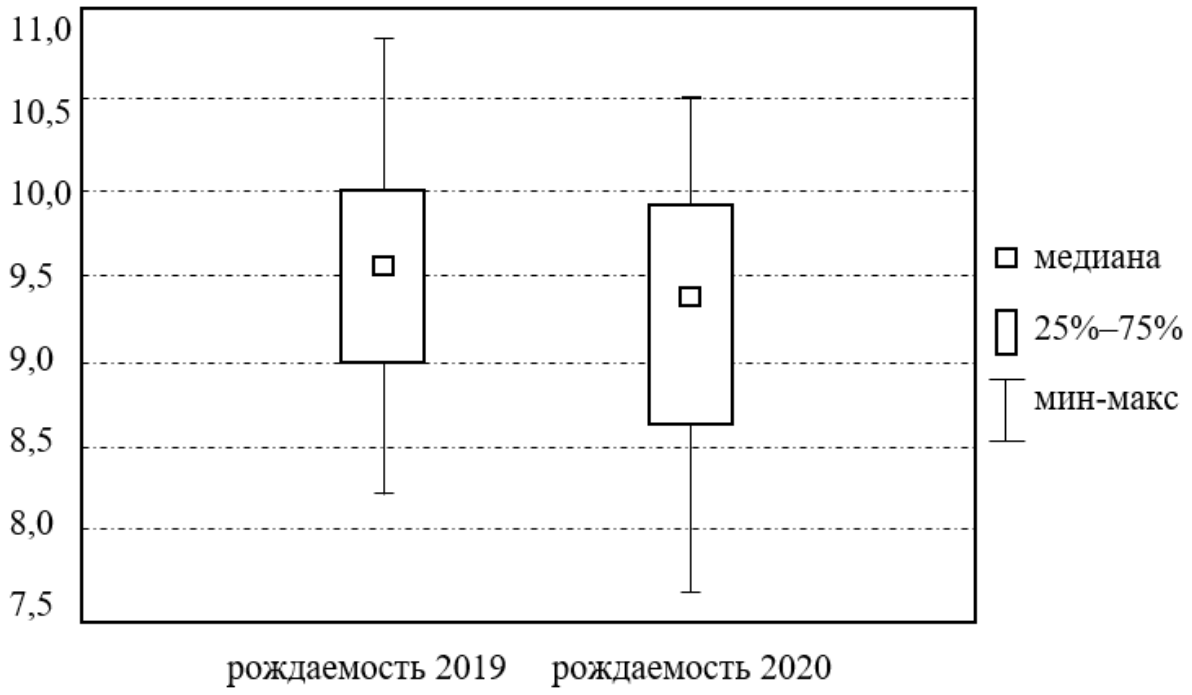


Рисунок 4.12. График «ящик с усами».

Из графика следует, что в 2020 году существенно возросла вариация между квартилями коэффициента рождаемости в регионах, так в 2019 году нижний квартиль рождаемости составил 9 промилле, а верхний – 10 промилле, в 2020 году эти показатели составили уже 8,6 и 9,9 промилле, максимальный коэффициент рождаемости упал с 10,8 промилле до 10,5 промилле, а минимальный коэффициент рождаемости – с 8,3 промилле до 7,7 промилле.

Репродуктивное поведение рассматривается как сводная (латентная) характеристика, характеризующаяся с помощью нескольких показателей (рождаемость, число родившихся 3-ми и более; суммарный коэффициент рождаемости; возрастной

коэффициент рождаемости до 30 лет; возрастной коэффициент рождаемости после 30 лет), но неподдающаяся непосредственному количественному измерению.

Построение интегрального показателя позволяет провести рейтинговую оценку степных регионов РФ по репродуктивному поведению. Интегральный показатель рассчитан на основе метода первой главной компоненты. Формула линейной комбинации интегрального показателя с рассчитанными весовыми коэффициентами выглядит следующим образом *(4.9):*

$$z_i = 0{,}237x_1 + 0{,}167x_2 + 0{,}254x_3 + 0{,}231x_4 + 0{,}238x_5 \quad (4.9)$$

Полученные значения интегрального показателя не имеют единиц измерения и используются только для присвоения рейтинга региона в зависимости от репродуктивного поведения *(таблица 4.13).* Для удобства рейтинг регионов по репродуктивному поведению рассчитан от 1, путем суммирования значений интегрального показателя с поправочным коэффициентом (2,635873052) *(рисунок 4.13).* Таким образом, значения интегрального показателя репродуктивного поведения максимальное в Республике Калмыкия (3,27), минимальное – в Саратовской области (0,36). Наглядно распределение интегрального индекса показано на картосхеме *(рисунок 4.15).*

Таблица 4.13.

Рейтинговая оценка регионов степной зоны России по репродуктивному поведению

Регион	Значения интегрального показателя	Рейтинг
Саратовская область	–1,63587	1,00
Белгородская область	–1,60386	1,03
Воронежская область	–1,37408	1,26
Волгоградская область	–1,35498	1,28
Ростовская область	–0,7882	1,85
Самарская область	–0,54705	2,09
Алтайский край	–0,24815	2,39
Омская область	0,086144	2,72
Ставропольский край	0,146285	2,78
Челябинская область	0,260133	2,90
Республика Адыгея	0,281491	2,92
Оренбургская область	0,658087	3,29
Республика Башкортостан	0,788176	3,42
Новосибирская область	0,811949	3,45
Республика Крым	0,965966	3,60
Курганская область	1,115246	3,75
Краснодарский крайй	1,166652	3,80
Республика Калмыкия	1,272065	3,91

Выявление однородных групп исследуемых регионов по характеру изменения репродуктивного поведения населения демонстрирует проведенный кластерный анализ. По методу k-means степные регионы разделились на два кластера по 8 и 10 субъектов степной зоны в зависимости от изменения репродуктивного поведения по итогам пандемийного 2020 года. 1 кластер включает в себя регионы: Белгородская, Волгоградская, Оренбургская, Самарская, Саратовская, Новосибирская, Омская области и Алтайский край. Во 2 кластер вошли степные регионы (Воронежская, Ростовская, Курганская и Челябинская области, Республики Адыгея, Калмыкия, Крым и Башкортостан, Краснодарский и Ставропольский края), в которых суммарный

коэффициент рождаемости вырос в 2020 году по сравнению с 2019 годом, выросла доля рожденных третьими и более к общему числу рожденных, а также выросли возрастные коэффициенты рождаемости до и после 30 лет на 0,15 и 0,76 соответственно. Следует отметить, что в регионах первого кластера проживает в среднем 71,3% городского населения, а в регионах второго кластера это показатель составляет 60,3% населения.

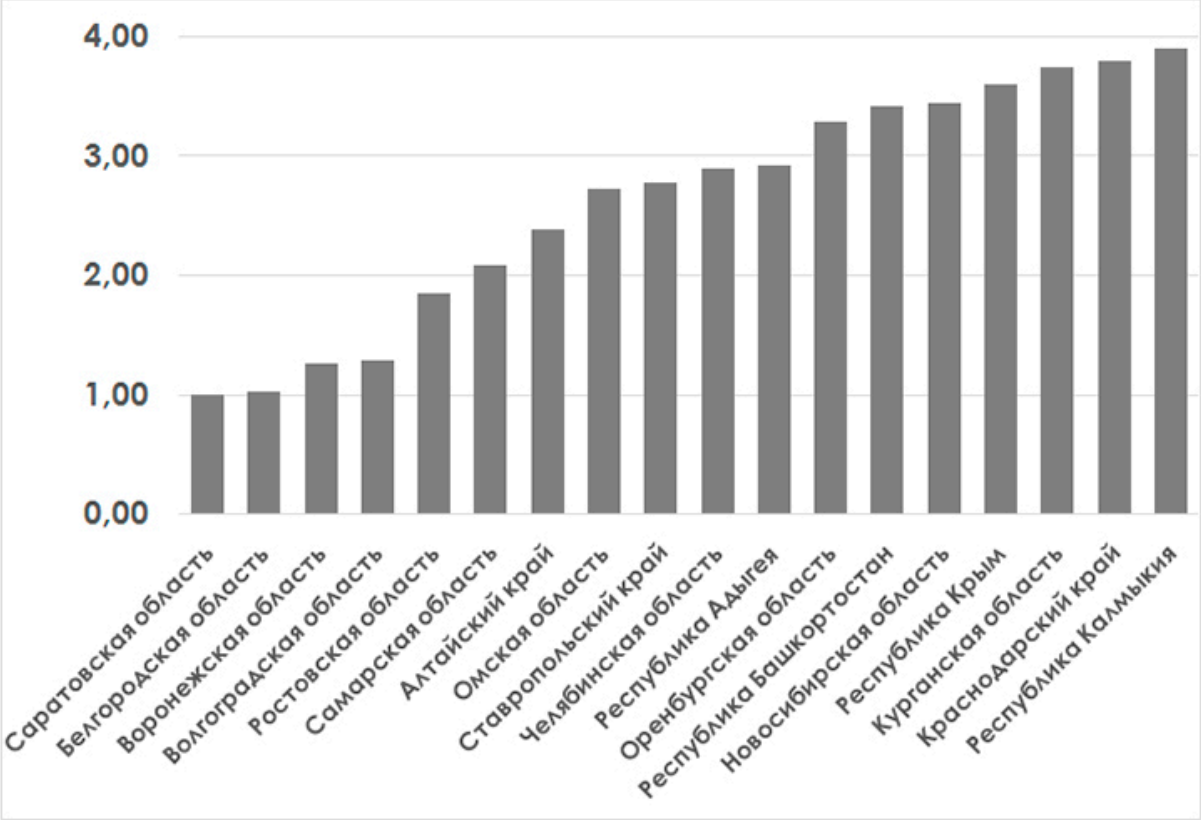


Рисунок 4.13. Рейтинговая оценка степных регионов России
по репродуктивному поведению.

На *рисунке 4.14* показан график средних центрировано-нормированных значений признаков, который наглядно демонстрирует разный характер изменения репродуктивного поведения регионов. График средних значений позволяет выявить характерные особенности для каждого кластера и охарактеризовать основные черты регионов, отнесенные к кластерам.

Согласно данным, представленным в *таблице 4.14,* можно увидеть, что и в первом, и во втором кластере в среднем наблюдалось снижение рождаемости – 0,48 промилле и –0,14 промилле соответственно, однако во втором кластере это снижение несущественно (в Республике Адыгее, вошедшей в этот кластер в 2020 году, наблюдался прирост рождаемости на 0,4 промилле). В обоих кластерах возросла доля рожденных третьими и более по счету родившихся у одной матери детей.

Что касается возрастных коэффициентов рождаемости, то в 2020 году наибольшее снижение наблюдалось в среднем коэффициенте рождаемости матерей до 30 лет в первом кластере (–1,575 промилле). При этом в регионах второго кластера этот показатель возрос на 0,15 промилле. Это значит, что в 2020 году женщины регионов первого кластера в возрасте до 30 лет в большей степени предпочитали не заводить детей. На это указывает и среднее значение числа абортов. Расчеты показали, что на 100 родов в первом кластере приходилось 43 аборта, а во втором кластере – 33 аборта.

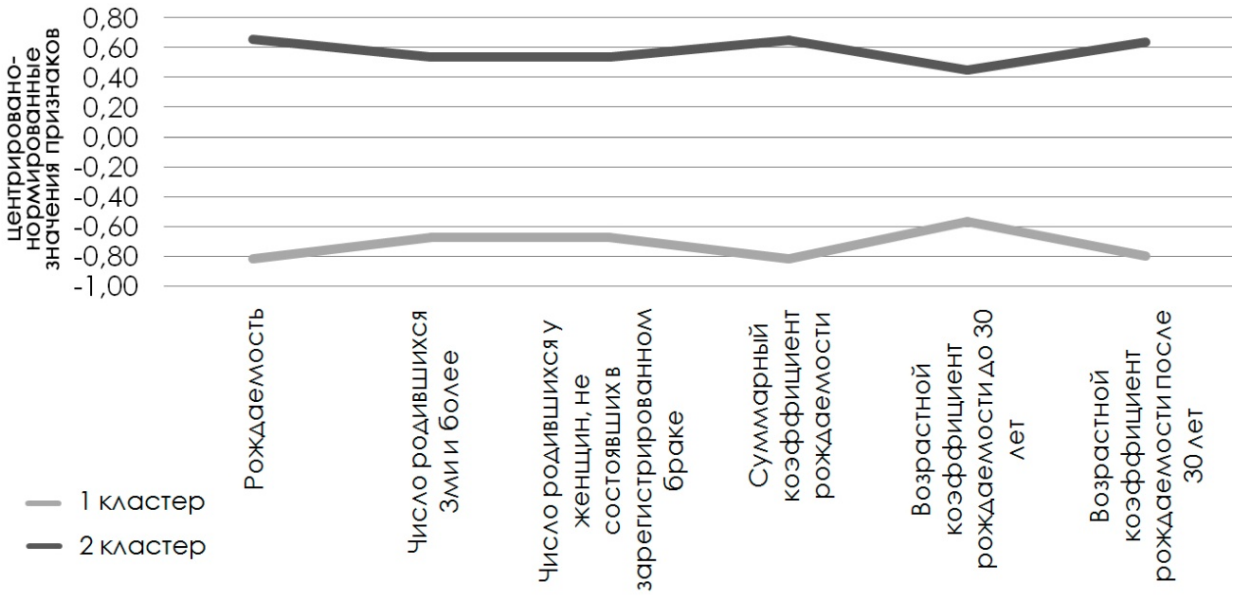


Рисунок 4.14. График средних центрировано-нормированных значений абсолютных приростов (снижений) в 2020 году показателей репродуктивного поведения населения степных регионов по сравнению с данными 2019 года.

Таблица 4.14.

Средние значения приростов (снижений) показателей репродуктивного поведения в степных регионах в 2020 году по сравнению с 2019 годом

	Рождаемость, на 1000 человек	Родившиеся живыми 3 и более	Доли рожденных третьими и более к общему числу рожденных	Число родившихся у женщин, не состоявших в зарегистрированном браке	Суммарный коэффициент рождаемости	Возрастной коэффициент рождаемости до 30 лет	Возрастной коэффициент рождаемости после 30 лет
Средние значения абсолютных приростов (снижений) в 2020 году по сравнению с 2019 годом							
кластер 1	–0,4875	9,125	0,015	–152,5	–0,03463	–1,575	–0,7
кластер 2	–0,14	360,7	0,021	25,6	0,011	0,15	0,76
Средние значения показателей в 2020 году							
кластер 1	8,77	5197,9	0,254	4277,7	1,383	55,9	27,01
кластер 2	9,56	6584,3	0,288	4939,5	1,488	59,9	29,25

Анализ общего коэффициента рождаемости проводился с 1990 по 2021 гг. по 17 степным регионам, кроме Республики Крым, из-за отсутствия статистических данных за рассматриваемый период. Графики динамики коэффициентов рождаемости с 1990 по 2021 гг. всех исследуемых имеют «волнообразный вид», с экстремумами максимума в 1990 и 2014 гг. и экстремумами минимума в 1999 и 2020 гг.

По результатам прогнозирования в большинстве степных регионов ожидается снижение рождаемости в ближайшие два года, что будет связано с кризисными

явлениями, связанными с эпидемиологической и внешне политической ситуацией. К концу прогнозируемого периода в ряде регионов будет наблюдаться замедление падения рождаемости и сохранение его на одном уровне, что будет связано с тем, что в фертильный возраст входят поколения детей начала 2000-х годов, когда начался рост рождаемости в РФ *(таблица 4.15).*

В результате кластерного анализа выявлены и сгруппированы регионы со схожим характером изменения (в 2020 году по сравнению с 2019 годом) репродуктивного поведения населения, причем картосхема наглядно показывает, что регионы 1-го кластера приурочены к западной и восточной части исследуемой территории, а регионы 2-го кластера – к центральной и юго-западной части. Картосхема *(рисунок 4.15)* демонстрирует не только региональные диспропорции распределения рассчитанных индексов, но и различия результатов применяемых методов за счет введения дополнительных коэффициентов, отражающих степень влияния каждого показателя на интегральный. Кластеризация проведена для выявления групп регионов и не в полной мере коррелирует с интегральным показателем. Так, в 1 кластер, характеризующийся снижением исследуемых показателей, вошли регионы с интегральными рейтингами выше среднего: Новосибирская (2,71) и Оренбургская (2,66) области, а во второй, с интегральными показателями ниже среднего, вошли Ростовская (1,21) и Воронежская (0,63) области.

Таблица 4.15.

Результаты моделирования и прогнозирования рождаемости в степных регионах РФ до 2025 года

Субъект Федерации	Оценка параметра при авторегрессии (расчетное значение α_1)	Оценка параметра при переменной переключателе (расчетное значение γ)	Прогноз коэффициентов рождаемости на 1000 человек			
			2022	2023	2024	2025
Белгородская область	0,658	–0,361	8,0	8,0	8,4	8,4
Воронежская область	0,629	–0,384	8,0	8,0	7,6	7,6
Республика Адыгея	0,535	0,591	10,1	10,1	9,6	9,6
Республика Калмыкия	0,688	0,426	9,5	9,3	8,8	8,7
Краснодарский край	0,668	0,663	9,9	9,5	9,3	9,2
Волгоградская область	0,704	0,568	7,5	7,2	7,0	6,9
Ростовская область	0,658	0,565	8,2	7,9	7,7	7,6
Ставропольский край	0,529	0,586	9,5	9,4	8,8	8,8
Республика Башкортостан	0,655	0,618	9,5	9,4	8,6	8,6
Оренбургская область	0,651	0,561	9,3	9,2	8,6	8,5
Самарская область	0,581	0,541	8,5	8,3	8,2	8,1
Саратовская область	0,661	0,754	7,2	6,9	6,7	6,5
Курганская область	0,685	0,793	8,8	8,8	8,0	7,9
Челябинская область	0,621	0,622	9,4	9,2	9,0	9,0
Алтайский край	0,685	0,435	8,1	8,0	7,4	7,4
Новосибирская область	0,684	0,448	9,8	9,6	9,4	9,3
Омская область	0,546	–0,588	9,1	9,1	9,7	9,7
Республика Крым	0,623	–	9,4	9,3	9,2	9,2

Пространственное распределение результатов исследования представлено на картосхеме дифференциации регионов степной зоны России по репродуктивному поведению *(рисунок 4.15).*

Результаты прогноза рождаемости неутешительны для большинства регионов степной зоны. Равномерное снижение коэффициентов рождаемости наблюдается в 16

регионах, из которых наибольший спад прогнозируется в Республике Башкортостан – на 0,9 родившихся на 1000 человек, Республике Калмыкия (на 0,8) и Оренбургской области (на 0,8). Только в 2 регионах рассчитанные прогнозы имеют положительный тренд – в Белгородской (на 0,4) и Омской областях (на 0,6).



Рисунок 4.15. Картосхема дифференциации регионов степной зоны России по репродуктивному поведению.

Анализ возрастных коэффициентов рождаемости проводился по данным 2000-2020 гг. Экстремумы минимумов возрастных коэффициентов рождаемости у женщин как до, так и после 30 лет во всех регионах степной зоны России приходятся на начало исследуемого периода. Период с 2014 по 2015 гг. характеризуется тем, что в большинстве субъектов наблюдался рост рождаемости у женщин в возрасте до 30 лет, а в период с 2015 по 2016 гг. – рост рождаемости у женщин в возрасте после 30 лет. Таким образом, пик рождаемости пришелся на 2015 год, после которого фиксируется повсеместный спад, в некоторых регионах он доходит до уровня 2000 года. Среди всех исследуемых субъектов наибольшие значения коэффициентов рождаемости до 30 лет в Курганской (97,2 родившихся живыми на 1000 женщин в возрасте до 30 лет в 2013 г.) и Оренбургской (92,2 родившихся живыми на 1000 женщин в возрасте до 30 лет в 2013 г.) областях, а после 30 лет – в Курганской области (37,1 родившихся живыми на 1000 женщин в возрасте после 30 лет в 2015 г.) и Республике Башкортостан (36,3 родившихся живыми на 1000 женщин в возрасте после 30 лет в 2014 г.).

В период 1990-2020 гг. на рассматриваемой территории отмечается общее сокращение численности населения на 847 тыс. человек, основными причинами которого является снижение естественного прироста населения и отрицательные показатели миграции. Если в 1990 году численность трудоспособного населения составляла 25,3 млн человек, то в 2020 году этот показатель составил уже 24,6 млн человек. Для понимания внутренних закономерностей и специфики самого процесса воспроизводства населения в степной зоне России необходимо более углубленное изучение происходящей трансформации в возрастной структуре населения вмещающих ее субъектов.

Потенциальные возможности увеличения численности населения рассматриваемой территории напрямую зависят от развития демографического потенциала роста населения и наличия благоприятных условий и факторов, влияющих на его репродуктивное поведение. Вместе с этим, миграционная убыль оказывает влияние не только с точки

зрения современных потерь численности населения, но и влияет на то, каким оно будет в будущем. По регионам степной зоны наблюдается тенденция к увеличению территорий с более низкими коэффициентами рождаемости, растет средний возраст матери при рождении первого ребенка, наблюдаются процессы откладывания рождения детей и более позднего вступления в брак.

Исследования могут быть дополнены анализом репродуктивного поведения на основе социологических обследований ключевых (модельных) территорий степной зоны. Очевидно, что развитие демографического потенциала и создание благоприятных условий для репродуктивного поведения населения невозможно без осуществления направленной на это социально-экономической политики в сферах здравоохранения, образования и культуры, включающей: формирование системы ценностей, приоритетов, социальных ориентиров и традиций, направленной на рост потребности в семейном образе жизни и детях; обеспечение молодых семей жилищными условиями и достатком; обеспечение беспрепятственного и доступного образования всех уровней; реализацию мер по улучшению здоровья населения; повышение уровня и качества жизни населения в целом.

4.2.4. Пространственные особенности и закономерности современных демографических процессов в степных регионах России *(Руднева О.С., Соколов А.А.)*

Современные социально-демографические процессы, протекающие на территории степной зоны России, существенно дифференцированы. Здесь имеются регионы с заметно отличающимися параметрами численности населения и соотношениями его характеристик, спецификой естественного и механического движения. При этом наиболее проблемными территориями в сфере демографической безопасности и депопуляции населения являются малозаселенные приграничные регионы. К таким относится большая часть территории степной зоны России.

Вместе с тем, нынешний этап социально-демографических процессов во всех регионах степной зоны России характеризуется значительными изменениями показателей направленности динамики движения и воспроизводства населения. Уже около трех десятилетий на данном пространстве отмечается нестабильность социально-демографических трендов, что создает большую непредсказуемость при реализации стратегического планирования развития территории. Рассмотрение проблемы в масштабе сельских муниципальных районов позволяет более детально выявить связь изменения численности населения и трансформации пространственного расселения. В свою очередь, на межрегиональном уровне сдвиги в распределении населения наблюдаются по соотношению численности миграционных потоков между регионами, а в самих регионах – по обмену населением между сельской и городской местностью. Но чаще всего трансформация общей демографической ситуации происходит под влиянием всего комплекса выше перечисленных причин (Вишневский, 2012; Соколов, 2016).

Демографические процессы и проблемы формирования системы расселения населения требуют комплексного анализа, т.к. естественное и механическое движение населения находятся в тесном взаимодействии с экономическим и социальным развитием, оказывая существенное влияние на протекающие в регионах процессы и тем самым затрудняя или облегчая социально-экономические преобразования. В работе использованы методы пространственного анализа, статистический и математические методы, картографический метод. Изучение демографических процессов в степной зоне России проведено как на региональном, так и на уровне муниципальных образований (сельских районов), что позволяет проследить демографические тенденции на разных территориальных уровнях.

В целом, анализ демографических процессов в регионах степной зоны России на основе группы показателей естественного и механического движения населения позволяет выделить особенности движения населения для каждой территории и провести

комплексное сравнительное исследование существующих социально-демографических тенденций (Руднева, Соколов, 2018).

На 01 января 2022 года в регионах степной зоны России проживает около 44 млн чел., из них большая часть расселена в Европейской части – 31,5 млн чел., а в Азиатском секторе – 12,5 млн чел. Так как практически вся территория степной зоны России примерно совпадает с границами основной полосы расселения, особенностью такого неравномерного размещения населения являются исторические и природно-хозяйственные аспекты. Вследствие этого Европейская и Азиатская части степной зоны России характеризуются различной степенью заселенности и конфигурацией сетей расселения. При этом плотность населения в регионах степной зоны России сильно различается – от 3,7 чел/км^2 в Республике Калмыкия до 59,7 чел/км^2 в Самарской области.

Современная демографическая ситуация в степной зоне России характеризуется постепенным снижением общего демографического потенциала. С 1990 года население российско-казахстанского трансграничного региона сократилось на 0,5 млн чел. В то же время, в региональном разрезе данная территория весьма неоднородна. Анализ изменения численности населения по регионам в период с 1990 по 2019 гг. выявил существенную разнонаправленную динамику. В 7 регионах степной зоны России численность населения увеличилась. Наибольший прирост отмечался в Краснодарском крае (+21%), Ставропольском крае (+14%), Белгородской (+11%) и Тюменской областях (+9%). В оставшихся 11 регионах степной зоны за тот же период наблюдалось сокращение численности населения. Больше всего – в Курганской области (–25%), Республике Калмыкия (–17%), Алтайском крае (–12%) и Омской области (–10%). При этом наибольший абсолютный прирост населения наблюдался в Краснодарском крае (+1 млн чел.), а наибольшее сокращение – в Алтайском крае (–322 тыс. чел.) *(рисунок 4.16).*

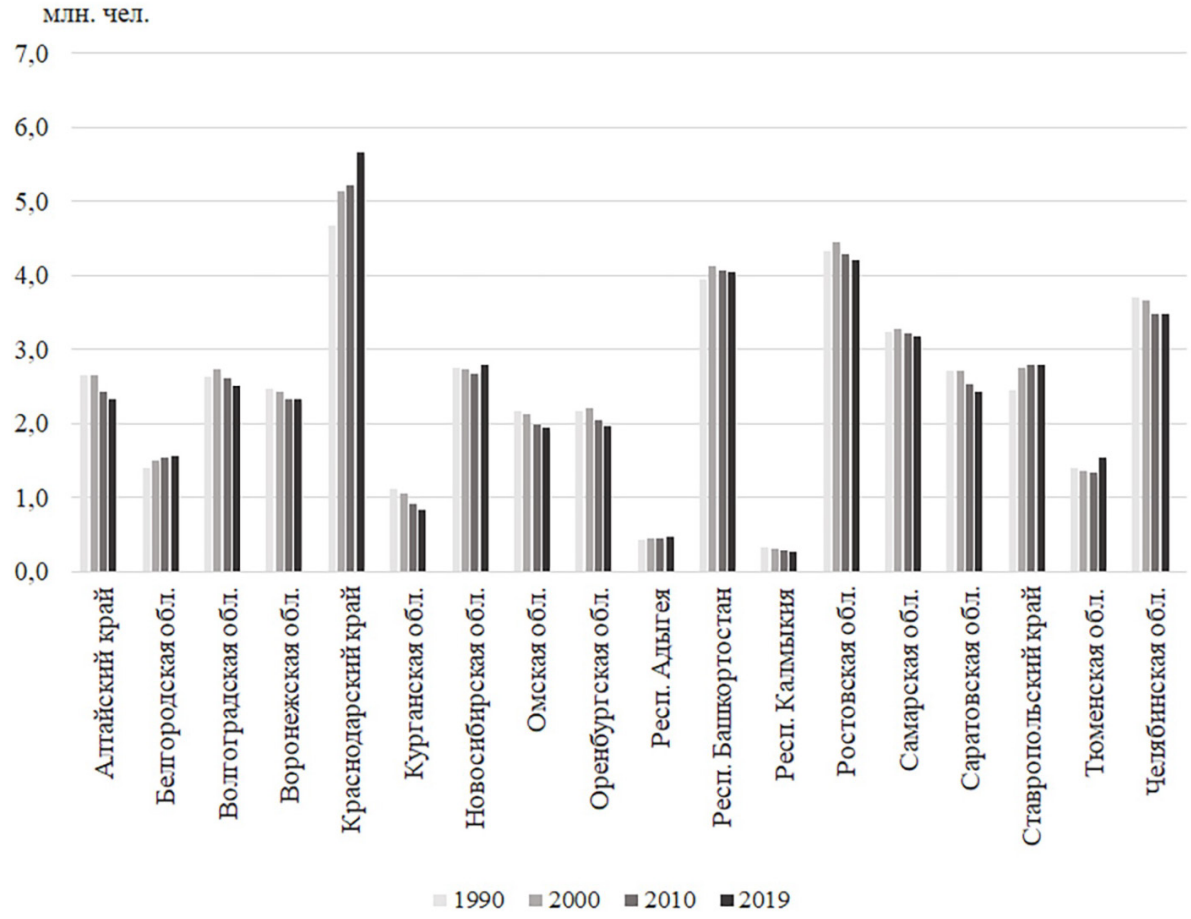


Рисунок 4.16. Изменение численности населения по регионам степной зоны России.

Необходимо отметить, что в большинстве случаев, сокращение численности населения в степных регионах России в основном обусловлено естественными причинами. При анализе демографических процессов в период 1990-2019 гг. выявлено, что в 16 из 18 регионов естественный прирост сменился естественной убылью и лишь в 2 регионах по-прежнему сохраняется естественный прирост, но уже в существенно меньших масштабах – Тюменская область (2,1 ‰) и Республика Калмыкия (0,9‰). В то же время в Курганской, Воронежской и Саратовской областях естественная убыль населения составляет менее 5‰. Еще в 4 регионах (Алтайский край, Белгородская, Воронежская и Ростовская области) она составляет от 4 до 5‰, что является причиной существенного сокращения численности и быстрого старения населения *(рисунок 4.17).*

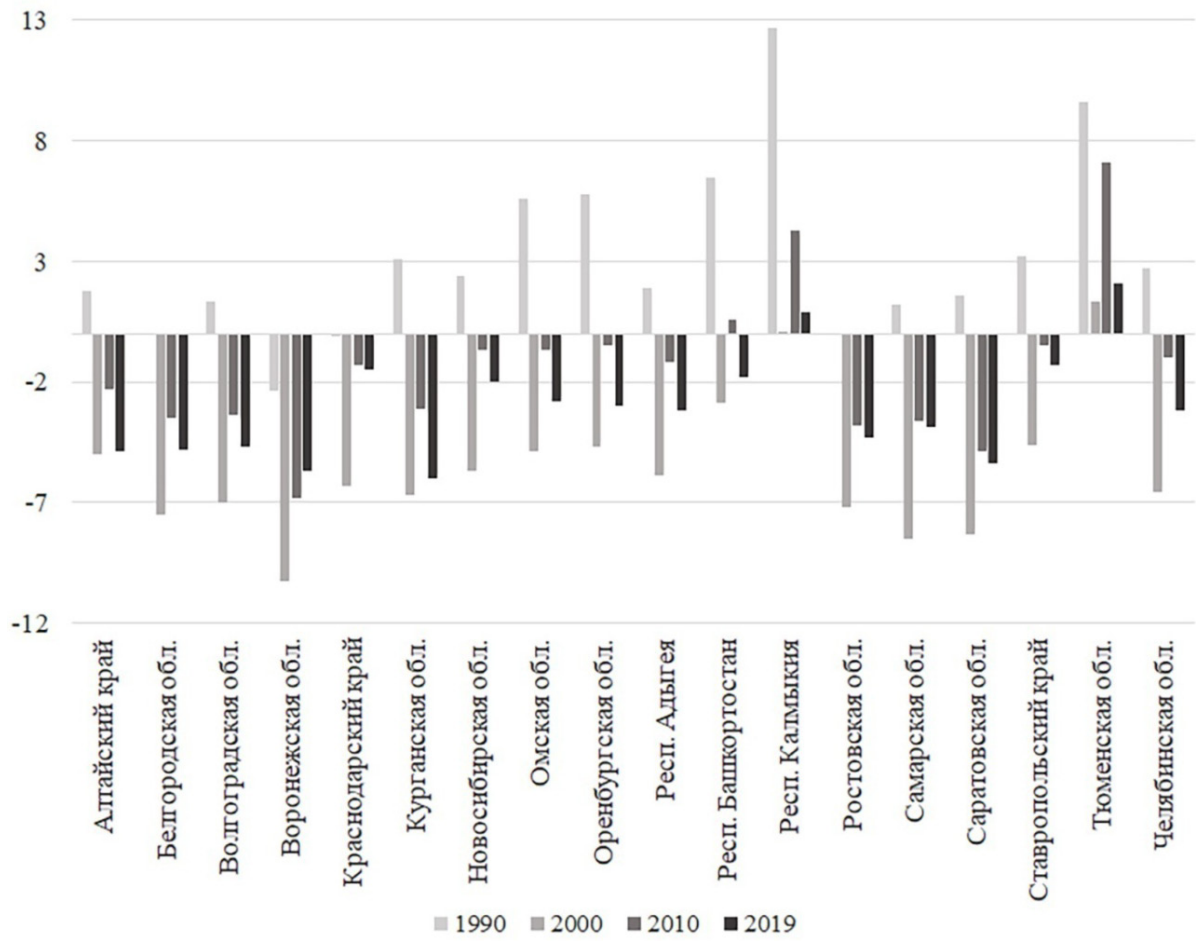


Рисунок 4.17. Изменение показателя естественного прироста (убыли) населения по регионам степной зоны России (на 1 тыс. чел.).

Особое внимание следует обратить на демографические показатели миграции населения. В настоящее время в большинстве регионов (10 из 18) наблюдается положительное миграционное сальдо, которое вносит существенный вклад в увеличение численности населения или в замедление темпов его снижения. Наибольший приток населения наблюдается в южных и западных регионах степной зоны: Республика Адыгея (214 чел. на 10 тыс. населения), Краснодарский край (64 чел. на 10 тыс. населения), Белгородская область (60 чел. на 10 тыс. населения), Ставропольский край (43 чел. на 10 тыс. населения) и Воронежская область (42 чел. на 10 тыс. населения). В азиатской части степной зоны наиболее высокие показатели притока населения имеют Тюменская (102 чел. на 10 тыс. населения) и Новосибирская области (37 чел. на 10 тыс. населения). В тоже время, наибольший отток населения наблюдается в Республике Калмыкия (–65 чел. на 10 тыс. населения), Омской области

(–63 чел. на 10 тыс. населения) и Курганской области (–30 чел. на 10 тыс. населения). Также необходимо отметить, что именно миграция из стран ближнего зарубежья в регионы российского приграничья (Волгоградская, Саратовская, Самарская, Оренбургская, Челябинская области и Алтайский край) способствовала стабилизации демографической ситуации в них в период 1990-2000 гг. *(рисунок 4.18).*

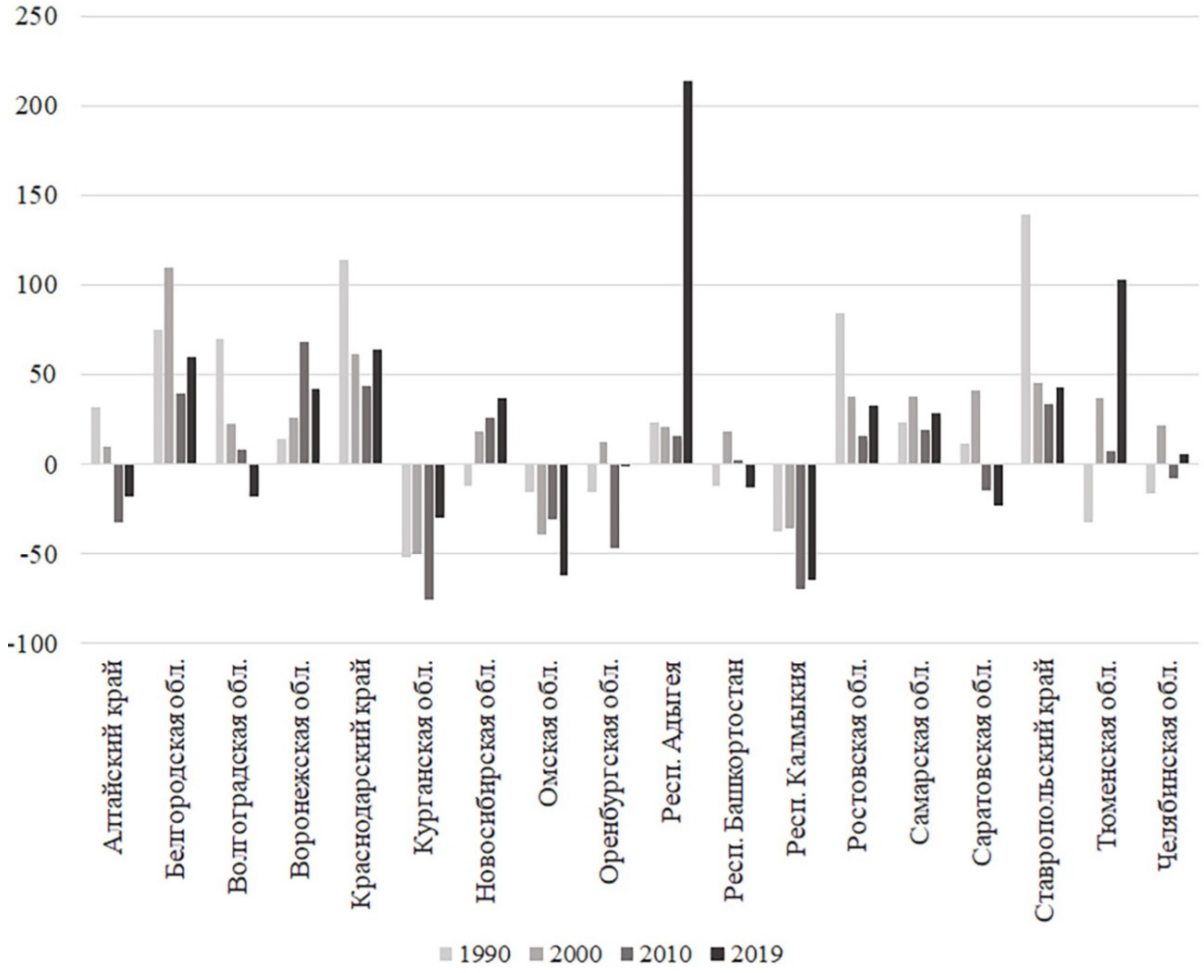


Рисунок 4.18. Изменение показателя миграционного прироста (убыли) по регионам степной зоны России (на 10 тыс. чел.).

Еще одним важным демографическим показателем для регионов степной зоны России является ожидаемая продолжительность жизни. Так как данный показатель является наиболее универсальным индикатором, отражающим качество жизни населения, его максимальное снижение пришлось на период социально-экономических реформ 1990-2000-х гг. В 1990 г. ожидаемая продолжительность жизни в степной зоне России составляла 69,6 лет, в 2000 г. снизилась до 66,2 лет, после чего стала постепенно возрастать и в 2010 г. составила 69,3 лет, вернувшись к показателю 1990 г. В настоящее время данный показатель вырос до 72,4 лет (2019 г.). Большие различия наблюдаются в региональном разрезе: лидерами по ожидаемой продолжительности жизни являются Ставропольский край (74,3 лет), Тюменская область (73,6 лет) и Республика Адыгея (73,6 лет). Наименьшие показатели ожидаемой продолжительности жизни отмечаются в Курганской области (69,9 лет) и в Челябинской области (70 лет). Также необходимо отметить, что с 1990 по 2022 гг. наибольший рост в ожидаемой продолжительности жизни наблюдался в Республике Калмыкия – с 68,2 до 73,5 лет и в Ставропольском крае – с 64,4 до 67,9 лет.

Современное состояние демографических процессов в различных регионах степной зоны России можно охарактеризовать как разнонаправленное, но не существенно различающееся по анализируемым показателям (рождаемость, смертность, миграция, ожидаемая продолжительность жизни и др.). Однако в разрезе городов и муниципальных районов такие различия значительно шире, и это хорошо заметно по показателям изменения численности населения.

На основе оценки пространственной дифференциации изменения численности населения по городам и районам степной зоны России в период 1989-2022 гг. было выделено шесть групп: с критической демографической ситуацией; с кризисной демографической ситуацией; с неблагополучной демографической ситуацией; с устойчивой демографической ситуацией; с благоприятной демографической ситуацией; с наиболее благоприятной демографической ситуацией *(рисунок 4.19)*

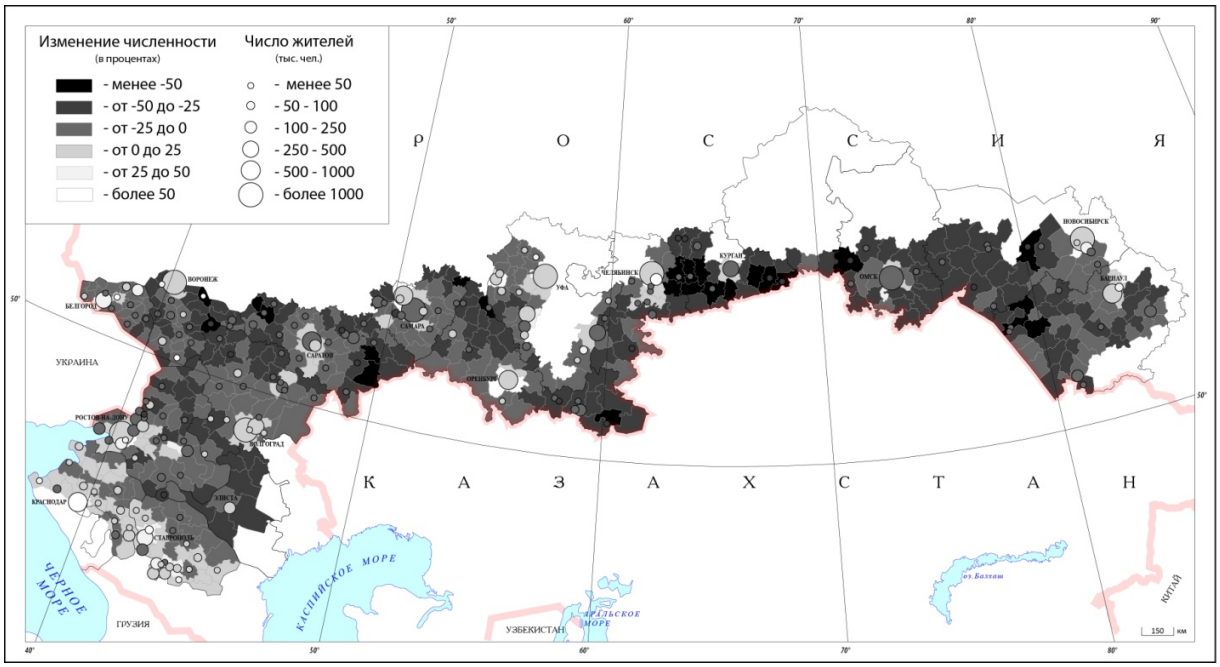


Рисунок 4.19. Изменение численности городского и сельского населения в степной зоне России в период 1989-2021 гг. (в процентах).

Районы с критической демографической ситуацией целиком состоят из сельских территорий, на их долю приходится около 2% сельского населения степной зоны. В основном они распространены в азиатской части степной зоны. В районах данного типа наблюдается критическое уменьшение численности населения, превышающее 50% (в среднем –58%). Общая демографическая картина отмечается значительным миграционным оттоком, существенной естественной убылью населения, низкой ожидаемой продолжительностью жизни, высокой детской смертностью и пр. Основными причинами, определившими убыль населения на большей части этих территорий, являются повсеместная экономическая депрессия и глубокие социальные проблемы. Эти территории не отличаются достаточно развитой инфраструктурой и комфортной социально-гуманитарной сферой, во многих случаях население буквально покидает эти места.

В число городов и районов с кризисной демографической ситуацией вошли территории с падением численности населения от 25 до 50%. Это обширная по площади территория, на которой проживает 1% от всего городского и 21% сельского населения степной зоны. Демографическая ситуация этой группы городов и районов характеризуется практически всеми негативными демографическими процессами –

значительным сокращением численности населения, высоким естественным и механическим оттоком, низкой ожидаемой продолжительностью жизни и пр. Подавляющая часть городов этой группы приходится на небольшие населенные пункты с численностью населения менее 50 тыс. чел., в основном это промышленные моногорода, некоторые бывшие и нынешние ЗАТО. В то же время сельские районы данной группы являются наиболее типичными и занимают значительную часть степной зоны России.

В муниципальных районах с неблагополучной демографической ситуацией, где падение численности населения составляет от 0 до 25%, проживает 35% городского населения и 41% сельского населения степной зоны. Данные территории характеризуются относительно высокими показателями сокращения численности населения, значительной естественной убылью, отрицательной миграцией, а в ряде случаев и небольшим миграционным притоком. В данной группе расположились города различного статуса и численности населения, среди которых имеются такие областные центры как: Курган (–14,3%), Саратов (–9,5%), Самара (–9,4%), Омск (–1,9%). Среди крупных городов можно выделить большие промышленные центры – Балашов (–24%), Новотроицк (–23%), Рубцовск (–20%), Орск (–18%), Таганрог (–16%), Бийск (–16%), Магнитогорск (–6,4%) и др. Сельские территории данной группы характеризуются высокой смертностью, низкой рождаемостью, но относительно лучшими показателями миграции населения.

Самая многочисленная группа городов и районов – это территории с устойчивой демографической ситуацией, где рост численности населения составляет от 0 до 25%, в них проживает 51% городского и 25% сельского населения степной зоны. Данные территории отличаются неоднородным уровнем по всем демографическим показателям. В городах отмечается устойчивый миграционный прирост, ожидаемая продолжительность жизни выше среднего значения, при этом естественный прирост остается практически всегда отрицательным. Большинство городов данной группы относится к категории крупных и крупнейших, из которых половина приходится на региональные центры: Волгоград (+0,2%), Челябинск (+3,2%), Барнаул (+4,3%), Оренбург (+4,7%), Уфа (+6%), Ростов-на-Дону (+11,3%), Новосибирск (+12,9%), Воронеж (+18,6%), Элиста (+20,5%). Сельское население этой категории в основном располагается в районах, примыкающих к крупным городам и областным центрам. Эти территории обладают хорошо развитой социальной и транспортной инфраструктурой, демографические характеристики схожи с показателями городов.

Группа городов и районов с благоприятной демографической ситуацией, где рост численности населения составил от 25 до 50%, включает в себя 7% городского и 10% сельского населения степной зоны. Среди крупных городов необходимо выделить такие региональные центры, как Белгород (+30%) и Ставрополь (+42%). Остальные населенные пункты данной группы в основном являются городами-спутниками областных центров. При этом сельские районы, как правило, являются пригородами и относятся к спальным районам, а население, проживающее в них, было бы корректно рассматривать как преимущественно городское.

Самая малочисленная категория городов и районов относится к группе с наиболее благоприятной демографической ситуацией. Рост численности населения здесь составляет более 50%. Доля городского населения этой группы насчитывает 5%, а число сельских жителей составляет 2% от общего населения степной зоны. Практически все города данной категории, как и в предыдущей группе, также являются городами-спутниками региональных центров, при этом отдельно стоит выделить Краснодар, где численность населения выросла более чем на 67%. Оставшиеся сельские районы также представлены пригородами крупных городов и имеют однородные с ними демографические показатели.

В результате проведенного анализа можно сделать ряд выводов о сложившейся демографической ситуации в регионах степной зоны России:

– на макроуровне, рассматривая всю территорию степной зоны России в период 1990-2021 гг., в целом можно отметить постепенное снижение демографического потенциала: уменьшается общая численность населения, снижается естественный и механический коэффициент движения населения, но при этом постепенно растет ожидаемая продолжительность жизни *(таблица 4.16);*

Таблица 4.16.

Динамика основных демографических показателей
в российско-казахстанском трансграничном регионе

	1990	2021
Численность населения (млн чел)	44,5	44
Коэффициент естественного прироста (убыли) (на 1 тыс. чел.)	3,3	–3,1
Коэффициент миграционного прироста (на 10 тыс. чел.)	21,5	10,6
Ожидаемая продолжительность жизни (лет)	69,6	72,4

– на мезоуровне, сопоставляя показатели на региональном уровне, наблюдается разнонаправленная динамика. Так, в исследуемый период в 11 регионах происходило сокращение численности населения, а в 7 наблюдался рост. При этом лидерами роста по численности населения являются преимущественно регионы, расположенные в Европейской части степной зоны (Краснодарский край, Ставропольский край, Белгородская область). В то время как регионы, в которых численность населения сократилась больше всего, как правило, являются приграничными территориями, расположенными в Азиатской части степной зоны (Курганская область, Омская область, Алтайский край и др.);

– на микроуровне, при сравнении городов и районов наблюдаются существенные контрасты по всем демографическим показателям. Максимальные различия в изменении численности населения по городам степной зоны составляют от –44% в городе Ясном (Оренбургской области) и до +105% в городе Михайловск (город-спутник регионального центра Ставрополь), в сельской местности эти различия еще более существенные – от –64% до +107%. При этом на значительной части территории степной зоны России происходит постепенное обезлюдевание обширных пространств в сельской местности.

Изменения последних трех десятилетий сопровождались глубокой перестройкой экономики, трансформацией национальных и региональных связей, социальным и демографическим кризисом. Волнообразность и темпы этих процессов стали определяющими для формирования современной структуры народонаселения в степной зоне России. Основные современные демографические вызовы в степной зоне России – это депопуляция (во многих случаях и обезлюдевание территории), высокая миграция, низкая ожидаемая продолжительность жизни и заметная пространственная поляризация. Значительная часть регионов теряет население более высокими темпами, чем в среднем по степной зоне, в результате усиливается периферийность не только отдельно взятых городов и сельских территорий, но и целых групп регионов (в основном приграничных). Во всей степной зоне прослеживается единый тренд – стягивание населения в наиболее экономически развитые районы и города, в частности из депрессивных сельских территорий в более развитые районы и небольшие города, из малых и средних городов – в крупные региональные центры и их ближайшие пригороды.

4.3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСОВ СТЕПНЫХ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

4.3.1. Пространственно-временная связанность социально-экономического опорного каркаса регионов степной зоны в условиях современных вызовов

(Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В.)

Социально-экономическая стабильность страны в целом неразрывно связана с устойчивым развитием каждого ее региона как составной части единого географического пространства. Стабильное и поступательное развитие российских областей, краёв и республик должно быть нацелено на оптимальное использование их природно-ресурсного, инфраструктурного и демографического потенциалов. В этой связи особая роль отводится рациональному использованию и совершенствованию сложившегося опорного каркаса расселения и производства как остова территориально-хозяйственной структуры.

Инициатива по развитию собственной территории во многом принадлежит регионам. Задача региональных и федеральных властей заключается в том, чтобы связать эти интересы и сделать их движущей силой развития. Транспортная сеть является важным связующим звеном между этими интересами, которое приносит пользу всем участникам транспортного процесса, удовлетворяет региональные и национальные потребности в грузовых и пассажирских перевозках.

Для приграничных территорий степной зоны России в условиях современных вызовов значение трансграничной сопряженности (Бакланов и др., 2020) и пространственно-временной связности транспортных сетей приобретает особую актуальность. Для оценки пространственно-временной связности опорного каркаса расселения (ОКР) в разрезе каждого из регионов степной зоны России через анализ рассчитанного коэффициента притяжения узловых элементов к ядру были решены следующие задачи (Чибилёв (мл.) и др., 2023):

– дать характеристику основным социально-экономическим показателям развития рассматриваемой территории в увязке с показателями развития транспортной автомобильной сети;

– предложить методические подходы к оценке пространственно-временной связности узловых элементов с ядром ОКР;

– составить базу данных показателей, характеризующих транспортную удаленность (по расстоянию и времени) городов и центров муниципалитетов от административных центров регионов степной зоны;

– провести картографический анализ пространственно-временной связности ОКР степных регионов;

– выявить территориальные различия и сформулировать предложения по оптимизации действующей на рассматриваемой территории транспортной сети.

Объектом исследования выступили 18 субъектов степного мезорегиона (Чибилёв (мл.), 2015) Российской Федерации, из которых 11 областей (Белгородская, Воронежская, Волгоградская, Ростовская, Оренбургская, Самарская, Саратовская, Курганская, Челябинская, Новосибирская и Омская), 4 республики (Адыгея, Калмыкия, Крым и Башкортостан) и 3 края (Краснодарский, Ставропольский и Алтайский), общей площадью 1,6 млн км^2.

Рассматриваемая территория включает 641 элемент опорного каркаса расселения: 18 ядер (административные центры субъектов) и 623 узла (центры городских округов и административных районов) опорного каркаса (Чибилёв (мл.), 2017; Чибилёв (мл.), 2019; Чибилёв (мл.) и др., 2020). Из 623 узлов ОКР 247 (почти 40%) составляют города. Общая протяженность автомобильных дорог общего

пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с усовершенствованным твердым покрытием на территории рассматриваемого степного мезорегиона составляет более 242,9 тыс. километров.

С помощью сервисов «Яндекс Карты», «РуДороги» и данных официальных открытых статистических источников составлена база данных, включающая показатели численности населения, расстояния (по дорогам общего пользования) и времени в пути до центра субъекта для 623 узловых элементов опорного каркаса.

В качестве результирующего показателя транспортной связности предложен коэффициент притяжения узлов к ядру опорного каркаса, который рассчитывается как отношение численности населения региона, проживающего на расстоянии, не превышающем медианное значение *(таблица 4.17, ст. 8)* расстояний всех узлов от его ядра, к численности населения, проживающего за пределами медианного значения. Значение коэффициента возрастает по мере роста концентрации населения основных элементов вблизи центра (ядра) субъекта.

Численность населения (на 01.01.2021 г.) степных регионов составляет 44,3 млн чел. (около 1/3 от численности населения страны), большую часть которого (67,1% или 29,8 млн чел.) составляет городское население. Наиболее урбанизированной является Челябинская область, где 82,7% населения проживают в 30 городах, численность которых варьируется от 8,5 тыс. чел (г. Миньяр) до 1,18 млн чел. (г. Челябинск). Сельское население превалирует над городским только в двух регионах степной зоны: в Республике Калмыкия (удельный вес сельского населения 53,8%) и в Республике Адыгея (53%). В среднем плотность населения степной зоны России составляет 27,5 чел./км^2. Самые густонаселенные регионы – Краснодарский край (75,3 чел./км^2) и Республика Крым (72,9 чел./км^2). Наименьшая плотность населения отмечена в Курганской области (11,4 чел./км^2) и в Республике Калмыкия (3,6 чел./км^2). В выделенных границах регионы-субъекты степной зоны располагаются в 6 федеральных округах: Центральном, Южном, Северо-Кавказском, Приволжском, Уральском и Сибирском. Всего, по состоянию на 01.01.2021 г., в регионах степной зоны насчитывается 510 муниципальных районов и 137 городских округов.

Одним из важнейших показателей социально-экономического развития регионов, в силу своей многофакторности и интегральности, является показатель объема валового регионального продукта (ВРП) на душу населения. В среднем в регионах степной зоны ВРП на душу населения составляет 420,5 тыс. руб. Наибольшие значения показателя отмечены в Белгородской (646,6 тыс. руб.) и Оренбургской (538,9 тыс. руб.) областях. Различия между регионами по уровню ВРП на душу населения существенно различны: коэффициент вариации равен 24,5%, а коэффициент разрыва полярных значений (рассчитывается как отношение максимального значения к минимальному) составляет 2,39.

На развитие демографического и экономического потенциалов степного мезорегиона влияет степень обеспеченности территории транспортными путями. Одними из самых распространенных способов, применяющихся для ее оценки, является расчет густоты транспортной сети и индекса Энгеля-Юдзуро Като. Для расчета последнего по автомобильному виду транспорта в качестве длины путей сообщений в регионе был взят показатель протяженности автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием *(таблица 4.17, ст. 4)*.

По данным таблицы 4.3.1.1 наблюдается высокая сила связи между показателями: численности населения и ВРП (коэффициент корреляции 0,95); ВРП и протяженностью автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием (коэффициент корреляции 0,8) *(рисунки 4.20-4.21)*.

В регионах степной зоны более 31 млн человек (около 73% всего населения) проживают в центрах субъектов, в городах и административных центрах муниципальных образований, которые связаны между собой как ядра и узлы опорного

каркаса основными транспортными артериями. Рассматривая транспортную связность как систему пространственных отношений между отдельными регионами, узлами и точками (Тархов, 2018), дадим характеристику удаленности (расстояние и время) городов и административных центров МО от административных центров субъектов степной зоны *(таблица 4.18).*

Таблица 4.17.

Некоторые показатели, характеризующие транспортнуюдоступность и валовой региональный продукт регионов степной зоны РФ

Субъект РФ	Площадь территории, тыс. кв. км	Численность населения, тыс. человек	Протяженность автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием, км	Индекс Энгеля-Юдзуро Като	Индекс транспортной доступности	Валовой региональный продукт в 2020 г., млрд руб.
1	2	3	4	5	6	7
Белгородская область	27,1	1541,3	19719,7	96,5	0,35	999
Воронежская область	52,2	2305,6	16628,2	47,9	0,45	1064
Республика Адыгея	7,8	463,2	2386,0	39,7	0,28	143
Республика Калмыкия	74,7	270,0	2824,2	19,9	0,22	93
Республика Крым	26,1	1901,5	8825,8	39,6	0,35	516
Краснодарский край	75,5	5683,9	23168,6	35,4	0,45	2617
Волгоградская область	112,9	2474,6	15235,7	28,8	0,36	979
Ростовская область	101,0	4181,5	21328,6	32,8	0,42	1692
Ставропольский край	66,2	2792,8	12778,2	29,7	0,33	863
Республика Башкортостан	142,9	4013,8	20449,8	27,0	0,41	1712
Оренбургская область	123,7	1942,9	9513,4	19,4	0,32	1051
Самарская область	53,6	3154,2	15007,0	36,5	0,40	1599
Саратовская область	101,2	2395,1	13620,3	27,7	0,38	863
Курганская область	71,5	818,6	8664,4	35,8	0,28	242
Челябинская область	88,5	3442,8	13854,5	25,1	0,39	1615
Алтайский край	168,0	2296,4	17255,2	27,8	0,28	672
Новосибирская область	177,8	2785,8	9149,2	13,0	0,33	1357
Омская область	141,1	1903,7	12519,2	24,2	0,27	763

Наибольшие значения удаленности, как по расстоянию, так и по времени, отмечены в самых больших по площади регионах (Новосибирская область и Алтайский край). Однако большая площадь – фактор основной, но не единственный. Так, например, в Республике Башкортостан (3-й по площади регион) средние значения расстояния и времени между узлами и ядром каркаса меньше, чем в Оренбургской области, и немногим больше аналогичных показателей в регионах с площадью в 2 раза меньше (Челябинская область и Республика Калмыкия). Это обусловлено «вытянутостью» территорий (Оренбургская область – субширотно. Челябинская область – субмеридионально) и слабой развитостью дорожной сети (плотность автомобильных дорог с твердым покрытием в Республике Калмыкия – 51 км/тыс. км^2, в Республике Башкортостан – 314 км/тыс. км^2).

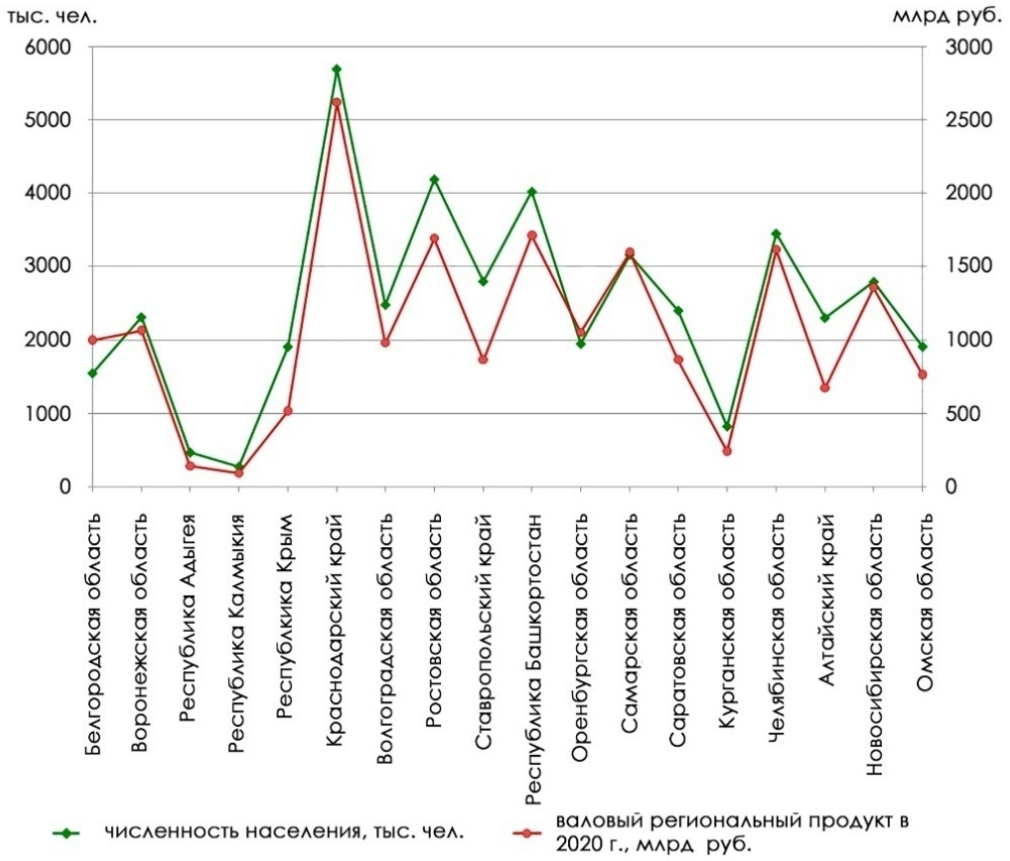


Рисунок 4.20. Диаграммы корреляционной зависимости численности населения и ВРП.

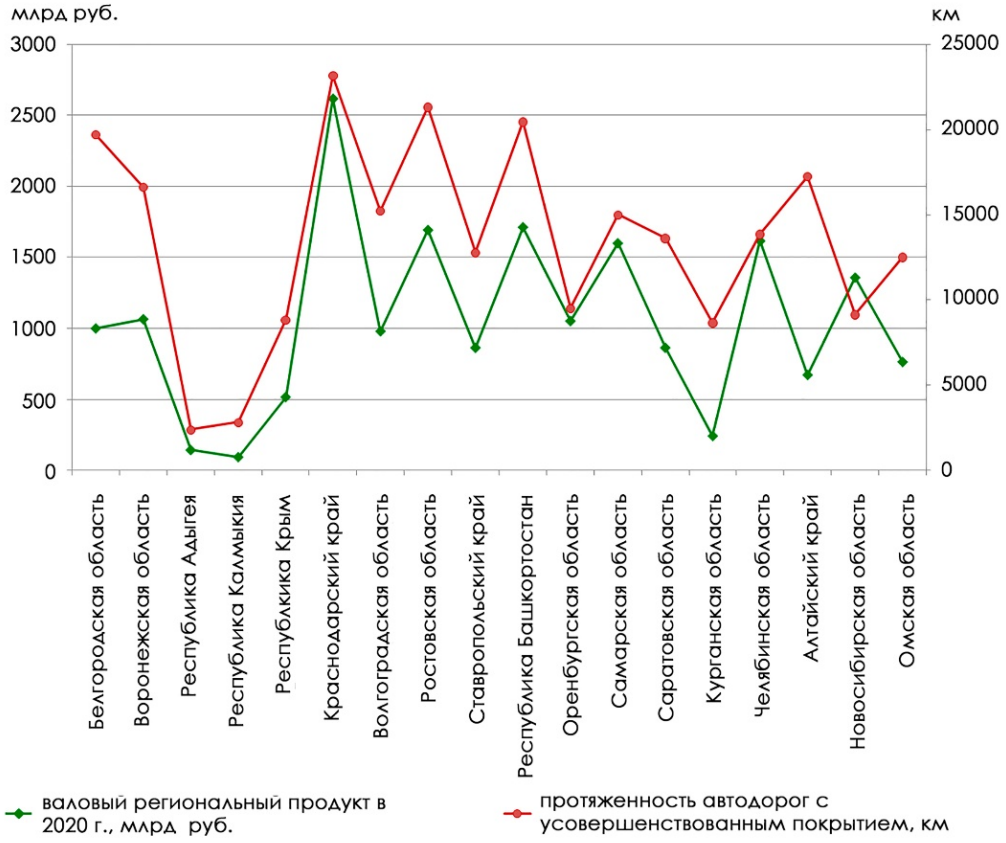


Рисунок 4.21. Диаграммы корреляционной зависимости ВРП и протяженности автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием (в 2021 году).

Таблица 4.18.

Основные характеристики транспортной удаленности узловых элементов от ядер опорного каркаса

Субъект РФ	Количество городов и административных центров МО		Доля численности населения, проживающего в городах и административных центрах МО	Средняя пространственно-временная удаленность городов и административных центров МО от центра субъекта		Расстояние до наиболее удаленного административного центра от центра субъекта, км	Медиана удаленности городов и административных центров МО от центра субъекта, км	Доля населения, проживающего в городах и административных центрах МО, на расстоянии, не превышающем медианное значение, %	Доля населения, проживающего в городах и административных центрах МО, на расстоянии, превышающем медианное значение, %	Коэффициент притяжения узлов к ядру опорного каркаса
	города	СНП		расстояние, км	время, мин					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Белгородская область	22		62,2	104	88	230	110	27	73	0,4
	11	11								
Воронежская область	34		63,4	149	113	300	160	48	52	0,9
	15	19								
Республика Адыгея	9		47,9	69	61	120	69	54	46	1,2
	2	7								
Республика Калмыкия	14		67,5	178	133	310	200	49	51	1
	3	11								
Республика Крым	24		53,2	104	99	200	110	52	48	1,1
	16	8								
Краснодарский край	45		58,8	163	163	340	155	44	56	0,8
	26	19								
Волгоградская область	36		77,0	199	166	400	190	78	22	3,5
	17	19								
Ростовская область	54		73,2	179	144	410	160	71	29	2,4
	23	31								
Ставропольский край	33		59,9	164	139	310	180	43	57	0,8
	19	14								
Республика Башкортостан	61		67,4	200	162	520	195	60	40	1,5
	21	40								
Оренбургская область	39		69,3	244	186	500	245	37	63	0,6
	12	27								
Самарская область	32		82,1	163	163	210	120	75	25	3,1
	11	21								
Саратовская область	41		72,8	167	137	350	155	49	51	1
	18	23								
Курганская область	25		65,5	129	107	220	135	33	67	0,5
	9	16								
Челябинская область	42		84,7	180	142	400	165	56	44	1,3
	30	12								
Алтайский край	64		66,3	243	189	490	240	61	39	1,6
	12	52								
Новосибирская область	33		76,8	253	203	570	210	63	37	1,7
	14	19								
Омская область	33		73,3	176	152	480	145	48	52	0,9
	6	27								

Визуализация пространственно-временной доступности ядер для населения узловых элементов опорного каркаса регионов степной зоны отражена на картосхеме *(рисунок 4.22).*

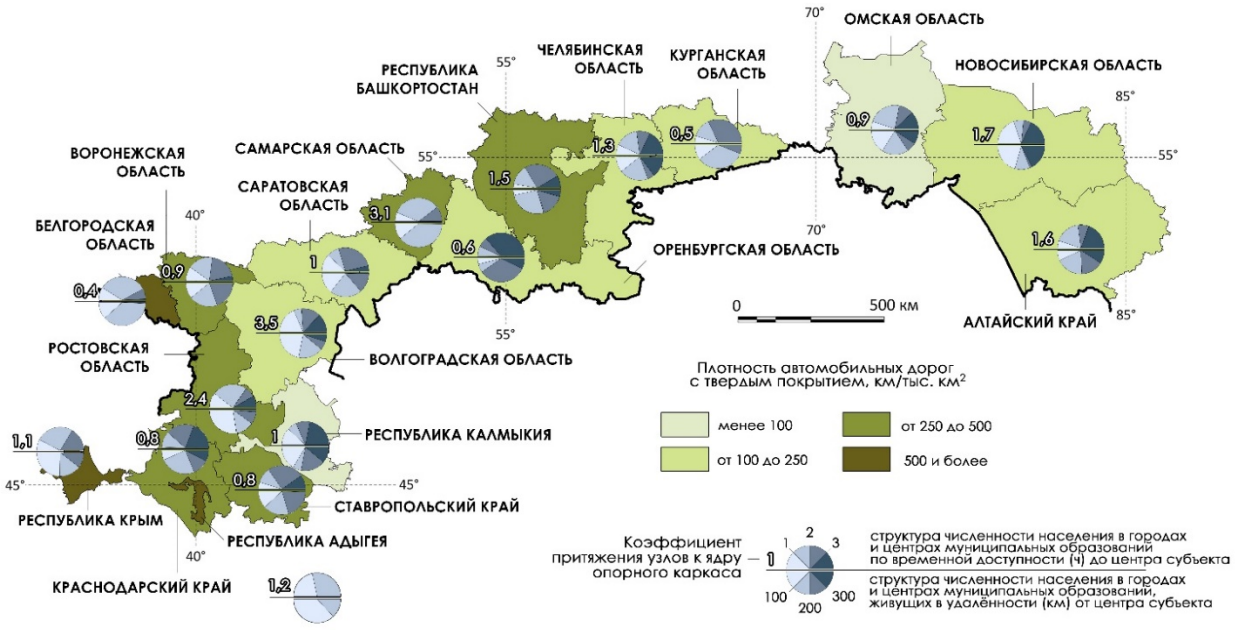


Рисунок 4.22. Картосхема плотности автомобильных дорог с твердым покрытием и пространственно-временной доступности центров субъектов степной зоны РФ для населения городов и административных центров муниципальных образований.

Плотность автомобильных дорог варьируется от 51 км/тыс. км^2 в Республике Калмыкия до 738 км/тыс. км^2 в Белгородской области и имеет обратную корреляцию с площадью региона (–0,7, по шкале Чеддока, связь характеризуется как высокая). Анализ распределения коэффициентов притяжения узлов к ядру опорного каркаса в регионах степной зоны России демонстрирует, что максимальной концентрацией населения вблизи центров субъектов обладают Волгоградская (3,5) и Самарская (3,1) области. В Белгородской и Курганской областях, напротив, у центров субъектов проживает только 1/3 населения. Оптимальный, с точки зрения равномерного пространственного распределения населения, коэффициент отмечен в Саратовской области и Республике Калмыкия.

Для наглядного представления интегральной пространственно-временной доступности центров субъектов степной зоны РФ для населения городов и административных центров муниципальных образований построена диаграмма *(рисунок 4.23),* которая демонстрирует, что большинство (68%) населения городов и административных центров проживает в 200 км доступности к центру их субъекта. В среднем, менее чем за 2 часа до центра региона может добраться 47% населения городов и центров его административных районов.

В ходе анализа данных временной доступности установлено, что среди исследуемых регионов максимальная доля численности населения в городах и центрах муниципальных образований, расположенных от центра субъекта в пределах 1 часа езды, отмечается в Республике Адыгея (43%) и Новосибирской области (40%), минимальные значения – в Оренбургской области и Республике Башкортостан (1% и 5% соответственно). Наибольшая доля населения, проживающая в удаленности более 3-х часов, наблюдается в Оренбургской области (73%) и Республике Калмыкия (44%), наименьшая – в Белгородской (2%) и Самарской (1%) областях. Если рассматривать

долю населенных пунктов в 2-х часовой доступности, то наибольшие значения отмечены в Республике Адыгея (43%) и Белгородской области (28%), наименьшие – в Краснодарском крае (2%) и Оренбургской области (3%). В 3-х часовой доступности около 50% населенных пунктов сосредоточены в Алтайском крае и Оренбургской области, в Самарской и Белгородской областях этот показатель составляет 3% и 5% соответственно.

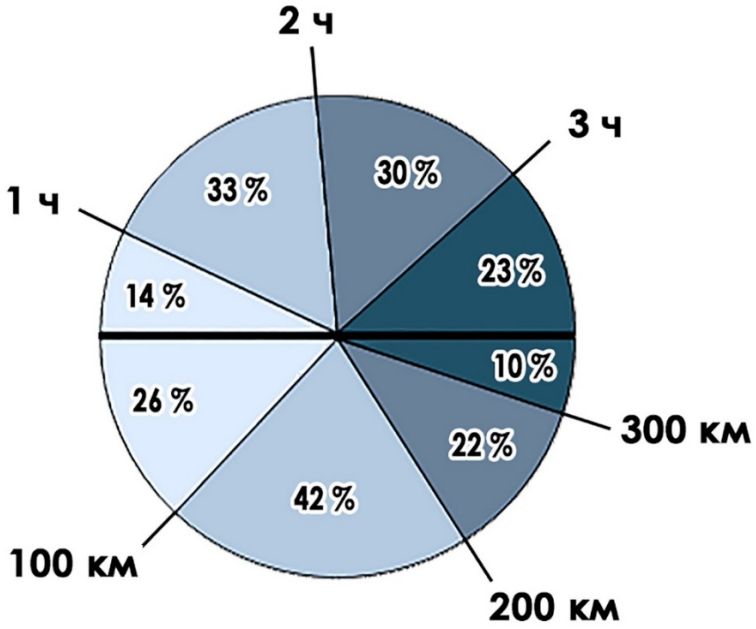


Рисунок 4.23. Диаграмма пространственно-временной доступности, отражающая долю численности населения от общей численности населения городов и административных центров муниципальных образований.

В результате оценки численности населения, проживающего в городах и центрах муниципальных образований в пространственной удаленности от центра субъекта, установлено, что на расстоянии до 100 км максимальная доля населения зафиксирована в Республике Адыгея (74%) и Ростовской области (55%), наименьшее значение данного показателя – в Республике Башкортостан (7%) и Оренбургской области (8%). Наибольшая доля жителей, проживающая на расстоянии более 300 км от центра субъекта, приходится на Новосибирскую (35%) и Челябинскую (29%) области, наименьшая – на Саратовскую область (1%) и Краснодарский край (1%). Значительная доля населенных пунктов, располагающихся на расстоянии до 100 км от центра субъекта, сосредоточена в Республике Адыгея (75%) и Белгородской области (48%). В удаленности более 300 км 44% населенных пунктов сосредоточено в Новосибирской области и 32% в Алтайском крае, а в Саратовской области и Краснодарском крае – около 5%.

Отмечена заметная (коэффициент корреляции 0,5) сила связи между численностью населения, проживающего в ядре ОКР региона, и коэффициентом притяжения к нему узлов ОКР *(таблица 4.18, ст. 11; рисунок 4.24).*

Сеть автомобильных дорог имеет большое значение в экономическом развитии рассматриваемой территории, в котором ключевую роль играют автомобильные дороги общего пользования регионального и межмуниципального значения. От стабильного функционирования транспортной сети во многом зависит эффективность использования территориального социально-экономического потенциала степных регионов.

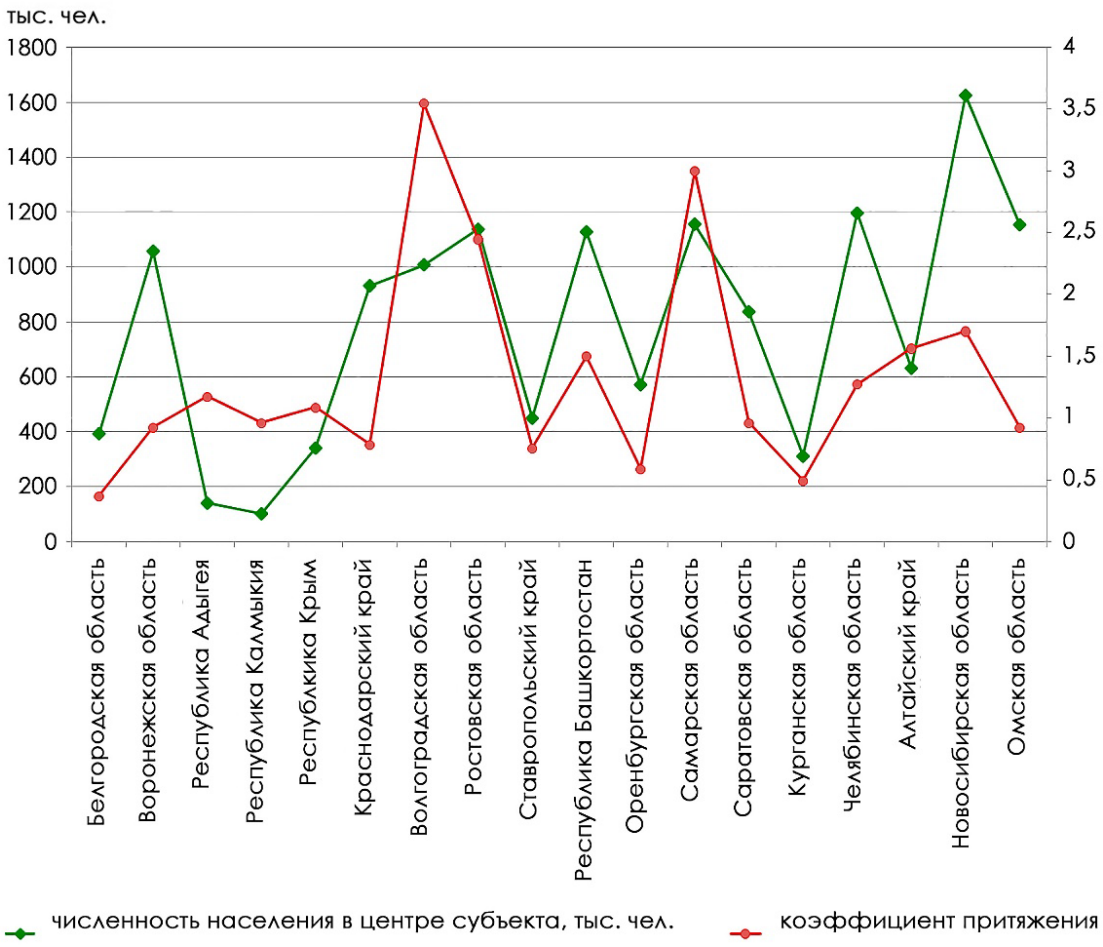


Рисунок 4.24. Диаграммы корреляционной зависимости между численностью населения, проживающего в ядре ОКР региона, и коэффициентом притяжения к нему узлов ОКР (в 2021 году).

Для оптимизации пространственно-временной связности опорного каркаса расселения регионов степной зоны в условиях современных вызовов можно предложить следующие мероприятия по совершенствованию опорной транспортной сети, направленные на:

– строительство и реконструкцию транспортных магистралей, искусственных сооружений и развязок различного уровня, обеспечивающих увеличение пропускной и несущей способностей автомобильных дорог, а также их перевод в более высокую категорию;

– сохранение и расширение автомобильных дорог общего пользования регионального и межмуниципального значения с учетом формирования инфраструктуры транспорта, соответствующей социально-экономическим потребностям региона;

– обеспечение связей населенных пунктов с опорной транспортной сетью, в частности, должно предусматриваться формирование сети автомагистралей и скоростных дорог по направлениям международных транспортных коридоров;

– развитие внутрирайонной маршрутной автобусной сети, а также организацию новых автобусных маршрутов во внутриобластном и внеобластном сообщениях;

– конвергентное развитие транспортных коридоров с природно-экологическим каркасом, подразумевающее симметричное рациональное использование элементов социально-экономического, транспортного, градо-экологического и природоохранного потенциалов (Чибилёв (мл.), Чибилёв, 2019).

Предложенные в исследовании методические подходы к оценке пространственно-временной связности территории и рассчитанный коэффициент притяжения узлов ОКР к его ядру могут служить инструментарием для усовершенствования существующей системы автомобильного транспорта в степном мезорегионе. При проведении исследований, направленных на оптимизацию административно-территориального устройства, результаты исследования могут быть полезными для выявления так называемых лакун или маргинальных (периферийных) территорий, узловые элементы опорного каркаса которых имеют слабые индексы притяжения к ядру, и, возможно, географически тяготеют к ядру, административно находящемуся в другом субъекте РФ.

Вместе с тем, для такой обширной и вытянутой в широтном отношении территории, как степная зона, всегда будет оставаться важным решение вопросов оптимизации транспортного сообщения (автомобильного, железнодорожного, авиационного). Проблемы, связанные с низкой плотностью экономического пространства, требуют более тщательного изучения факторов, определяющих пространственную концентрацию узловых элементов опорного каркаса расселения, наряду с проблемами нехватки (либо вовсе отсутствия) транзитных транспортных коридоров. Благодаря фактору трансграничности степного пространства и статусу «приграничные» почти для всех степных субъектов РФ, в условиях современных вызовов актуальность затронутых в исследовании вопросов со временем будет только возрастать.

4.3.2. Опорный каркас транспортной инфраструктуры степной зоны России: современное состояние, проблемы модернизации и перспективы развития *(Соколов А.А., Руднева О.С.)*

На современном этапе на территории степной зоны России представлены почти все типы транспортного сообщения: железнодорожный, автомобильный, авиационный, водный, трубопроводный и др. С хозяйственной точки зрения сотрудничество регионов степной зоны России в сфере транспорта – одно из наиболее перспективных направлений развития экономики. В целом, слаженное функционирование транспортной инфраструктуры оказывает существенное влияние на обеспечение устойчивости и безопасности территории, поскольку напрямую влияет на интенсивность развития региональной экономики. Исследование проводилось на нескольких территориальных уровнях: микроуровень – анализ региональных особенностей развития инфраструктуры; мезоуровень – взаимодействие региона с соседними субъектами; макроуровень – трансграничное взаимодействие территорий для реализации общих инфраструктурных проектов.

Ведущее значение для развития транспортного потенциала степной зоны России имеет система железных дорог, на нее приходится около 80% грузовых перевозок и около 30% пассажирских. В целом, степная зона имеет существенно более высокую плотность железных дорог – 154 км/10 тыс. км^2, чем в среднем по России (51 км/10 тыс. км^2). Однако обеспеченность железными дорогами в региональном разрезе имеет существенные территориальные различия. Наибольшую плотность железных дорог имеет Краснодарский край (297 км/10 тыс. км^2), Белгородская (258 км/10 тыс. км^2) и Самарская (256 км/10 тыс. км^2) области, наименее обеспечены сетью железных дорог Республика Калмыкия (22 км/10 тыс. км^2), Омская (52 км/10 тыс. км^2) и Тюменская (55 км/10 тыс. км^2) области *(рисунок 4.25).*

Важнейшим направлением модернизации существующих и создания новых направлений железнодорожного сообщения на территории степной зоны России должно стать развитие международных транспортных коридоров. По территории степной зоны проходят два – «Север-Юг» (страны Восточной, Центральной Европы и

Скандинавии – европейская часть России, Каспийское море, Иран, Индия, Пакистан и др.) и «Запад-Восток» (страны Центральной Европы, Москва, Екатеринбург, Красноярск, Хабаровск, Владивосток, а также система его ответвлений по территории России, Казахстана, Монголии, Китая и Кореи) *(рисунок 4.26)*.

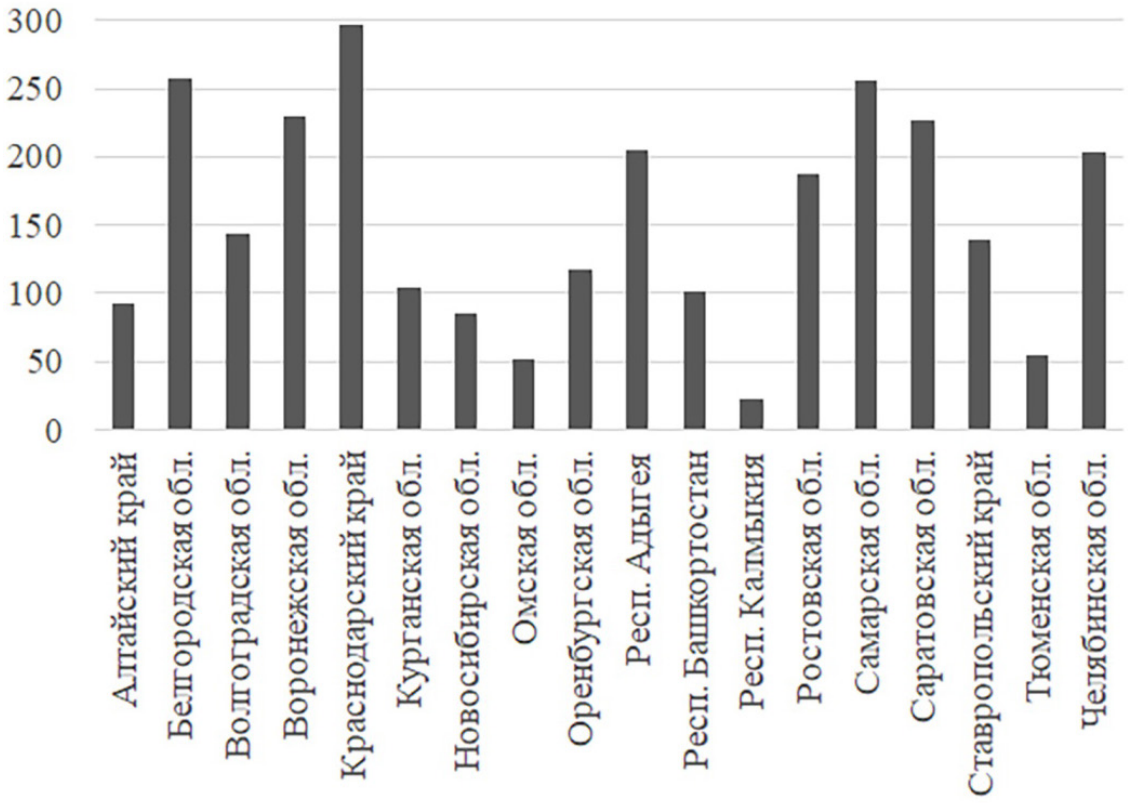


Рисунок 4.25. Плотность железных дорог по регионам степной зоны России (км/10 тыс. км^2).

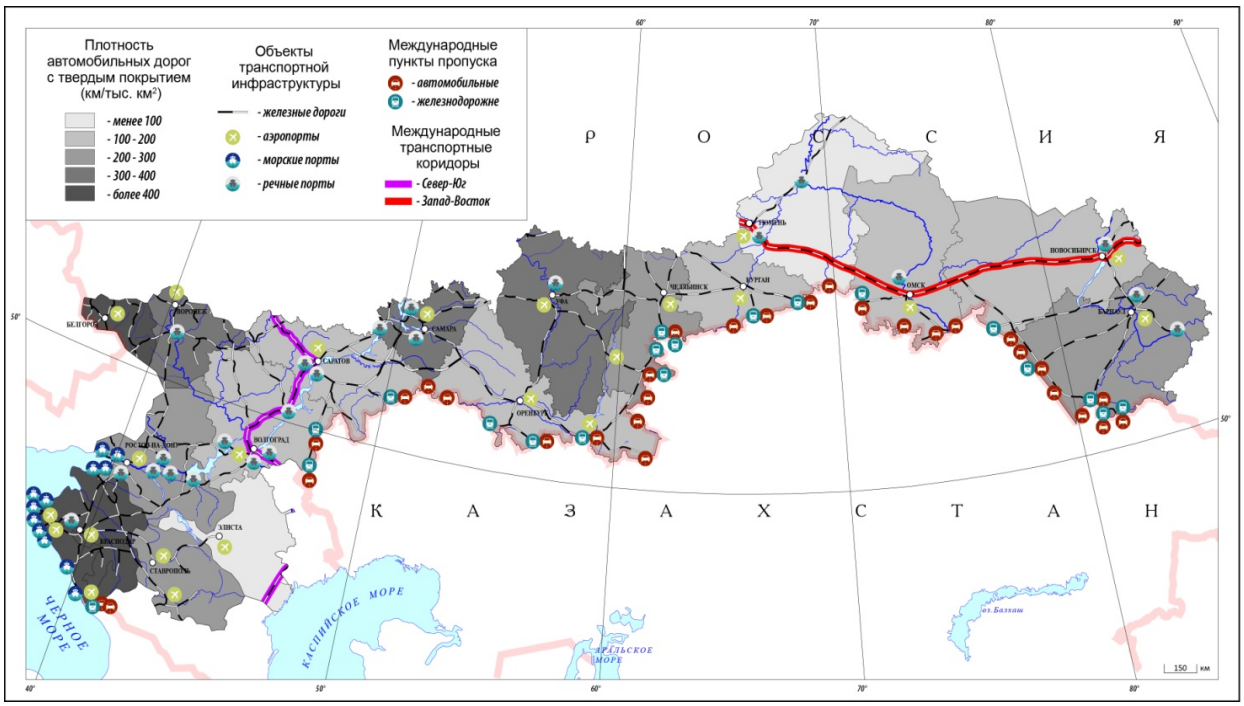


Рисунок 4.26. Транспортная инфраструктура регионов степной зоны России.

Плотность автомобильных дорог с твердым покрытием в степной зоне России составляет 266 км/ тыс. км^2, что значительно выше среднего значения по России (64 км/тыс. км^2). При этом территория степной зоны существенно различается по уровню развития автомобильных дорог. Самая высокая плотность автомобильных дорог с твердым покрытием наблюдается в Белгородской области (738 км/тыс. км^2), Республике Адыгея (576 км/тыс. км^2) и Краснодарском крае (486 км/тыс. км^2), в тоже время наименее обеспеченными регионами являются Республика Калмыкия (51 км/тыс. км^2) и Тюменская область (90 км/тыс. км^2).

Также элементы транспортной инфраструктуры степной зоны являются звеньями перспективного проекта трансконтинентального автодорожного коридора Западная Европа-Западный Китай, запланированная общая протяженность по маршруту составляет 8,5 тыс. км. Из них около четверти пути будет проходить по территории степной зоны (Ларин, 2017; Мехдиев, 2018).

Присутствие судоходных участков рек и незамерзающих морей повышает эффективность использования транспортной инфраструктуры. В целом степная зона России располагается в пределах четырех судоходных бассейнов рек: Обь с Иртышем, Волга, Дон, Кубань, где размещается 23 речных порта. Наличие морской инфраструктуры способствует более эффективной интеграции инфраструктуры степной зоны в международную транспортную систему. Портовая инфраструктура размещена в акватории Черного и Азовского морей, всего здесь располагается 12 морских портов.

Авиационный транспорт имеет большое значение для осуществления пассажирских и, в меньших масштабах, грузовых перевозок на дальние расстояния. В регионах степной зоны России действует 26 международных аэропортов, которые обслужили в 2019 г. 42 млн чел. Крупнейшими аэропортами в регионах степной зоны являются: Сочи (6,7 млн чел.), Новосибирск (6,6 млн чел.), Краснодар (4,6 млн чел.).

Трубопроводный транспорт имеет существенное значение для развития экономики регионов степной зоны России. По территории степной зоны проходят множество трубопроводов, среди которых можно выделить: нефтепровод «Дружба» (66 млн тонн/год), нефтепровод «Каспийский трубопроводный консорциум» (31 млн тонн/год), нефтепровод «Узень-Атырау-Самара» (16 млн тонн/год), нефтепровод «Туймазы-Омск-Новосибирск» (12 млн тонн/год), газопровод «Союз» (26 млрд м^3/год), аммиакопровод «Тольятти-Одесса» (2,5 млн тонн/год).

Так как на значительной части протяжения степная зона России является приграничной, особое значение приобретает уровень развития трансграничной транспортной инфраструктуры. В настоящее время объекты, обеспечивающие трансграничное движение товаров, услуг и населения, включают в себя 49 пунктов пропуска, из которых 19 железнодорожные и 30 автомобильные. При этом количество пунктов пропуска для приграничных регионов степной зоны существенно различается. Наиболее обеспечены пунктами пропуска Оренбургская область и Алтайский край, а наименее контактны участки границы в Самарской и Тюменской областях. Также необходимо отметить, что среднее расстояние между пунктами пропуска на российско-казахстанской границе составляет 150 км, такая низкая густота сети пограничных пропусков существенно ограничивает использование имеющегося транспортного потенциала (Голунов, 2009).

В результате можно сделать ряд выводов. На современном этапе транспортная инфраструктура степной зоны России обеспечивает несколько ключевых задач:

– осуществление внутрирегиональных транспортных связей;

– содействие межрегиональным связям, как между отдельными регионами, так и в целом по степной зоне;

– обеспечение стыка наземных видов транспорта с речными и морскими;

– обслуживание внешнеэкономических связей через выходы к зарубежным странам и их рынкам;

– реализация транзитных перевозок из других регионов страны и обратно;

– обеспечение транзитных функций из стран Азии в страны Европы и обратно (Бакланов и др., 2020).

При этом транспортная инфраструктура в регионах степной зоны России имеет различный уровень развития. Наибольшим потенциалом обладает инфраструктура в Краснодарском крае, Ростовской и Волгоградской областях, наименее развит транспорт в Республике Адыгея и Ставропольском крае. Следует отметить, что некоторые регионы, хотя и не обладают всем спектром транспортной инфраструктуры, однако имеют хорошее развитие некоторых ее составляющих. Например, Белгородская область располагает лучшей в степной зоне сетью автодорог и второй по плотности сетью железных дорог; Самарская, Воронежская области и Республика Башкортостан также обладают развитой автомобильной, железнодорожной и портовой инфраструктурой *(таблица 4.19).*

Таблица 4.19.

Наличие различных видов транспортной инфраструктуры по регионам степной зоны России

Приграничный регион	железнодорожная	автомобильная	речная	морская	авиационная	трубопроводная	международные пункты пропуска	международные транспортные коридоры
Алтайский край	+	+	+	–	+	+	+	–
Белгородская обл.	+	+	–	–	+	+	+	–
Волгоградская обл.	+	+	+	–	+	+	+	+
Воронежская обл.	+	+	+	–	+	+	–	–
Краснодарский край	+	+	+	+	+	+	+	–
Курганская обл.	+	+	–	–	+	+	+	–
Новосибирская обл.	+	+	+	–	+	+	+	+
Омская обл.	+	+	+	–	+	+	+	+
Оренбургская обл.	+	+	–	–	+	+	+	–
Респ. Адыгея	+	+	–	–	–	+	–	–
Респ. Башкортостан	+	+	+	–	+	+	–	–
Респ. Калмыкия	+	+	–	–	+	+	–	+
Ростовская обл.	+	+	+	+	+	+	+	–
Самарская обл.	+	+	+	–	+	+	+	–
Саратовская обл.	+	+	+	–	+	+	+	+
Ставропольский край	+	+	–	–	+	+	–	–
Тюменская обл.	+	+	+	–	+	+	+	+
Челябинская обл.	+	+	–	–	+	+	+	–

В целом, в степной зоне России отмечается лучшая обеспеченность объектами транспортной инфраструктуры в сравнении со средними показателями по стране, это выражается в более высокой плотности автомобильных (в четыре раза) и железных (в три раза) дорог. На сегодняшний день приоритетным направлением развития опорного

транспортного каркаса в степной зоне России является развитие международных транспортных коридоров – «Север-Юг», «Запад-Восток» и планируемого «Западная Европа-Западный Китай». Многофункциональный подход эксплуатации данных транспортных коридоров позволит развить оптимальную опорную транспортную сеть, обеспечивающую ускорение движения товаров и людей, снижение транспортных издержек, что в свою очередь, позволит обеспечить стабильный экономический рост и устойчивое развитие в регионах степной зоны России.

4.3.3. Оценка степени интеграции элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов регионов степной зоны Европейской России

(Чибилёв А.А. (мл.), Лебедева Т.В.)

Для анализа существующих социально-экономического и природно-экологического каркасов на основе имеющейся официальной статистической информации по западным регионам степной зоны России за 2018-2022 годы сформирована система показателей *(рисунок 4.27).* Особенностью предложенной системы является включение в нее преимущественно относительных величин, которые при территориальных сравнениях учитывают площадь территории и численность населения.

Пространственно-временная характеристика каркасов проведена на основе расчета:

среднего темпа роста (4.10):

$$\mathrm{T_p} = \sqrt[n-1]{\frac{y_t}{y_0}} \cdot 100\%; \quad (4.10)$$

где y_t – значение уровня ряда в момент t,
y_0 – базисное значение уровня ряда в момент;

коэффициента вариации (4.11):

$$V_s = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\%; \quad (4.11)$$

где s – среднее квадратическое отклонение,
$\bar{x}$ – среднее значение.

Рейтинговая оценка регионов проведена с использованием метода суммы мест. Он обеспечивает решение задачи обобщения частных оценок путем суммирования мест регионов по каждому показателю социально-экономического и природно-экологического каркасов за каждый год. По каждому региону определяется сумма занятых им мест, регионы ранжируются в соответствии с суммой мест. Наилучшим признается регион, в котором сумма мест минимальна *(4.12):*

$$R_{\text{int}} = \frac{\sum R_i^j}{n}, \quad (4.12)$$

где R_i^j – рейтинг региона по i- му индикатору в j-ый год,
n – общее число рейтингов.

Согласованность рейтингов оценена на основе критерия ранговой корреляции Спирмена *(4.13):*

$$p = 1 - 6\frac{\sum d^2}{n^3 - n}, \quad (4.13)$$

где d^2 – квадраты разностей между рейтингами,
n – количество признаков, участвовавших в ранжировании.

Регионы западной части степной зоны России неоднородны по 13 показателям из сформированной системы *(рисунок 4.27)* – коэффициенты вариации по ним превышали 33% в анализируемые годы *(рисунок 4.28)*.

Социально-экономический каркас

- S_1 - плотность населения, чел/км^2;
- S_2 - уровень занятости населения (по данным выборочных обследований рабочей силы; в процентах);
- S_3 - медианный среднедушевой денежный доход населения (в месяц; рублей);
- S_4 - потребительские расходы в среднем на душу населения (в месяц; рублей);
- S_5 - валовой региональный продукт на душу населения (рублей);
- S_6 - инвестиции в основной капитал на душу населения (в фактически действовавших ценах; рублей);
- S_7 - плотность железнодорожных путей общего пользования (на конец года; км путей на 10000 км^2 территории);
- S_8 - плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием (на конец года; км путей на 1000 км^2 территории);
- S_9 - пассажирооборот автобусов общего пользования (миллионов пассажиро-километров);
- S_{10} - отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования (тысяч человек);
- S_{11} - доля населенных пунктов с численностью населения более 100 тыс чел.

Природно-экологический каркас

- P_1 - число экотроп и маршрутов в государственных природных заповедниках и национальных парках ;
- P_2 – удельный вес площади ООПТ (фз) в общей площади территории, процентов;
- P_3 - доля площади зеленых насаждений в пределах городской черты в общей площади городских земель в пределах городской черты, %;
- P_4 - доля валовой добавленной стоимости туристской индустрии в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации, %;
- P_5 - валовая добавленная стоимость туристской индустрии экономики субъекта Российской Федерации (млн. руб.);
- P_6 - количество особо охраняемых природных территорий (единиц) .

Рисунок 4.27. Система показателей для характеристики социально-экономического и природно-экологического каркасов.

Выделение однородных групп субъектов по показателям элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов, а также по средним коэффициентам роста показателей элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов проведено на основе методов кластерного анализа – иерархического агломеративного, в качестве метрики использовано «расстояние городских кварталов» и мера сходства «метод Уорда».

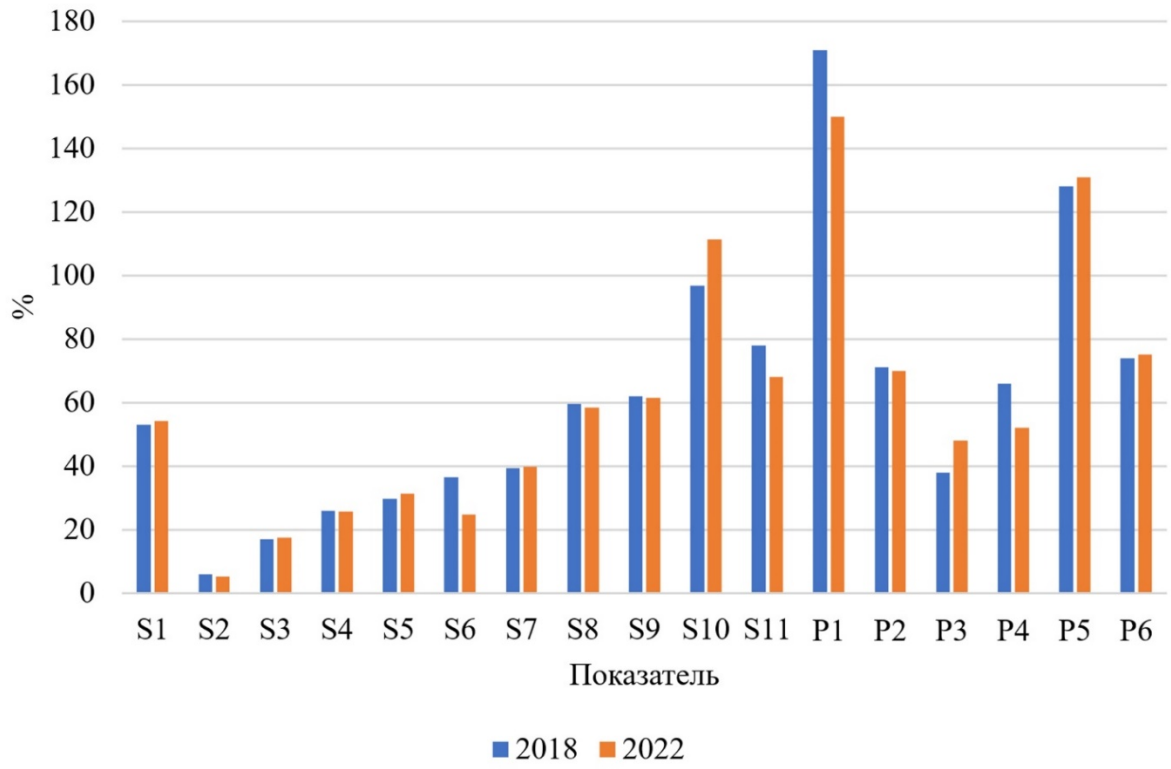


Рисунок 4.28. Коэффициенты вариации показателей элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов.

Оценка взаимосвязи между критериями степени интеграции субъектов западной части степной зоны проведена на основе метода канонических корреляций. Данный метод позволяет одновременно анализировать взаимосвязь нескольких эндогенных переменных и большого числа экзогенных переменных, не требуя при этом отсутствия мультиколлинеарности переменных.

Сформированы критерии для оценки степени интеграции элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов регионов степной зоны европейской России *(таблица 4.20)*.

Наиболее сильная дифференциация наблюдается по трем показателям: «отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования» (S_{10}), «число экотроп и маршрутов в государственных природных заповедниках и национальных парках» (P_1) и «валовая добавленная стоимость туристской индустрии экономики субъекта Российской Федерации» (P_5) – коэффициенты вариации по ним более 100%.

Наибольшие значения данных показателей наблюдались в Краснодарском крае, наименьшие – в Республике Калмыкия.

По сформированной системе показателей за 2018-2022 годы методами кластерного анализа субъекты западной части степной зоны России разбиты на два кластера *(рисунок 4.29)*.

Средние значения показателей субъектов, вошедших во второй кластер, в 1,1-12,5 раз выше средних значений показателей субъектов первого кластера, и только по показателю «доля валовой добавленной стоимости туристской индустрии в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации» (P_4) субъекты второго кластера «отстают» в среднем на 10-20%.

Таблица 4.20.

Критерии степени интеграции элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов регионов степной зоны европейской России

Тип интеграции	Объект интеграции	Критерий степени интеграции
Географическая	Пространственное распределение	GI_1 – средняя доля муниципальных образований с численностью населения более 10 тыс чел. за 2018-2022 гг. (%) GI_2 – средняя плотность населения за 2018-2022 гг. (чел/км^2)
Транспортная	Удаленность и доступность населенных пунктов и ядер заповедного фонда	TRI_1 – средняя плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием на 1000 км^2 территории за 2018-2022 гг., (км) TRI_2 – средняя плотность железнодорожных путей общего пользования за 2018-2022 гг., (км путей на 10 000 км^2 территории)
Туристская	Турпотоки в посетителях и денежном эквиваленте	TUI_1 – средняя доля валовой добавленной стоимости туристской индустрии в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации за 2018-2022 гг., (%) TUI_2 – средний удельный вес площади ООПТ в общей площади территории за 2018-2022 гг., (%)

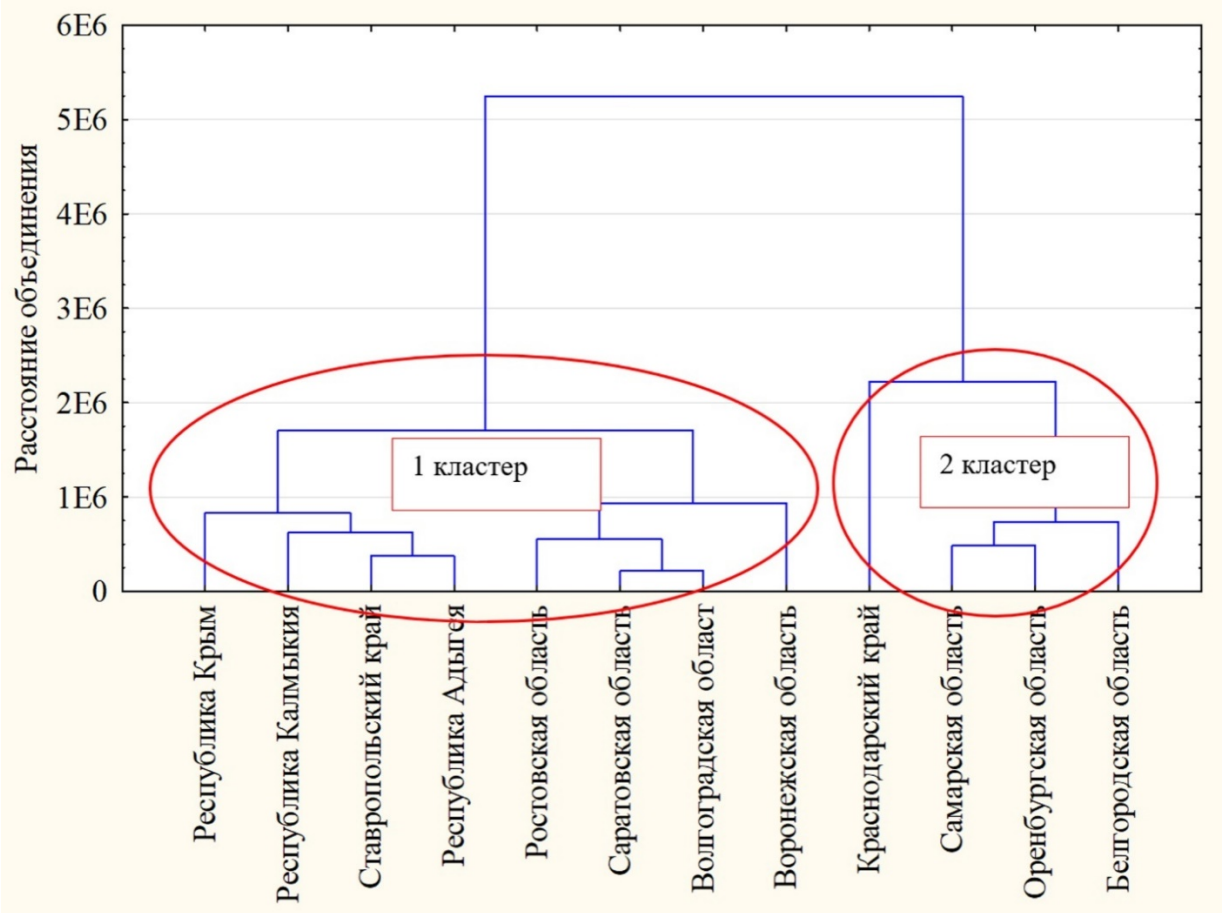


Рисунок 4.29. Дендрограмма кластерного анализа субъектов западной части степной зоны России по показателям элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов за 2018-2022 годы.

Результаты кластерного анализа согласуются с результатами рейтинговой оценки *(рисунок 4.30).* Краснодарский край лидирует и в рейтинге по показателям элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов, на последнем месте рейтингов – Республика Калмыкия.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена между рейтингами СЭК и ПЭК составил 0,80, что свидетельствует о высокой согласованности рейтингов, то есть можно сделать вывод о взаимосвязи и взаимообусловленности развития социально-экономического и природно-экологического каркасов в анализируемых субъектах.

Оценка устойчивости роста показателей элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов за 2018-2022 годы в субъектах западной части степной зоны России проведена на основе расчета средних коэффициентов роста *(рисунки 4.31-4.32).*

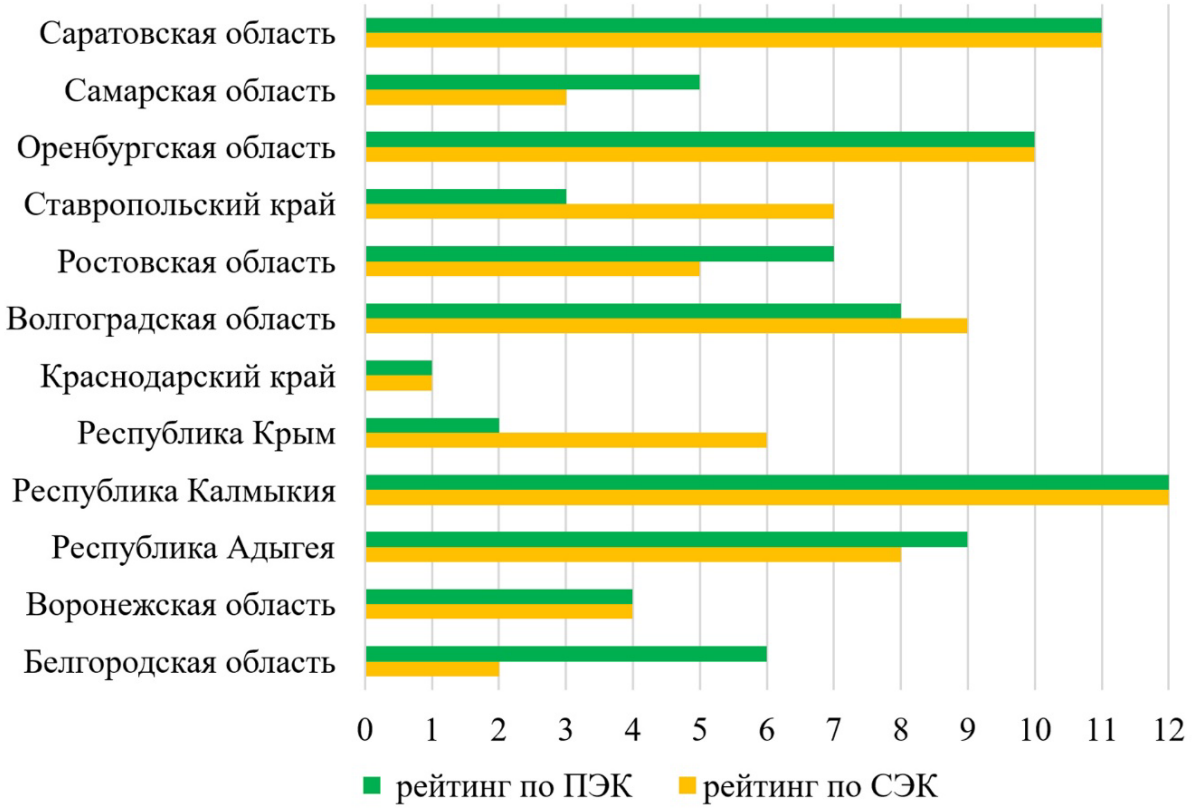


Рисунок 4.30. Рейтинг субъектов западной части степной зоны России по показателям элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов за 2018-2022 годы.

Положительная динамика по всем одиннадцати анализируемым показателям социально-экономического каркаса наблюдалась только в одном субъекте – Республике Адыгея. По пяти показателям социально-экономического каркаса: медианному среднедушевому денежному доходу населения (S_3); потребительским расходам в среднем на душу населения (S_4); валовому региональному продукту на душу населения (S_5); плотности железнодорожных путей общего пользования (S_7); плотности автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием (S_8) во всех анализируемых субъектах наблюдалась положительная динамика *(рисунок 4.31).*

Снижение плотности населения (S_1) наблюдалось только в двух субъектах – в Республике Калмыкия и Оренбургской области; в Оренбургской области также зафиксировано снижение уровня занятости населения (S_2). Только в Республике Крым

в среднем за период объем инвестиций в основной капитал на душу населения снижался на 8%, в прочих субъектах рост показателя колебался от 4 до 15% в среднем за год. В Белгородской области пассажирооборот автобусов общего пользования возрастал в среднем за год на 3%, в Адыгее – на 17%, в остальных субъектах показатель снижался на 1-21% в среднем за год. В пяти субъектах: Белгородской, Воронежской, Оренбургской, Самарской и Саратовской областях показатель «отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования» (S_{10}) снижался на 2-4% в среднем за год. Снижение доли населенных пунктов с численностью населения более 100 тыс. человек (S_{11}) на 4-5% было в Самарской области, Краснодарском крае и Республике Крым *(рисунок 4.31)*.

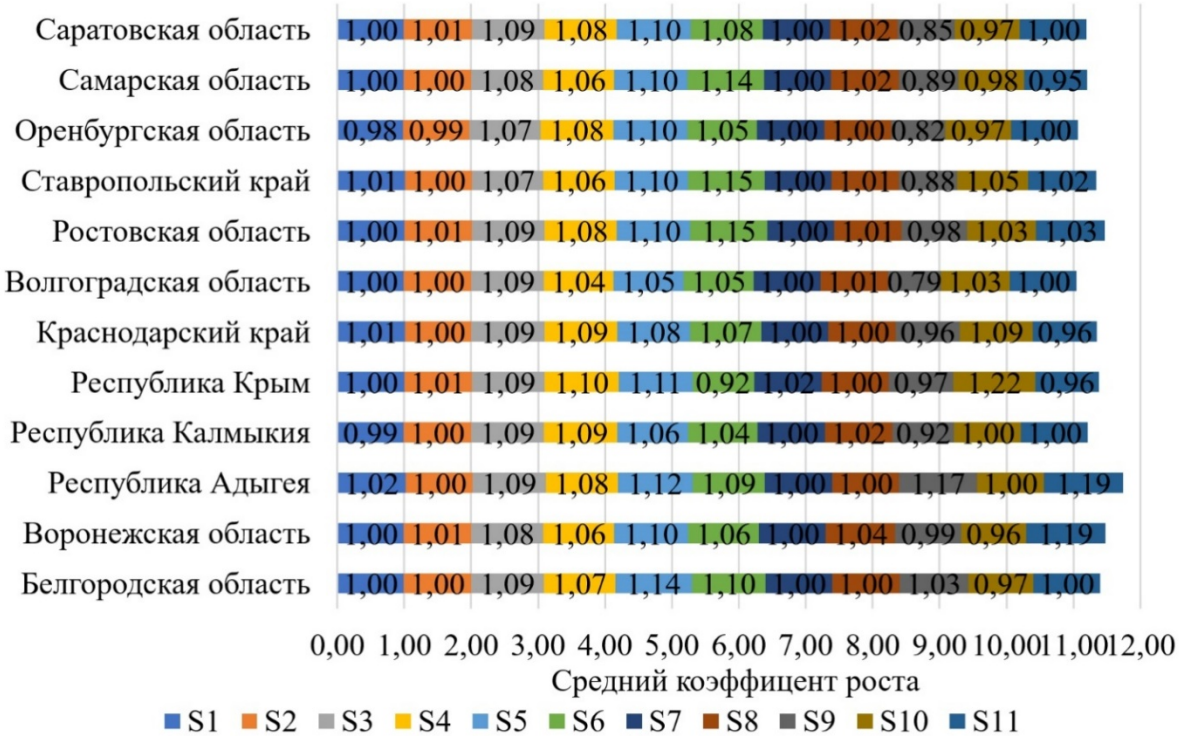


Рисунок 4.31. Интенсивность изменения динамики за 2018-2022 годы показателей социально-экономического каркаса субъектов западной части степной зоны России.

В Белгородской области и Республике Калмыкия в 2018-2022 годы наблюдалась положительная тенденция в динамике показателей природно-экологического каркаса *(рисунок 4.32)*. В двух из шести субъектов, по которым представлена информация по показателю «число экотроп и маршрутов в государственных природных заповедниках и национальных парках» (P_1), наблюдалась положительная динамика данного показателя. В Оренбургской области и Краснодарском крае показатель снижался в среднем на 2% в год, а в Воронежской и Самарской областях – на 10-11%.

Удельный вес площади ООПТ в общей площади территории (P_2) снизился в среднем за период только в Волгоградской области, в прочих субъектах значение показателя возрастало в среднем за год от 0 до 7%.

Доля площади зеленых насаждений в пределах городской черты в общей площади городских земель в пределах городской черты (P_3) снижалась на 10% в Саратовской области и на 7% в Краснодарском крае. В остальных субъектах показатель возрастал от 0 до 16%.

Рост показателя «доля валовой добавленной стоимости туристской индустрии в валовом региональном продукте субъекта» (P_4) на 0-7% в среднем за год наблюдался в Республике Калмыкия, Волгоградской и Белгородской областях. Только в

Ставропольском крае было снижение показателя «валовая добавленная стоимость туристской индустрии экономики субъекта» (P_5) на 2% в среднем за год. Количество особо охраняемых природных территорий (P_6) снизилось только в Оренбургской области на 1% *(рисунок 4.32)*.

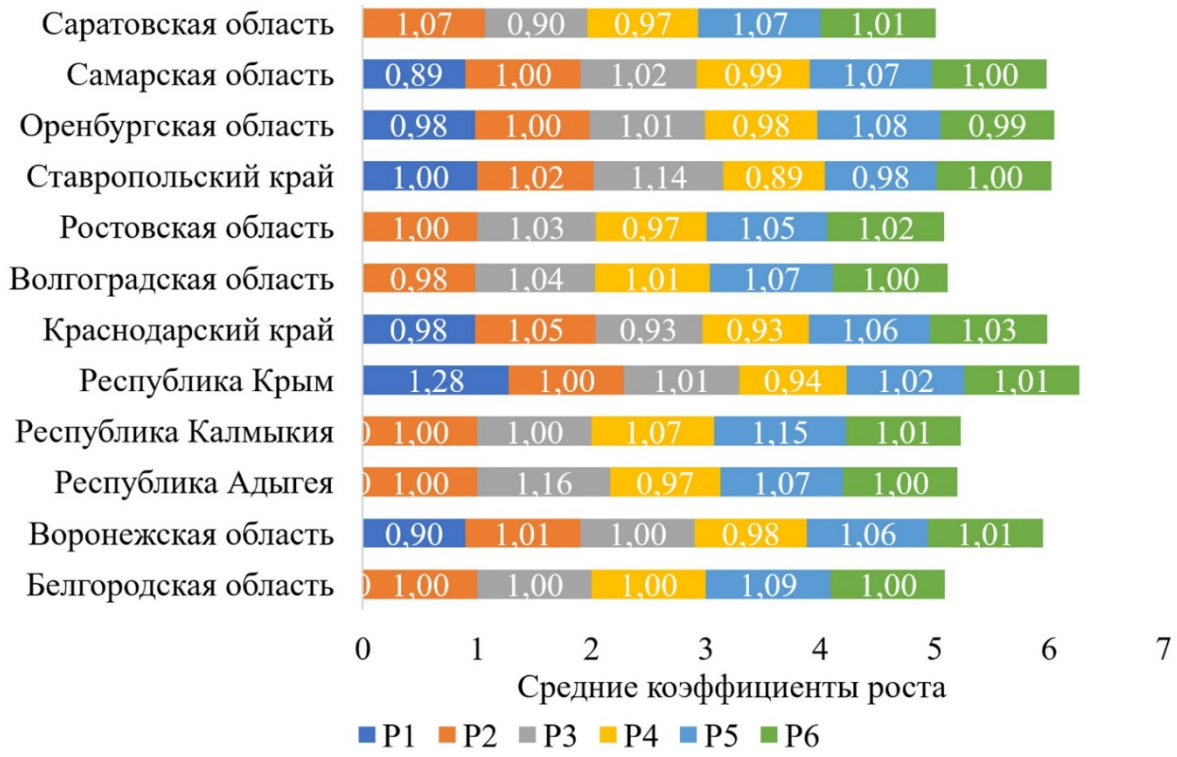


Рисунок 4.32. Интенсивность изменения динамики за 2018-2022 годы показателей природно-экологического каркаса субъектов западной части степной зоны России.

Между коэффициентами роста показателей природно-экологического и социально-экономического каркасов установлены статистически значимые на 10%-м уровне значимости связи. Так, коэффициент роста числа экотроп и маршрутов в государственных природных заповедниках и национальных парках (P_1) имеет прямую корреляционную связь с изменением потребительских расходов в среднем на душу населения (S_4), плотности железнодорожных путей общего пользования (S_7) и отправлений пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования (S_{10}), а также обратную связь с изменением инвестиций в основной капитал на душу населения (S_6) и плотностью автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием (S_8) *(таблица 4.21)*.

Коэффициенты роста удельного веса площади ООПТ в общей площади территории (P_2) имеют прямую связь с коэффициентом роста потребительских расходов в среднем на душу населения (S_4).

Изменение доли площади зеленых насаждений в пределах городской черты в общей площади городских земель в пределах городской черты (P_3) имеет прямую тесную связь с коэффициентами роста плотности населения (S_1) и долей населенных пунктов с численностью населения более 100 тыс. чел. (S_{11}).

Обратная связь выявлена между динамикой доли валовой добавленной стоимости туристской индустрии в валовом региональном продукте субъекта (P_4) и плотностью населения (S_1).

Коэффициент роста медианного среднедушевого денежного дохода населения (S_3) имеет прямую связь с динамикой валовой добавленной стоимости туристской индустрии экономики субъекта (P_5) и количества особо охраняемых природных территорий (P_6). При этом последний показатель имеет обратную связь с коэффициентом роста

отправления пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования (S_{10}) *(таблица 4.21).*

Таблица 4.21.
Коэффициенты парной корреляции между коэффициентами роста показателей СЭК и ПЭК

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
S1	0,20	0,16	0,55	–0,50	–0,40	0,16
S2	0,38	0,19	–0,08	–0,07	–0,16	0,37
S3	0,45	0,07	–0,26	0,39	0,55	0,59
S4	0,77	0,58	–0,35	–0,04	0,15	0,32
S5	0,30	0,11	0,05	–0,31	–0,21	–0,34
S6	–0,81	0,08	0,26	–0,15	–0,12	0,06
S7	0,95	0,03	–0,16	–0,30	–0,31	0,09
S8	–0,60	0,04	–0,22	0,29	0,19	0,08
S9	0,21	–0,09	0,35	–0,08	0,04	0,13
S10	0,93	0,02	0,02	–0,43	–0,66	0,31
S11	–0,41	–0,19	0,66	–0,02	–0,04	–0,12

Примечание: цветом выделены статистически значимые на 10%-м уровне значимости коэффициенты корреляции.

По интенсивности изменения динамики показателей элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов методами кластерного анализа субъекты западной части степной зоны России разделены на два кластера *(рисунок 4.33).*

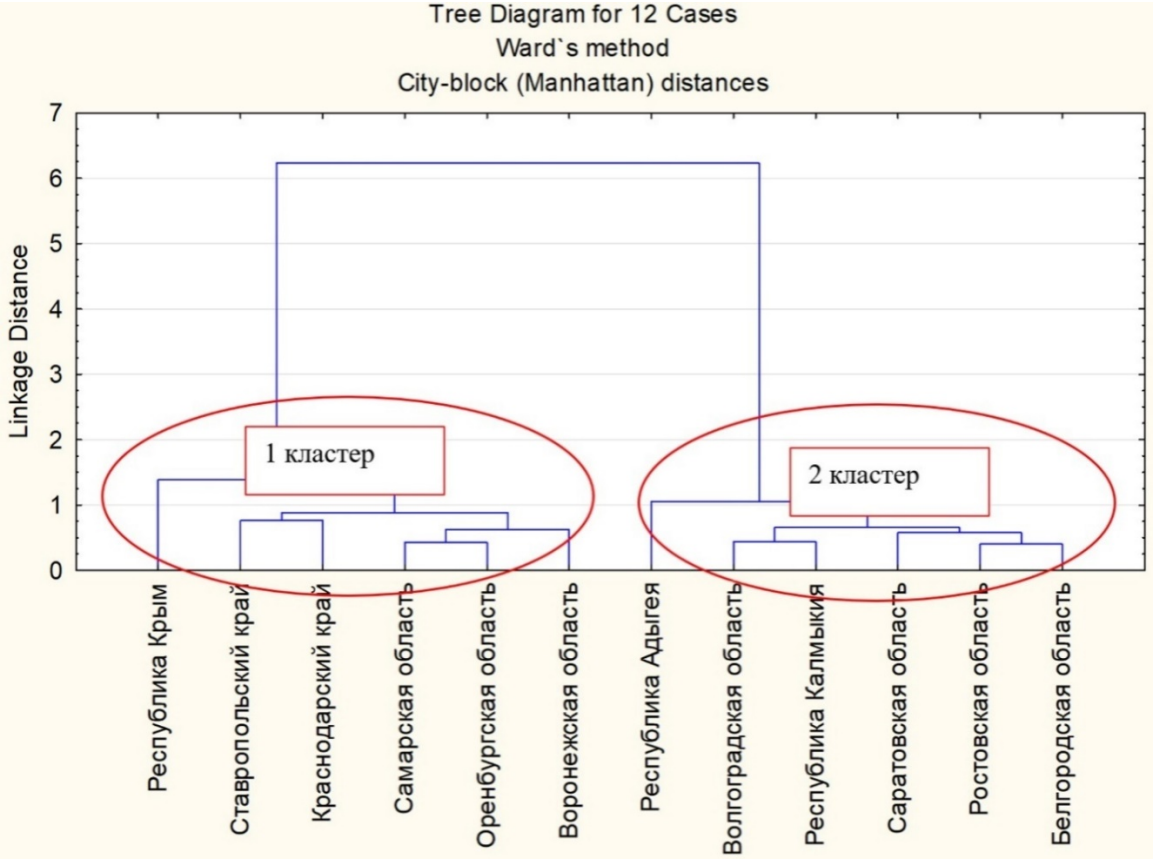


Рисунок 4.33. Дендрограмма кластерного анализа субъектов западной части степной зоны России по средним коэффициентам роста показателей элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов за 2018-2022 годы.

В субъектах, вошедших в первый кластер, средние коэффициенты роста пяти показателей СЭК (потребительские расходы в среднем на душу населения; валовой региональный продукт на душу населения; плотность железнодорожных путей общего пользования; плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием; отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования) и двух показателей ПЭК (число экотроп и маршрутов в государственных природных заповедниках и национальных парках; количество особо охраняемых природных территорий) выше, чем в субъектах второго кластера. Средняя интенсивность роста количества особо охраняемых природных территорий одинакова для обоих кластеров. По прочим показателям «лучшие» характеристики изменения динамики у показателей второго кластера *(таблица 4.22).*

Стоит отметить, что валовая добавленная стоимость туристской индустрии устойчиво коррелирует по субъектам с количеством ООПТ, расположенных на их территории (коэффициент корреляции >0,6). Высокая степень корреляции отмечается между показателями ВРП на душу населения и количеством ООПТ всех категорий (около 0,8).

Таблица 4.22.

Средние коэффициенты роста показателей СЭК и ПЭК в выделенных кластерах субъектов западной части степной зоны России за 2018-2022 годы

Показатель	1 кластер	2 кластер	Показатель	1 кластер	2 кластер
P1	1,005	0,000	S1	1,000	1,002
P2	1,013	1,008	S2	1,002	1,003
P3	1,018	1,022	S3	1,080	1,090
P4	0,952	0,998	S4	1,075	1,073
P5	1,045	1,083	S5	1,098	1,095
P6	1,007	1,007	S6	1,065	1,085
			S7	1,003	1,000
			S8	1,012	1,010
			S9	0,918	0,957
			S10	1,045	1,000
			S11	1,013	1,037

Среди рассматриваемых субъектов РФ максимальными значениями показателя плотности населения характеризуются Краснодарский край и Республика Крым. Также Краснодарский край является лидером по количеству ООПТ всех категорий *(рисунок 4.34).*

Проведенный анализ изменения абсолютных и относительных показателей элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов регионов степной зоны позволяет сделать вывод, что даже в регионах с низкими абсолютными значениями анализируемых показателей в 2018-2022 годы сложилась положительная тенденция их изменения.

Опираясь на выявленную взаимосвязь и взаимообусловленность развития социально-экономического и природно-экологического каркасов в анализируемых субъектах, рассмотрим взаимосвязь между географической, транспортной и туристической интеграцией в субъектах западной части степной зоны России.

На 0,3%-ном уровне значимости подтверждено наличие связи между блоками показателей географической и транспортной интеграции (GI/TR); на 8%-ном уровне значимости – между блоками показателей географической и туристической интеграции (GI/TUI). Между блоками показателей туристической и транспортной интеграции каноническая корреляция статистически не значима *(таблица 4.23).*

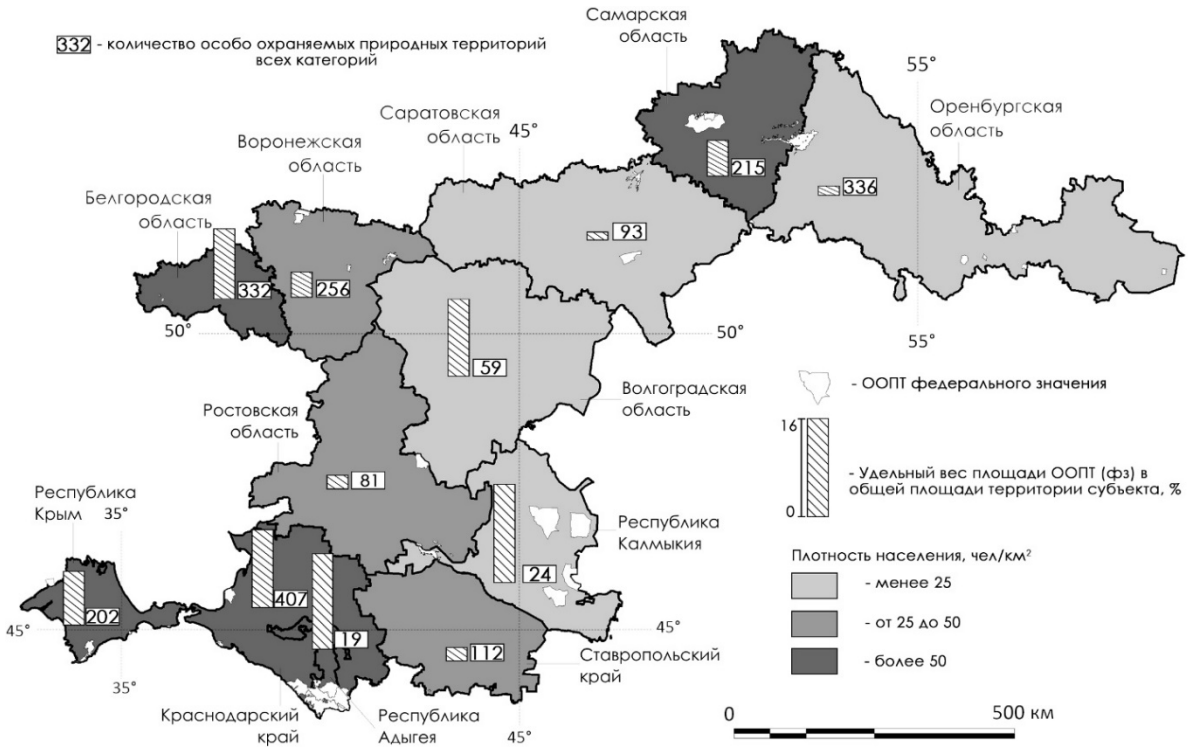


Рисунок 4.34. Картосхема плотности населения, количества ООПТ всех категорий и удельного веса ООПТ (фз) в общей площади территорий регионов степной зоны Европейской России.

Таблица 4.23.

Результаты канонического анализа критериев степени интеграции субъектов западной части степной зоны России за 2018-2022 годы

	GI/TR	GI/TUI	TR/TUI
Канонический коэффициент корреляции	0,92	0,79	0,59
χ^2	15,96	8,29	4,98
Уровень значимости	0,003	0,082	0,289

Таблица 4.24.

Матрица парных коэффициентов корреляции между критериями степени интеграции субъектов западной части степной зоны России за 2018-2022 годы

	GI_1	GI_2	TRI_1	TRI_2	TUI_1	TUI_2
GI_1	1,00					
GI_2	**0,68**	1,00				
TRI_1	0,45	**0,83**	1,00			
TRI_2	0,44	**0,85**	**0,73**	1,00		
TUI_1	**0,76**	**0,63**	0,29	0,38	1,00	
TUI_2	0,16	0,16	0,33	–0,09	0,07	1,00

Примечание: Полужирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты на 10%-м уровне значимости.

Как видно по данным *таблицы 4.24*, показатель «Средняя плотность населения за 2018-2022 гг.» (GI_2) имеет тесную прямую связь с обоими показателями транспортной интеграции (TRI_1 иTRI_2). Оба показателя географической интеграции (GI_1 и GI_2) имеют прямую связь средней силы со средней долей валовой добавленной стоимости туристской индустрии в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации за 2018-2022 гг. (TUI_1).

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что развитие социально-экономического и природно-экологического каркасов субъектов западной части степной зоны России за 2018-2022 годы взаимосвязано и взаимообусловлено. Полученные результаты исследования необходимо учитывать при разработке стратегии пространственного развития территорий как на региональном, так и на федеральном уровнях.

ГЛАВА 5. СЦЕНАРИИ, ПРИНЦИПЫ И МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ СТЕПНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ К АНТРОПОГЕННЫМ И КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ *(Левыкин С.В., Гулянов Ю.А., Казачков Г.В., Яковлев И.Г.)*

5.1. ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ СТЕПНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ: ОТ КЛАССИКИ К СОВРЕМЕННОСТИ

Основываясь на совокупности накопленного опыта и результатов исследований, лидер Оренбургской школы степеведения академик А.А. Чибилёв предложил следующую фундаментальную парадигму степного землепользования:

1. Оптимизация структуры степных земельных угодий.
2. Проведение ландшафтно-экологического землеустройства.
3. Восстановление естественных лесов и создание долговременного устойчивого лесомелиоративного комплекса, соответствующего региональному биопотенциалу.
4. Восстановление эколого-гидрологического каркаса степных регионов, снижение зарегулированности малых и средних водотоков до предельно допустимых параметров.
5. Использование малопродуктивных угодий в качестве ресурса для повышения ландшафтного и биологического разнообразия и создания ландшафтно-экологического каркаса.
6. Восстановление и оптимизация пастбищных экосистем, увеличение сезона их использования, внедрение пастбищеоборота.
7. Снижение антропогенного пирогенного воздействия на все категории сельскохозяйственных угодий путем внедрения противопожарных мероприятий.
8. Внедрение почвозащитных севооборотов, смешанных культур, способствующих повышению потенциала воспроизводства экосистем.
9. Развитие природоподобных технологий на основе использования альтернативных способов обработки почвы, способствующих устойчивому развитию степных экосистем.
10. Создание элитного земельного фонда для высокопродуктивного технологичного растениеводства для резкого сокращения площади пахотных угодий и дотируемых сельхозпроизводителей.
11. Ограничение и запрет использования элитного земельного фонда для несельскохозяйственных нужд.
12. Научное сопровождение степного землепользования на основе развития сети научных агростационаров, опытных участков и карбоновых полигонов.

Текущее десятилетие демонстрирует тенденцию к новой быстрой крупномасштабной экспансии полеводства в степной зоне и превышению даже позднесоветского максимума посевных площадей. Исследованиями по теме НИР Института степи УрО РАН выявлена система факторов, угрожающих повторением агроэкологического кризиса степей 1980-х, причем на этот раз с возможной потерей восстановительного потенциала степей, без которого их повторное самовосстановление невозможно:

1. Резкие колебания экономических параметров (цены на ГСМ, технику, зерно) и погодных условий (раннелетняя засуха, аномальные осадки в период уборочной) в течение одного сельскохозяйственного сезона.
2. Современное земледелие отступило от принципов классической агрономии к максимальному валу и выгодности коммерческих культур.
3. Современные агротехнологии и агрохимикаты наделяют земли, считавшиеся непахотнопригодными в конце XX века, способностью обеспечивать приемлемую урожайность. Климат стал более значимым фактором, чем почвы.

4. Упрощение доступа к маловостребованным землям и их регистрация без вида разрешенного использования вкупе с «Целиной-2» способствует повсеместной массовой распашке угодий.

5. Стратегическое ландшафтное землеустройство отсутствует, не создано его государственных институтов.

В рамках этой парадигмы А.А. Чибилёва и с учетом перечисленной выше системы факторов нами предлагаются следующие принципы степного землепользования, своего рода степные заповеди:

1. *Избегать контрастных одномоментных перемен в аграрной политике и землепользовании.* При этом всегда оставлять сельхозтоваропроизводителю возможность для маневра и адаптации.

2. *Соблюдать соответствие экономической деятельности природным условиям.* Это соответствие – классический постулат географии, вследствие отступления от которого сын степей человек может стать отцом пустынь. На данном этапе проблематично изменить природные условия проектами по типу переброски стока и массового орошения зерновых.

3. *Стратегически мыслить не гектарами, а агротехническими землеоценочными единицами пахотных земель, площадь которых соответствует возможностям полного набора сельскохозяйственной техники, машин и оборудования, способного обеспечить интенсивную технологию возделывания полевых культур.* Для постцелинного пространства таковая единица на данном этапе оценивается в 2 тыс. га. Именно это является адекватной элементарной единицей учета и оборота пашни.

4. *Учитывать тенденции изменения биоклиматического потенциала (БКП),* характеризующегося высокой временной вариативностью и отрицательным трендом, составившим за истекший 30-летний период 0,28 единиц или 16,5% от средних значений в степных регионах Западной Сибири и 0,38 единиц или 23,5% от средних значений в Оренбургском Зауралье. Изыскивать технологические возможности более эффективного использования БКП на формирование производственной урожайности, резервы роста которой даже на фоне метеорологически обусловленного отрицательного тренда потенциальной по БКП урожайности практически повсеместно характеризуются значительными величинами (1,71-2,66 т/га).

5. *Не лоббировать только один приоритет аграрного землепользования, каким бы привлекательным он ни казался, а соблюдать диверсификацию землепользования.* В настоящее время ярко выраженный перекос в пользу богарного земледелия в меняющихся условиях создает проблемы и вызовы. Вернуться к парадигме комплексного использования земель для земледелия, животноводства, охотничьего хозяйства, ООПТ, туризма, производства экосистемных услуг, включая депонирование углерода.

6. *Не доводить ни один вид землепользования до предела использования ресурсов, прежде всего земельных.* Не вести земледелие на технологически возможном пределе распашки территории, всегда иметь 10-20% земель в резерве. Соответственно, использовать научно обоснованные нормативы и в других видах землепользования.

7. *Проводить оценку эффективности степного землепользования не только по выходу урожая в центнерах или кормовых единицах с гектара (зерновые, многолетние травы, степная растительность), но и по всем категориям затрат, в т.ч. энергетическим и финансовым, на получение этого выхода.* При таком подходе целинные степные корма не могут считаться абсолютно бесплатными. Также, как и 5 ц зерна с гектара, хотя и превосходящие по кормовым единицам 8-10 ц/га степного сена, не могут быть экономически более эффективными.

8. *Отдавать приоритет освоению информационных ресурсов и реализации приемов интеллектуального «цифрового земледелия», внедрению природоподобных технологий, с выходом на биопотенциальную урожайность.* Не поддерживать

хозяйствование по принципу «ожидание максимальной прибыли от минимума затрат», он же «посеял-убрал» со средней урожайностью менее половины биопотенциальной.

9. *Не допускать полеводство по принципу азартной игры.* На землях пониженного биоклиматического потенциала, где инвестиции в технологии рискованны, не практиковать максимально экстенсивное земледелие в ожидании удачного стечения обстоятельств (осадки, цены), при котором такой подход окажется наиболее прибыльным. Хозяйство по принципу азартной игры представляется наименее устойчивым, к тому же не может быть полной уверенности в том, может ли один удачный год компенсировать несколько лет стагнации?

10. *Преодолеть фобию «пустующих» земель.* Даже на бурьянистой залежи со всем присущим ей набором негативных процессов земля лечится, восстанавливается почвенное плодородие. Начиная с возраста 8-10 лет, залежь выполняет ряд экосистемных функций и наиболее активно связывает атмосферный углерод.

11. *Придерживаться поляризационной стратегии ландшафтного землеустройства.* В условиях труднопредсказуемых изменений климата и колебаний рынка между двумя выделяемыми стратегическими полюсами («неприкасаемая» пашня на лучших землях – земледельческий полюс; и ООПТ и абсолютно непахотопригодные земли – компенсационный природоохранный полюс) сохранять возможность гибкого землепользования на средних и худших землях в зависимости от условий конкретного периода.

12. *Быть готовым к кризисным агроэкологическим ситуациям, по возможности предотвращать их, накапливать резервы для их преодоления.* Имеются в виду засуха в важнейшую фазу вегетации полевых культур, аномальные осадки во время уборочной, вспышки саранчовых, нашествие сайгаков и т.д.

Реализация этих заповедей требует всемерной поддержки разработки и внедрения природоподобных технологий в степном землепользовании. Степеведение готово внести свой вклад:

1. Углубленным представлением о природоподобии в степном землепользовании.
2. Разработкой критериев степного природоподобия.
3. Формированием сводов природных предпосылок к разработке степных природоподобных технологий, мирового научного знания, значимого для разработки перспективных природоподобных технологий.
4. Расширением баз данных апробированных природоподобных технологий.
5. Развитием теории природоподобного технологического прогресса степного землепользования.
6. Обоснованием биосферной парадигмы хозяйствования с выходом на актуализацию идей В.И. Вернадского и ноосферную концепцию степной зоны как пространства доминирования природоподобных технологий.

Для реализации перечисленных выше принципов степного землепользования и внедрения в него природоподобных технологий необходимы следующие меры:

1. Развитие фундаментального представления о пахотопригодности степных земель в современных климатических, технологических и экономических условиях, в т.ч. для оценки эффективности степного земледелия и вовлечения земель в оборот, а также для составления базы данных природоподобных технологий. (Пахотопригодность земель – главное условие природоподобного земледелия).
2. Двухуровневое землеустройство: первый уровень – государственное ландшафтное землеустройство; второй уровень – коммерческое землеустройство (межевание, кадастровые работы).
3. Распределение приоритета государственной поддержки между богарным земледелием и адаптивным животноводством в зависимости от ландшафтных и климатических показателей района.

4. Создание евразийского трансграничного мясного пояса, охватывающего трансконтинентальный ареал южных степей и малопригодных для растениеводства угодий ориентировочно к югу от 51 градуса северной широты.

5. Разработка научных основ российского степного законодательства.

6. Во исполнение указа Президента РФ № 818 «О развитии природоподобных технологий в РФ» и Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (указ Президента РФ № 145) всемерная поддержка разработки и внедрения природоподобных технологий в степное землепользование.

По существу, реализация этих мер вкупе с изложенными выше принципами степного землепользования означает обретение компромисса между человеком и степью, их устойчивое сосуществование ко взаимному благополучию. Считаем, что для реализации столь масштабных мер, особенно учитывая очевидную необходимость их взаимного скоординирования, явно требуется специализированный национальный проект по степям России. Целью такого проекта по существу дела является обретение компромисса между человеком и степью, устойчивое развитие степей и цивилизации на одной территории, а задачи могут быть сформулированы как перечисленная выше система мер плюс организация степного землепользования по изложенным выше его двенадцати принципам.

Специализированный российский степной проект, если будет успешно реализован, станет не только ответом на современные вызовы степям России, но и отданием морального долга степи со стороны российского государства и общества, примирением с природой степной части родины, венцом героических усилий многих поколений людей, обживавших степные земли.

5.2. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ОСНОВ ОПТИМИЗАЦИИ СТЕПНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Начиная со второй половины XX века в связи с обострением ресурсных и экологических проблем человечества, в качестве ответа на эти вызовы при поддержке ООН начинает активно разрабатываться глобальная идеология устойчивого развития. Поздний СССР активно поддерживал эти инициативы, государством развивалось природоохранное законодательство, но тем не менее усугублялись основные противоречия природопользования, прежде всего степного. Системный кризис степей, обусловленный максимально возможной распашкой, превратился в трудноразрешимую проблему, надежды на решение которой связывались с экономическими реформами.

Экологические проблемы породили «зеленое движение» конца 1980-х, и уже в России идеи устойчивого развития получили принципиально новый импульс, страна активизировала свое участие в развитии международных природоохранных институтов. Современная государственная природоохранная инициатива проявляется в формах объявления «года экологии», реализации национального проекта «Экология», приоритетов развития «зеленой экономики» в рамках стран Таможенного союза.

Исходя из масштабов территории и сохранившейся дикой природы, Россия обладает потенциалом крупнейшего в мире «донора биосферы», в связи с чем представление и реализация идей устойчивого развития актуальны именно здесь. При разных социальных системах, только в разных формах, сохраняются противоречия между социально-экономическим развитием и сохранением окружающей среды. Возникает вопрос: насколько вообще выполнимо удовлетворение постоянно растущих материальных потребностей общества с оставлением достаточного ресурса для будущих поколений?

Одними из самых проблемных биомов являются травяные экосистемы Голарктики, что связано с их ведущей аграрной функцией. Судьба степей Евразии и прерий Северной Америки близка: они прошли максимум возможной распашки с уничтожением фоновых видов, последующей реабилитацией и самореабилитацией. В Северной Америке преодоление трагедии прерий и их главного титула, равнинного бизона, прошло через национальное сознание, что способствовало развитию институтов в сфере их восстановления и успеху (McDonald, 2001; Freese et al., 2007; Schramm, 1990; Walker et al, 2018). Так же как и прерийные, степные регионы подразделяются на староосвоенные и постцелинные. Первые характеризуются более высоким биоклиматическим потенциалом, большей степенью и успешностью земледельческого освоения, более устойчивым характером земледелия, но в то же время фактической утратой потенциала самореабилитации. Постцелинные, бывшие целинные регионы, освоенные на западе Великих Равнин и на востоке степной зоны Евразии, характеризуются более низким биоклиматическим потенциалом, особым риском земледелия, периодом массового заброса полей с сохранением потенциала самореабилитации. Отличие заключается в том, что если в прериях проводились масштабные агроэкологические мероприятия по их реабилитации, то в степях, прежде всего в постцелинном пространстве, на пахотных угодьях, выбывших из оборота от 5 и более лет, неожиданно проявился потенциал самореабилитации, которая активно протекает (Brinkert et al., 2016; Kamp et al., 2016). Нами более детально изучались эти процессы с нахождением их условий и построением моделей, выделением основных ареалов. На базе этих исследований уточнены такие ключевые для степеведения понятия, как модель степи и концепция титульных (фоновых) видов степей. Так как основные фоновые виды включены в Красные Книги, то мы выдвинули ряд природоохранных инициатив по сохранению вторичных степей как мест их обитания, но в силу недостаточного институционального сопровождения эти инициативы небыли и не могли быть реализованы, прежде всего на постцелинном пространстве.

Самовосстановление степей представляет собой спонтанный природный процесс, запущенный вследствие обвального сокращения посевных площадей и заменивший собой проектную фитомелиорацию малопродуктивной пашни. Впоследствии в степной зоне (в отличие от лесной) посевные площади были в основном восстановлены, и Россия превратилась в одного из крупнейших экспортеров зерна. Наследием уникального природно-антропогенного эксперимента по самореабилитации степей после практически полного уничтожения остались массивы вторичных степей, которые могут быть утрачены в ближайшие годы при действующем законодательстве и иных институтах, сопряженных с землепользованием. В этой связи и предлагаем обсудить проблему институционального сопровождения степей Евразии в контексте устойчивого развития.

В связи с распространением конъюнктурных монокультур пшеницы и подсолнечника посевные площади могут не только достичь позднесоветского уровня, но даже превысить его за счет отказа от посевов многолетних трав. Такой сценарий едва ли возможно признать устойчивым развитием степной зоны даже при условии освоения интенсивных технологий, сохранения и воспроизводства почвенных ресурсов, но неизбежно ценой угнетения и деградации ресурсов титульных биологических видов и ландшафтов степей. Результаты наших многолетних исследований, проведенных в Заволжско-Уральском регионе степной зоны Евразии, показывают как необходимость, так и возможность научно обоснованной корректировки структуры степного землепользования с системной реставрацией титульных степных видов и ландшафтов, причем осуществимую только путем экосистемного менеджмента современных степных экосистем.

Практический опыт восстановления степей показал, что необходимо не только уточнение содержания ряда понятий, но и выстраивание их в единую систему экологизации институциональных основ степного землепользования и превращения их в движущую силу перехода степей в новое качество, отвечающее критериям устойчивого развития.

На основе изучения последствий степных аграрно-социальных мегапроектов XX века нами изучен и оценен потенциал самореабилитации степных экосистем на постцелинном пространстве, выявлены основные массивы и динамика целинных и вторичных степей, которые рекомендованы нами в качестве ядер экологического каркаса степей. Развивая представления о последнем, изучая проблемы его реализации, мы столкнулись с необходимостью в уточнении представлений о нормах степного землепользования, степном экологическом оптимуме, оптимизации степного ландшафта, фундаментальных принципах оптимизации степного землепользования и приведения их во взаимосвязанную систему. Критерии оптимума должны быть согласованы с нормами, на основании чего выстраиваются принципы оптимизации и разрабатывается соответствующая стратегия. Развитие и систематизация основных понятий позволили выйти на обоснование и формулировку представлений об институциональных основах степного землепользования и его культуре.

Нормы степного землепользования. По своей сути норма конвенциональна – это действующие «правила игры», объективно динамичные и лежащие в основе ответа общества на вопрос: сколько человек может взять у природы без ущерба для возможностей будущих поколений? Соответственно, для степей жизненно важно: сколько их может быть распахано? Несмотря на все разработки отечественной науки по нормированию степного землепользования начиная с XVIII века (Докучаев, 1949; Компанеец, 1971), таковые устанавливались земледельцами и государством под давлением потребностей экстенсивного земледелия. Реальным позитивным достижением в степном нормотворчестве стало утверждение травопольной системы в СССР на государственном уровне в 1930-1950-е гг., земледельческой нормой стала четверть посевных площадей под многолетними травами. Однако с эпохой Н.С. Хрущёва

ситуация принципиальным образом изменилась: прежние нормы были упразднены, вместо них в качестве нормы утвердилась максимально возможная распашка земельных массивов. Изначально новый проект «Целина» ставил нормой распашку только 13-15 млн га степных земель, но в ходе реализации проекта эта норма была увеличена втрое. В 1970-е нормы распашки земель были еще ужесточены вплоть до требований осваивать под пашню земли под погибшими лесополосами, неплановыми полевыми дорогами, бывшими населенными пунктами, полосами отчуждения железных и шоссейных дорог. Нормой стало использование под зерновые солонцово-степных комплексов на уровне 25-30%, однако и эта норма была увеличена до 40%. На государственном уровне ставилась задача вовлечения степных солонцов и эродированных земель в интенсивный сельскохозяйственный оборот, например, в Оренбургской области нормировалось для освоения порядка 750 тыс. га таких угодий. Наши результаты не дают оснований осуждать освоение солонцов и солонцово-степных комплексов, но при том условии, что за счет таких земель будет несколько снижена пахотная нагрузка на полнопрофильные почвы, и в целом ландшафтное распределение аграрной нагрузки станет равномернее. Мы допускаем возможность разработки в будущем технологий мелиорации степных солонцов до уровня дерновинно-злаковых степей на условиях постоянных энергетических инвестиций в поддержание достигнутого состояния.

Нормативная установка того времени принципиально усилилась нормой земельного пая, позднесоветская структура угодий институционализировалась и сохраняется вопреки обоснованному агроэкологическому нормированию распаханности территории (Климентьев, 1997; Русанов, 2003; Чибилёв, 1992*б*). В условиях высокой динамики природных и социально-экономических параметров мы пришли к убеждению в заведомой неадекватности строгих параметров нормы, особенно в структуре угодий. Вместо этого, основываясь на разработках ландшафтоведческих школ Ф.Н. Милькова и А.А. Чибилёва, предлагаем двухуровневый набор географических ограничений на распашку степных территорий, который нам на данном этапе представляется в качестве претендента на будущую норму соотношения основных типов сельхозугодий.

В качестве первого уровня ограничений (земледельческой нормы) предлагаем значение произведения коэффициента увлажнения по Иванову и разработанного нами коэффициента редукции (Левыкин, Казачков, 2016) не менее 0,3. В качестве второго уровня ограничений предлагаем следующий комплекс условий, которым должен удовлетворять земельный участок: 1) выровненный обширный компактный массив в пределах придолинных или водораздельных плакоров площадью от 100 га; 2) уклон до 5 градусов; 3) однородные контуры зональных полнопрофильных почв с долей солонцов не более 10%; 4) содержание гумуса не менее 3%; 5) мощность продуктивного почвенного слоя не менее 40 см; 6) запасы гумуса не менее 100 т/га. При соблюдении всех перечисленных условий массив признается пригодным для интенсивного земледелия, формируется земельный участок и ставится на кадастровый учет как территориальная единица интенсивного земледелия. Нормой должен стать учет таких земель в кадастре как наиболее ценных и их институционализация в качестве своего рода заповедного пахотного фонда: элитных угодий, особо охраняемых от перевода в другие категории использования по аналогии с принципом заповедных имений в Российской Империи XVIII-XIX вв., охранявшихся от распродажи.

Не менее актуальна проблема нормирования леса и лесных насаждений в степных агроландшафтах. Ее острота связана с вырубкой лесов и последствиями крупномасштабных проектов середины XX в. по облесению степей. Специалисты в области лесоводства и лесомелиораций обоснованно предлагают нормы лесистости полевых агроландшатфов в диапазоне 3-5%, предлагаются проекты по удвоению лесистости степных регионов, например Оренбургского, с доведением ее до 10%. В качестве нормы для степного лесоводства мы соглашаемся с целесообразностью полезащитного лесного каркаса, но с условием его распространения только на элитный

пахотный фонд на площади не более 4% этого фонда, ветропродуваемости конструкций лесных полос, законодательно закрепленным систематическим уходом. Для остального пространства степной зоны нормой должно считаться восстановление островных и пойменных лесов в местах их прежнего произрастания, но с учетом тенденций изменений климата.

Важнейшим для устойчивого развития является нормирование доли охраняемых степных территорий. Наши результаты позволяют согласиться с рекомендацией МСОП по сохранению не менее 10% исходной площади биомов, но для степей с корректировкой в направлении пропорционального представительства элементов исходной ландшафтной структуры. Например, если изначально целинные степные плакоры занимали порядка 50-60% зоны, то они должны занимать такую же долю площади охраняемых степных территорий. В настоящее время институционализировался несколько иной подход с приоритетом охраны интразональных элементов, мотивированный, с одной стороны, некой монотонностью и невыразительностью выровненных травяных пространств, с другой стороны – их практически полной распаханностью. Эта проблема решаема в Европейской части путем реставрации степных фитоценозов технологиями агростепей, на постцелинном пространстве путем моратория на распашку вторичных степей и введения новационных форм территориальной охраны, таких как степной каркас. В качестве потенциальных норм нами разработан ряд новационных малозатратных форм территориальной охраны степей и технологий управления ими. Основные ресурсы степей, в первую очередь титульных биологических видов, должны сохраняться на оптимальном уровне на землях сельхозназначения в системе компенсационного агроландшафтного оборота.

Степной экологический оптимум. Развивая представления об эталонах степей, мы пришли к убеждению, что основным критерием оптимума для степи является восстановленная полночленность экосистемы на площади, достаточной для устойчивого существования популяций титульных степных видов. Длительно изучая процессы самовосстановления степных экосистем, мы пришли к убеждению, что оптимумом сосуществования человека и степи является управляемая природно-антропогенная система, суть которой в достижении высокой биопродуктивности как земледелия, так и степных природных и полуприродных экосистем. Основу последних составляет система титульных степных биологических видов, поддерживаемая и управляемая при помощи природоподобных технологий. Таким образом, наше представление о степном оптимуме консолидирует два радикальных подхода: географический и ботанический (Пилатов, 1966), и приводит понимание степи к яркому проявлению и взаимопроникновению природных титулов степей и титулов рационального степного землепользования.

Новый подход, адекватный современной ситуации, природоохранной специфике степей и ее потенциалу самореабилитации, заключается в том, что степь – это не столько климатически обусловленное географическое пространство или гектары сохранившейся степной растительности, пусть даже аномально разнообразной, сколько яркое проявление наиболее выразительного качества ее природной титульности в сочетании с необходимо рациональными объектами деятельности человека, адекватными времени.

Оптимизация степного ландшафта. Идеи экологической оптимизации ландшафтов стали активно проникать в фундаментальные разработки со второй половины 1980-х и были направлены в основном на решение нараставших агроэкологических проблем (Контримавичюс и др., 1987). Суть и методология экологической оптимизации ландшафтов направлены на максимально возможное повышение их экологического и социально-экономического потенциалов, включая природоохранные мероприятия и рекультивацию (Мильков, 1993). Принципиальным шагом вперед по развитию этого направления стала фундаментальная разработка в сфере экологической оптимизации степных агроландшафтов: совокупности мероприятий, направленных на нахождение оптимального варианта природопользования на

ландшафтном уровне для сбалансированного соотношения между рациональными агроценозами и сохранением оптимума ландшафтно-биологического разнообразия (Чибилёв, 1992*б*; 1993). Дальнейшее развитие привело к формированию двух радикальных подходов: «гуманизация» и «натуризация» (Скорупскас, 2018). Первый исходит из приоритета постоянно растущих потребностей общества, то есть антропоцентричен. На этой основе в степях реализовывались основные аграрно-социальные мегапроекты. Второй, наоборот, исходит из приоритета сохранения природы и выдвигает неадекватные природоохранные требования. На наш взгляд, это похоже на географический и ботанический подходы к восприятию степи (Пилатов, 1966). Ни один из этих подходов не адекватен степи как системе: разрозненные остатки степных экосистем проблематично оптимизировать, проблема должна решаться глубже, прежде всего на постцелинном пространстве, путем коррекции структуры сельхозугодий, которая, на наш взгляд, является главным звеном. В ходе исследования потенциала самовосстановления степей, показавшего себя высоким, найден ряд территорий, прошедших своего рода самооптимизацию ландшафта. Такие постцелинные ландшафты демонстрируют обилие ресурсов природных титулов степей в сочетании с элементами хозяйственной деятельности, наиболее адекватной климату и почвам.

В основу оптимизации должен быть положен компромиссный подход, балансирующий интересы природы и общества, так называемая «нивелирующая оптимизация» или сооптимизация (Скорупскас, 2018). Она предстает как сотворчество природы и человека, принявшего природоподобные технологии. Применительно к степи сам процесс их функционирования и самовосстановления можно признать одной из высших форм творчества природы, а деятельность «человека ответственного» – позитивным творческим и материальным вкладом человечества в сотворческий процесс путем развития интенсивного земледелия на лучших землях и травосеяния на менее продуктивных.

Обязательным условием осуществления такого сотворческого процесса является институционализация степного экологического оптимума как генеральной нормы природопользования, интегрирующей нормы распаханности, облесения и территориальной охраны природы. С этих позиций и в развитие ранее разработанных представлений об экологической оптимизации степных агроландшафтов (Чибилёв, 1992*б*) предлагаем сооптимизационный подход и, соответственно, сооптимизацию степных агроландшафтов.

Опираясь на предшествующие разработки, мы вкладываем несколько новый смысл в понятия «оптимизация» и «сооптимизация». Оптимизация в ее традиционном понимании была бы уместна для всей степной зоны на рубеже 1980-1990-х, когда системный кризис степей достиг своего апогея и требовалась целенаправленная крупномасштабная восстановительная деятельность. Однако эту работу частично выполнила сама природа, активизировав потенциал самореабилитации степей. В Европейской части площади пашни фактически восстановлены, а на постцелинном пространстве еще сохраняются и вторичные степи, и потенциал их развития. Соответственно, оптимизация в ее классической форме остается рациональной для староосвоенных регионов ЕТР, а на постцелинном пространстве целесообразнее рассматривать сооптимизацию, учитывающую гигантскую работу, выполненную биосферой.

Условиями сооптимизации считаем равноправие всех природных зон, равноценность целинных и вторичных степей, признание степи не меньшей национальной ценностью, чем лес. Фундаментальными принципами сооптимизации являются следующие: в первую очередь, баланс интересов степных экосистем и потребностей человека; компенсационный агроландшафтный оборот на постцелинном пространстве; двухуровневая система сохранения: принцип «ковчега» (развитие традиционных ООПТ и Красных Книг) и принцип степного агроэкологического каркаса

по нашим разработкам, – причем в староосвоенных регионах приоритет должен быть отдан принципу ковчега, а на постцелинном пространстве – агроэкологическому каркасу; принцип экологического резерва популяции титульных степных видов (по Бутурлину); поляризация земельного фонда по интенсификации использования: углубление на лучших землях и экстенсификация на малопродуктивных; коррекция структуры степных агроландшафтов на снижение доли пахотных угодий по мере сокращения биоклиматического потенциала; принцип «мясного пояса» – южная граница богарного земледелия по произведению коэффициента увлажнения Иванова и коэффициента редукции, равному 0,3; приоритет интенсивных технологий в крупнотоварном степном земледелии; кадастровая оценка пашни на основе географических ограничений и возможностей интенсивного полеводства, кадастровые участки формируются и оцениваются под возможности полного машинно-тракторного звена интенсивного зернопроизводства (площадь подбирается под возможности полного звена техники); адаптация животноводства к кормовым ресурсам территории и их сезонному распределению; приоритет природоподобных технологий. Сооптимизация степного землепользования в нашем ее понимании станет возможной только в случае институционализации ее перечисленных выше принципов, для чего необходима соответствующая стратегия.

К актуальности стратегии сооптимизации степного землепользования. Видение перспективы конечного результата и движения к нему является непременным условием успеха столь крупных и комплексных проектов как сооптимизация степного землепользования. Главной задачей стратегии в условиях современного управления является создание предпосылок для четкого межведомственного взаимодействия. Отсутствие таковых было одной из главных проблем охраны природы, особенно степной. Стратегическая составляющая основных аграрно-социальных мегапроектов не предусматривала систему мер по сохранению степей. И сегодня эта составляющая остается требующей учета и непременной интеграции в основные государственные стратегии и проекты развития АПК.

Нами обобщены основные стратегические направления развития АПК. В начале XXI века в стране стали складываться новые институты государственной поддержки АПК. Были сформулированы главные направления государственной аграрной политики: 1) максимально использовать «даровые силы природы»; 2) создать адаптивную к природно-климатическим условиям систему хозяйствования, позволяющую наиболее полно включить в дело потенциал биосистем. Планировалось, с одной стороны, перевести малопродуктивную пашню в кормовые угодья, с другой стороны, – поддерживать развитие крупных агрохолдингов (Архангельский и др., 2002). С позиций степеведения эти положения выглядели вполне рациональными, а перспектива их сбалансированной реализации – оптимистичной. Пока получили развитие агрохолдинги, прежде всего зерновые, в то же время построение адаптивных систем хозяйствования по-прежнему требует развития.

Присоединение России к ВТО в 2012 г. привело к развитию погектарной несвязанной поддержки земледелия. В 2012 г. утверждены основы государственной политики использования земельного фонда в РФ. В 2015 г. принята стратегия устойчивого развития сельских территорий до 2030 г. В России и Казахстане разработаны концепции устойчивого развития мясного скотоводства, полная реализация которых способствовала бы сооптимизации степных агроландшафтов.

В 2018 г. принят закон «Об органической продукции…», однобокая реализация которого в виде мобилизации накопленного почвенного плодородия приведет к массовой распашке последних массивов вторичных степей на залежах. Базовым сценарием принятой долгосрочной стратегии развития зернового комплекса РФ до 2035 г. предусматривается оптимизация посевных площадей путем введения в оборот

неиспользуемых земель, преимущественно со сроком неиспользования до 5 лет, для чего предусмотрен объем инвестиций на переосвоение 3 млн га неиспользуемой пашни.

Во всех документах преобладает чисто аграрный приоритет, что нормально для государственных структур, перед которыми поставлена задача увеличения валовых показателей производства сельхозпродукции. При этом минимально представлены агроэкологические или, тем более, степные приоритеты, хотя нет и их прямого отрицания. Фактически протекающие процессы самовосстановления полуприродных степных экосистем, рассматриваемые нами как саморазвивающаяся сооптимизация степных агроландшафтов, оказываются незаконными в силу принципиального ужесточения требований к целевому использованию сельхозугодий, особенно числящихся пахотными. Нами выявлен ряд массивов вторичных степных экосистем, являющихся местообитанием целого ряда краснокнижных видов, что вводит требования по их распашке в противоречие природоохранному законодательству.

Результаты полевых исследований и обобщение программных документов по развитию АПК показали актуальность их дополнения агроэкологической и степной составляющей. Считаем, что в ее основе должна быть надежная институциональная защита целинных и вторичных степей на землях сельхозназначения в формате развития адаптивных систем хозяйствования, признанного одним из главных направлений государственной аграрной политики.

Стратегией сооптимизации степного землепользования предлагаем признать систему агроэкологических и степных дополнений к основным программным документам развития АПК, способствующую реализации экологических и агроэкологических государственных приоритетов, сохранению целинных и вторичных степей на землях сельхозназначения. Реализация такой стратегии требует соответствующих институциональных основ степного землепользования, формированию которых благоприятствует переход к постиндустриальному обществу и «зеленой экономике».

Основываясь на изложенных выше принципах сооптимизации и последних достижениях современного степеведения, считаем, что стратегия сооптимизации степного землепользования должна быть нацелена на увеличение биоресурсов и продуктивности популяций степных видов растительного и животного мира, прежде всего титульных и хозяйственно ценных, и предусматривать их экосистемный менеджмент как средство достижения и удержания целевого результата.

Предлагаемые нами стратегические подходы несколько меняют картину бескрайней агропустыни с минимумом вкраплений степных ООПТ на более мозаичный взаимопроникающий природно-антропогенный ландшафт. Концептуальный принцип триедин: приоритет «ковчега» и агростепей для староосвоенных регионов; заповедный статус для элитного пахотного фонда по всей степной зоне; управляемый экологический резерв популяции степных титульных и охотничьих видов на сельхозугодьях широкого вида разрешенного использования между двумя полюсами заповедности: полюс неприкосновенной природы в форме ООПТ и полюс неприкосновенного для изменений использования пахотного фонда в форме заповедной пашни. Именно на поддержание этого триединства и должны быть ориентированы институциональные основы степного землепользования. Принципиальное значение имеет наличие управляющих органов, если ООПТ и заповедная пашня курируются профильными министерствами, то для межполюсного пространства с гибким аграрным режимом потребуется специализированный орган управления, решающий задачи сохранения экологического резерва популяции на землях сельхозназначения. К его же компетенции возможно отнесение управления невостребованными земельными долями и проведение экологических экспертиз по их дальнейшему использованию.

Институциональные основы степного землепользования. На сегодняшний день актуальна корректировка институтов, сформированных эпохой Целины, в пользу

формирования своего рода «моды на степь» и социального заказа на ее существование. В развитии институтов должно продолжаться поддержанное наукой движение к переоценке значимости степей: от пахотного пространства к не менее значимой экосистеме, чем лес или тундра. Это движение началось в конце 1980-х как ответ на ландшафтно-экологический кризис степей. Были созданы степные заповедники: Оренбургский, Даурский, Ростовский, создан Институт степи УрО РАН. Активизировались региональные научные исследования с разработкой проектов по консервации малопродуктивной пашни и программ развития мясного животноводства. К сохранению степей начали приобщаться меценаты, поддерживая такие проекты как «Живая природа степи», «Оренбургская Тарпания». Особый импульс развитию институциональных основ степного землепользования придала личная поддержка и участие Президента РФ В.В. Путина в проекте реинтродукции лошади Пржевальского в Оренбургской области.

Процесс развития институциональных основ степного землепользования может стать дополнительным поводом для консолидации естественных наук, наук о Земле, аграрной практики и миллионов обладателей права земельного пая и земельных собственников. Результатом консолидации должна стать структура сельхозугодий, адекватная климатической и экономической ситуации и тенденциям, которая должна складываться движением в двух направлениях: обретение угодьями эффективных собственников (институт частной собственности) и корректировка их структуры в направлении адаптации к природным и социально-экономическим условиям. Главным препятствием является институт земельного пая, надежно защитивший позднесоветскую структуру угодий. Любые структурные изменения неизбежно становятся ущемлением прав собственности, к тому же осложненными ограничениями на оборот сельхозугодий.

В целом, выделяются следующие институциональные основы рационального степного землепользования:

1. «Перезагрузка» земельной реформы с построением более эффективного института земельной собственности с усовершенствованной регламентацией вида использования сельхозугодий. В настоящее время действует классификатор видов разрешенного использования, пользуясь которым возможно придать малопродуктивным пахотным угодьям вид наиболее широкого вида использования – «сельскохозяйственное производство», допускающий производство любой сельхозпродукции в зависимости от климатических и экономических условий. Проблема в том, что смена вида разрешенного использования допускается в исключительных случаях и фактически приравнена к смене категории земель.

2. Переход от принципа разрешения того или иного вида использования к принципу согласования экономических интересов владельца и пользователя, с одной стороны, и агроэкологических ограничений – с другой, во всяком случае для межполюсных (не заповедных) территорий на постцелинном пространстве, передав полномочия согласования на местный и региональный уровни.

3. Корректировка территориального планирования. Из чисто коммерческой деятельности, зачастую по переписыванию позднесоветских данных и карт, оно должно стать действительно планированием на научной основе с учетом тенденций социально-экономических, климатических и агроэкологических изменений, возможно, в формате профессиональных комиссий по землепользованию. К полномочиям тех же комиссий целесообразно отнести менеджмент невостребованных сельхозугодий. В советское время существовала целая система земельной службы, которая осуществляла мониторинг и контроль земель, регламентировала их ввод в оборот; кто сегодня должен регламентировать вывод из оборота?

4. Земельное законодательство должно быть доработано до дифференцированного и гибкого подхода к определению допустимой

сельскохозяйственной нагрузки на природные зоны. На федеральном уровне должен быть утвержден четкий порядок смены вида разрешенного использования для земель сельхозназначения с передачей полномочий на более низкие уровни.

5. Корректировка несвязанной погектарной поддержки и трактовки органического сельского хозяйства.

6. Закон о почвах с восстановлением земельной службы.

7. Закон о растительном мире с вводом понятия «степь» в юриспруденцию.

8. Законы о консервации малопродуктивной пашни.

9. Насыщение закона о землеустройстве агроэкологической составляющей.

10. Для постцелинных регионов, где высока доля естественных и вторичных степных кормовых угодий, должен быть учрежден специализированный орган управления, решающий задачи сохранения экологического резерва популяции на землях сельхозназначения.

Институциональные основы рационального степного землепользования должны формироваться, с одной стороны, в согласии с природоохранным законодательством, то есть вводя в правило принятие обитания редких и исчезающих биологических видов в качестве аргументации для перевода земель из пашни в сенокосно-пастбищные угодья; с другой стороны, вводя в правило учет тенденций изменений климата и вызванной ими динамики биоклиматического потенциала угодий при оценке экономической эффективности землепользования.

Степные экосистемы восстанавливаются быстрее, чем изменяется генеральная парадигма степного землепользования. Смена таких парадигм и формирование институциональных основ степного землепользования являются вопросами его *культуры*, которую необходимо развивать в направлении преодоления предубеждений и предрассудков по отношению к степям, осознания исторической, культурной, эстетической и экологической сути степи. По существу, белый ковыль должен иметь в сознании россиян равные права с белой березой.

Степная культура – это такое нравственное воспитание, такая социальная организация гражданского общества и такое научное сопровождение, при котором взаимотолерантное отношение со степью становится прочной общественной нормой.

По совокупности проведенного исследования можно сделать вывод, что институциональные основы рационального степного землепользования в России развиваются, но недостаточно своевременно и эффективно. Требуется усиление фундаментально-научной поддержки их развития со стороны степеведения и повышение влияния научных экспертов на принятие управленческих решений в области землепользования.

В заключение отметим, что позднесоветское состояние землепользования степей Северной Евразии, прежде всего на постцелинном пространстве, было несовместимо с устойчивым развитием, так как являлось почвозатратным, экономически рискованным и ставило под угрозу исчезновения титульные степные виды. Современный этап хотя и не может быть в полной мере признан устойчивым развитием, но обладает потенциалом для такового в виде активного самовосстановления степных экосистем. Реализация этого потенциала требует соответствующих институциональных основ, рассмотренных выше, при которых станет возможной научно обоснованная корректировка структуры степного землепользования, системная реставрация титульных степных видов и ландшафтов, адекватный экосистемный менеджмент современных степных экосистем. Будучи выполнено с учетом позитивного мирового опыта, все это выведет степную зону на новый уровень взаимоотношений человека и природы, который можно будет признать за точку отсчета устойчивого развития.

Индикатором успеха в экологизации институциональных основ рационального степного землепользования предлагаем признать первые выплаты премий пользователям

и владельцам земель сельхозназначения за сохранение степей, их живых титулов, прежде всего краснокнижных, и за депонирование углерода.

Исходя из проектного стиля развития, с учетом особой специфики и актуальности развития степной зоны, а также современных вызовов, считаем, что для степной зоны России необходим отдельный *степной национальный проект*, который должен выработать нормы степного землепользования, утвердить конкретные критерии и трактовку степного экологического оптимума, реализовать по меньшей мере в пилотных регионах оптимизацию степного ландшафта. Целевым показателем такого проекта можно считать положительную динамику формирования рационального степного землепользования, его институциональных основ и степной культуры.

Генеральная задача национального степного проекта, его общественный и государственный смысл, заключается в том, чтобы привести степную зону к адекватному агроэкологическому состоянию, своего рода эталону, точке отсчета последующего устойчивого развития. Успешное решение давно назревших проблем степей позволит России подойти к устойчивому развитию и стать драйвером сохранения планеты Земля и ее биосферы. Обретение такого статуса само по себе может рассматриваться в ряду национальных идей.

5.3. АЛГОРИТМ АДАПТАЦИИ СТЕПНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ К АНТРОПОГЕННЫМ И КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ

Стратегическое планирование охраны биосферы насчитывает более 70 лет со времени создания МСОП. Всемирная стратегия охраны природы, ставшая ориентиром для национальных, появилась в 1980 г. после обсуждения на 14-й Ассамблее МСОП в Ашхабаде (1978). В России активизация природоохранного движения приходится на вторую половину 1980-1990-х, его основной подъем совпал с радикальными экономическими и политическими переменами. Интеграция России в мировое сообщество так же активизировала стратегическое планирование охраны природы.

В 1995 году европейские страны приняли стратегическую инициативу создания единой Панъевропейской экологической сети – физической сети ключевых территорий, связанных коридорами и поддерживаемых буферными зонами и таким образом обеспечивающих расселение и миграцию видов. Стратегической целью было связать воедино экологическими коридорами основные центры сохранения ландшафтного и биологического разнообразия по всей Европе с интеграцией постсоветских стран, прежде всего России. Особое внимание уделялось развитию этой сети в наиболее трансформированных степных регионах юго-востока ЕТР, включая Оренбургскую область. В рамках исследований по разработке фундаментальных научных основ стратегического планирования устойчивого степного землепользования проведено изучение выявленных ранее объектов природного наследия модельного региона – Оренбургской области, рекомендованных для включения в Панъевропейскую экологическую сеть, на предмет целесообразности их использования для развития рекреации и туризма.

В рамках построения фундаментальных научных основ стратегического планирования устойчивого степного землепользования обобщены результаты ранее проведенных исследований по выявлению перспективных ключевых объектов Оренбургской области для включения в Панъевропейскую сеть, прежде всего в виде кластеров Таловско-Чаганский, Айтуаро-Эбитинский, Буртинско-Предуральский, Ащисайский с участками заповедника «Оренбургский» в качестве ядер, а так же перспективного охраняемого и туристско-рекреационного объекта «Уральская Урёма» на предмет перспектив развития рекреации и туризма. Установлено, что рассмотренные объекты являются преимущественно трансграничными со свойственной им спецификой, создающей дополнительные предпосылки для развития российско-казахстанского сотрудничества в сфере охраны степной природы и развития международного туризма.

Национальная стратегия сохранения биоразнообразия была разработана при поддержке проекта ПРООН/МПР/ГЭФ «Сохранение биоразнообразия» и принята в 2003 г. (Национальная стратегия…, 2004). Степи и полупустыни России рассматривались как наиболее угрожаемые, требующие не только приоритетных мер по сохранению, но и разработки частных стратегий, прежде всего для степных регионов. Позиция НПО так же была выражена в собственном стратегическом видении сохранения степей России, которое близко к национальной стратегии (Стратегия сохранения степей…, 2006). В развитие национальной стратегии в ряде регионов были разработаны региональные стратегии и планы действия по сохранению биоразнообразия, например, в Волгоградской и Нижегородской областях (Стратегия сохранения биологического…, 2000; Стратегия и программа…, 2001).

Основной сутью этих стратегий является приоритет реставрации степных экосистем как вымирающих на малопродуктивной пашне при широком межсекторальном взаимодействии, активном вовлечении бизнеса, а также применение новационных методов экономической оценки биоразнообразия и биоресурсов (Бобылев, 1999).

Научные основы оптимизации степного природопользования были заложены в концепции организации Института степи УрО РАН (Чибилёв, 1992*б*). В 2007 г. Институтом степи УрО РАН были разработаны «Эколого-географические основы устойчивого

территориального развития Оренбургской области» для «Стратегии развития Оренбургской области до 2030 года». Тогда был сделан упор на развитие системы ООПТ, основные запланированные проекты были реализованы: национальный парк «Бузулукский бор», заповедник «Шайтан-Тау», Оренбургская Тарпания. При этом механизмы сохранения степей вне ООПТ, прежде всего на сельхозугодьях, на тот момент оставались недоработанными и нереализованными. До сих пор сохраняется проблема институциональных основ рационального степного землепользования. Предлагавшаяся нами стратегическая система мораториев на распашку степей и оптимального минимума их сохранности так же пока практически не реализована, но послужила основой для дальнейших разработок.

В дальнейшем в ходе совместных с Институтом географии РАН стратегических разработок по сохранению степей в 2016 г. была предложена идея агроландшафтного оборота. В рамках проектов РНФ, действовавших в 2014-2019 гг., Институтом степи были разработаны интегральные показатели оптимизации структуры земельного фонда, развито представление о степном агроэкологическом каркасе, его экологических ядрах и коридорах. Опыт продолжающихся исследований показал, что стратегическое планирование нуждается в большей конкретизации, конвергентности, адаптации к меняющимся климатическим условиям и иным глобальным вызовам и тенденциям времени.

Разрабатывая Стратегию рационального природопользования и устойчивого развития степных и лесостепных регионов России, мы предприняли попытку конвергенции геоботанического и ландшафтоведческого подходов, во всяком случае к развитию представлений о зональной растительности и плакорах. Снимая основное противоречие этих подходов, вызванное выходом зональной растительности за рамки плакоров и покрытием ряда ровнядей не вполне зональной растительностью, мы пришли к концепции степного бихолдера – фактически к более широкой трактовке плакора, в рамки которой укладываются все места произрастания зональной растительности (Левыкин, Казачков, Нурушев, 2018). В конвергентной стратегии называем степной бихолдер «ядром зональной типичности степей», в рамках которого существует весь набор плакорных типов местности, выделяемых ландшафтоведением, а также элементы других близких типов местности, несущие потенциал произрастания зональной растительности.

Выделение ядра зональной типичности степей производим в рамках нашего новационного подхода к дифференциации пространства степной зоны, учитывающего его высокую аграрную значимость и особую актуальность его природоохранных проблем. В основу дифференциации кладем критерий наличия перекрытия поверхности позднечетвертичными лёссовидными породами и иными незасоленными суглинками. Именно такое перекрытие в условиях семиаридного климата дает наибольшее преимущество узколистным злакам и иной титульной степной растительности и в то же время обуславливает наивысший потенциал угодий как пахотных. Развивая конвергентный принцип в дифференциации пространства степной зоны, прежде всего выделяем специфические степные ландшафты, под которыми понимаем открытые евразийские травяные ландшафты в семиаридном климате. Таковые дифференцируем на ядро зональной типичности степей, оно же бихолдер и включает все плакоры с наиболее близкими к ним угодьями, характеризующееся перекрытием поверхности позднечетвертичными лёссовидными породами и иными незасоленными суглинками; и внутризональные разновидности степей, характеризующиеся отсутствием либо засолением такого перекрытия (каменистые, песчаные, меловые, плюс солонцово-степные комплексы) *(рисунок 5.1)*. Внутризональные разновидности степей особенно распространены на Южном Урале и в восточном секторе степной зоны.

Пространство степной зоны, оставшееся за рамками специфических степных ландшафтов, признаем неспецифическими включениями, соглашаясь с геоботаническими подходами, по которым они признаются интразональными, азональными или экстразональными *(рисунок 5.1)*. Их принципиальное отличие от специфических степных

ландшафтов в том, что они поддерживают другой тип растительности: полукустарники, кустарники, леса, – либо лишены растительности. В основном они не пригодны для земледелия, но имеют важное значение для сохранения ландшафтно-биологического разнообразия, рекреации, пойменные луга – это лучшие сенокосы. Эти ландшафты представляют особый интерес для охотничьего и рыбного хозяйства.

Ставя в качестве центральной идеи сохранение потенциала самовосстановления ядра зональной типичности степей и экологического резерва популяций титульных степных видов, мы пришли к стратегическому принципу поляризации степного пространства. Один полюс – «природоохранный» – это территории, предназначенные для сохранения природных систем, выделенные соответственно исходной ландшафтной структуре (по 10% каждой единицы ландшафтной структуры согласно стратегиям МСОП) и поддерживающие оптимальный уровень природного разнообразия степной зоны. Противоположный полюс – «земледельческий» – это наиболее ценные пахотные угодья на степных плакорах в их классическом понимании. Предлагаем эти угодья считать неприкасаемыми для изменения вида использования, своего рода перманентной пашней, площадь которой равна площади степных плакоров за вычетом выделенного под охраняемые территории. В стратегическом отношении эти два полюса характеризуются наивысшей ценностью и, следовательно, наивысшей ответственностью пользователя; стратегической стабильностью назначенного стиля землепользования и наивысшей напряженностью усилий в его выражении. Все остальные земельные угодья оказываются в промежуточном положении и допускают гибкость в землепользовании.

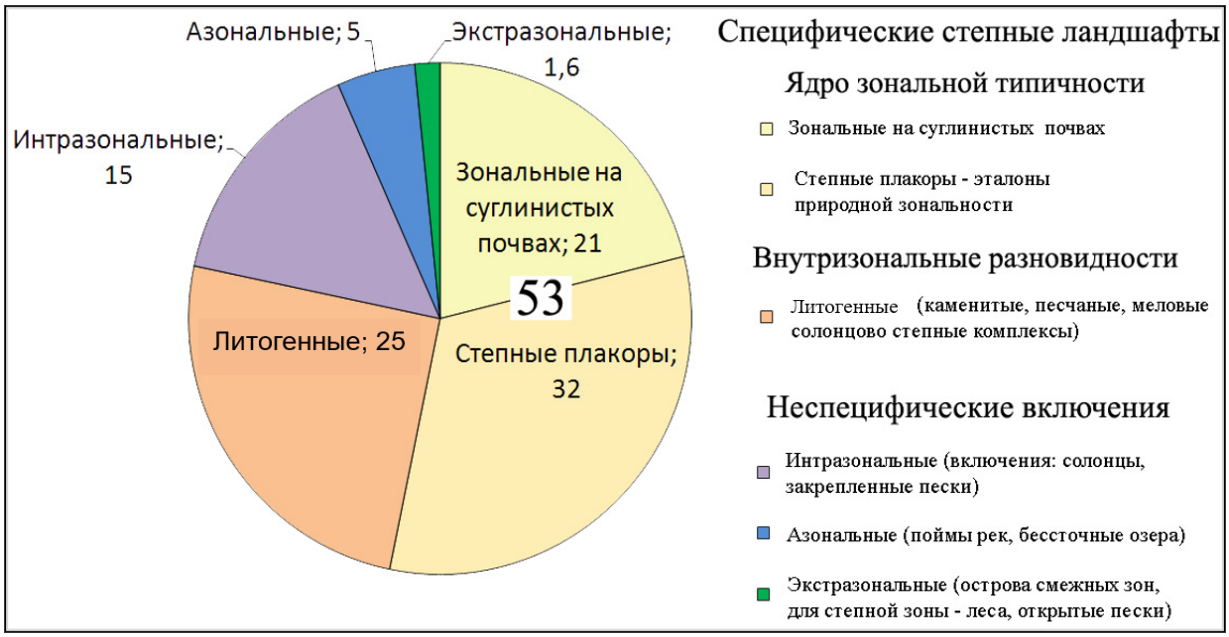


Рисунок 5.1. Ландшафтная структура модельного степного региона с выделением ядра зональной типичности степей, их внутризональных разновидностей и неспецифических включений в свете конвергенции геоботаники и ландшафтоведения.

Рассмотренная выше поляризация степного пространства является компромиссом и конвергенцией ландшафтоведения и агрономии, решающей проблемы сохранения резерва ядра зональной типичности степей, вывода урожайности полей на уровень биопотенциальной и выше. При таком решении функции поддержки продовольственной безопасности со всеми соответствующими усилиями и контролем сосредотачиваются на лучших землях, то есть на плакорах в их классическом понимании, а та часть бихолдера, которая выступает за их рамки (прежде всего по уклону и увлажнению), не может быть признана перманентной пашней, а подлежит гибкому сельскохозяйственному

использованию. Это основной территориальный резерв гибкого управления аграрным землепользованием, предполагающего ландшафтооборот, увеличение посевных площадей в благоприятные для полеводства фазы климатических и экономических циклов, их сокращение в неблагоприятные фазы с активным восстановлением травяных экосистем, в том числе с применением травосеяния.

Между рассмотренными полюсами, помимо выше рассмотренных разновидностей бихолдера, выступающих за рамки плакоров, остаются, во-первых, внутризональные разновидности степей, во-вторых, все неспецифические включения. И то, и другое должно использоваться гибко с приоритетом адаптивного животноводства, рекреации, охотничьего хозяйства и стать основным пространством диверсификации землепользования в степной зоне.

Задачами стратегических подходов к диверсификации землепользования, помимо сопряженных с продовольственной безопасностью и защитой биоразнообразия, должны быть: во-первых, повышение устойчивости степных охотничьих видов за счет улучшения условий поддержки экологического резерва их популяций; во-вторых, утверждение приоритета качества лесонасаждений в лесопользовании и лесовосстановлении. Основным стратегическим приоритетом для лесного хозяйства степной зоны должно стать сохранение наиболее ценных, прежде всего старовозрастных, насаждений сосны, дуба и иных ценных древесных пород и выращивание элитных высокоствольных лесов для будущих поколений.

Предлагаемый нами стратегический подход по своей сути является ландшафтно-адаптивным, вследствие чего сама стратегия принимает характер природоподобия. Одновременно со стратегией нами составлен свод природоподобных технологий, перспективных для реализации этой стратегии во всех рассмотренных выше составляющих пространства степной зоны. Таким образом, реализуется еще один конвергентный принцип взаимодействия системы природоподобных технологий в стратегии, которая сама по себе представляет собой природоподобную технологию стратегического планирования.

Таким образом, предлагаемая стратегия является двухосной, биполярной, конвергентной и природоподобной. На новационных принципах дифференциации степного пространства построена ландшафтная ось: от выделенного нами ядра зональной типичности степей к неспецифическим включениям – это первая ось. По стратегическому направлению землепользования выстроена ось от земледельческого полюса через угодья гибкого использования к природоохранному полюсу – это вторая ось. Взаимодействие этих осей в пространстве – главный вопрос практической реализации стратегии.

В данной стратегии использовано три конвергенции: геоботаники и ландшафтоведения в дифференциации пространства степной зоны, агрономии и степеведения в выделении перманентной пашни, конвергенция свода природоподобных технологий внутри стратегии, которая сама по себе тоже является природоподобной технологией в стратегическом планировании землепользования.

Стратегия обращается к прошлому степей, ориентируясь на реставрацию апогея степей и проверенных моделей степного землепользования в новом качестве, отвечающем современному этапу развития общества и технологий. Реставрированный, вписанный в агроландшафт апогей степей может быть истолкован как неостепи – вторичные степи в состоянии наивысшей продуктивности и генеративной активности. Реставрация проверенных моделей степного землепользования реализуется в виде следующих направлений:

– неономадизм (отгонное пастбищное животноводство с современной инфраструктурой);

– неоперелог (ландшафтооборот, в основном для степного бихолдера вне плакоров);

– неотравополье (полуприродные травяные экосистемы, распространение травосеяния, содействие самовосстановлению степей);

– «неоплейстоцен» – полувольное разведение степных копытных по аналогии с эпохой их устойчивого доминирования в позднем плейстоцене.

В философском смысле наши подходы представляют собой обращение к прошлому степей, но на новом витке развития общества и технологий. Перечисленные выше положения в случае их реализации позволят на научной основе распространить в степном землепользовании неономадизм (отгонное пастбищное животноводство с современной инфраструктурой), неоперелог (ландшафтооборот, в основном для степного бихолдера вне плакоров), неотравополье (полуприродные травяные экосистемы, распространение травосеяния, содействие самовосстановлению степей), «неоплейстоцен» – полувольное разведение степных копытных.

Наш подход к дифференциации пространства степной зоны апробирован на Оренбургской области как модельном степном регионе, отражающем ландшафтную структуру степной зоны в целом. В Оренбуржье (12,4 млн га) специфические степные ландшафты занимают 78% территории, ядро зональной типичности – 53%, внутризональные разновидности степей – 25%. Неспецифические включения занимают 22% территории. На этой основе выделены стратегические ландшафтные категории *(рисунок 5.2):*

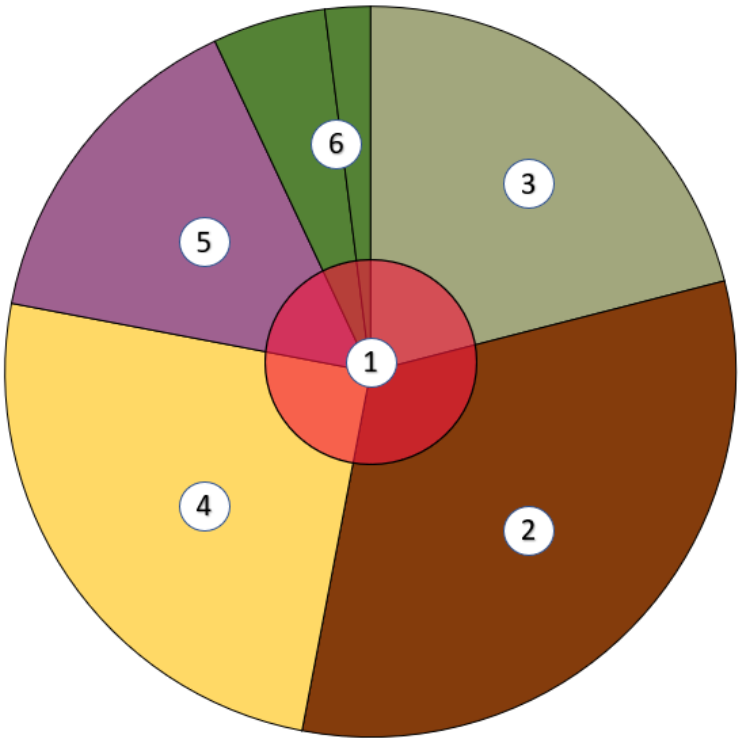


Рисунок 5.2. Ландшафтно-адаптивная конвергентная стратегическая поляризация степного землепользования.

Условные обозначения: Стратегические ландшафтные категории: 1 – Природоохранная (10%, 1,2 млн га) – природоохранный полюс; 2 – Перманентная пашня (плакоры, 29%, 3,6 млн га) – земледельческий полюс, перманентная пашня; 3 – Степной бихолдер за рамками плакоров (бихолдер, 19%, 2,3 млн га); 4 – Внутризональные разновидности степей (22%, базовые кормовые угодья, 2,8 млн га); 5 – Интразональные ландшафты (13%, кормовые угодья, 1,7 млн га); 6 – Азональные и экстразональные ландшафты (6%, леса, воды, сенокосы 0,8 млн га – элементы экологического каркаса).

По отношению к ландшафтно-климатическим условиям степной зоны стратегия является природоподобной и адаптивной: землепользование не стремится подстроить ландшафтную структуру под хозяйственные задачи, а выбирает хозяйственные задачи в соответствии с ландшафтной структурой.

По главным акцентам стратегия двухъядерная: в ландшафтной структуре выделяется ядро зональной типичности степей, в генеральной структуре землепользования выделяется ядро наивысшего технологического напряжения, состоящее из территорий развития системы ООПТ и перманентной пашни. Составляющие ядра наивысшего технологического напряжения, будучи противоположны по ориентации использования, в наибольшей степени требуют высоких технологий, инвестиций, внимания и контроля для выполнения своих стратегических задач.

Основываясь на принципе поляризации ландшафта, стратегия является биполярной, в ней выделяются природоохранный полюс и земледельческий полюс. Стратегия ориентируется на применение системы природоподобных технологий и три направления конвергенции: геоботаники, ландшафтоведения и почвоведения; степеведения и агрономии; природоподобных технологий и стратегии в целом как природоподобной технологии стратегического планирования *(рисунок 5.3).*

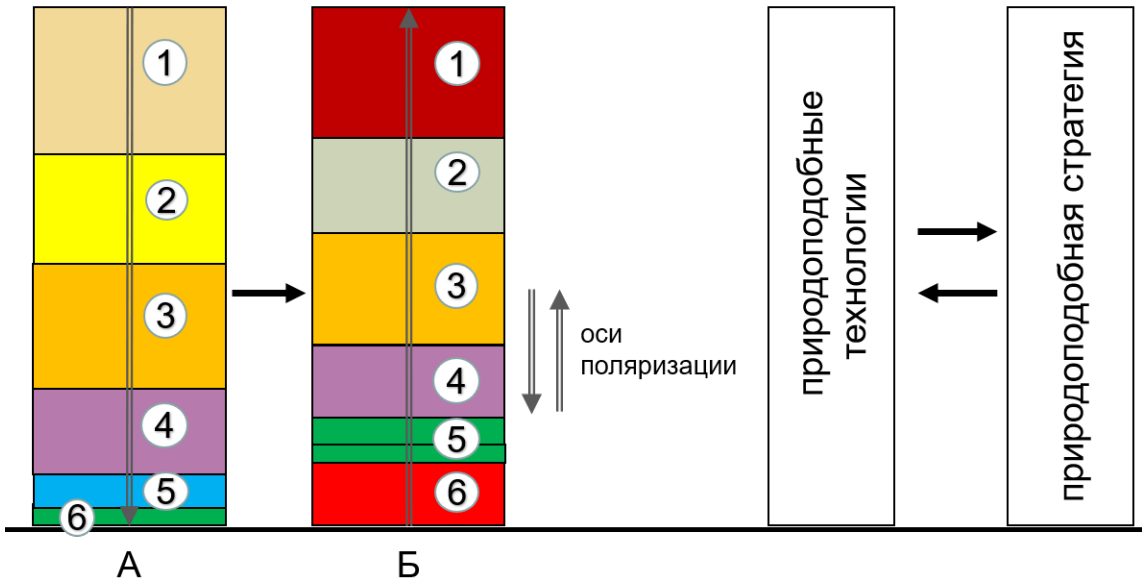


Рисунок 5.3. Ландшафтно-адаптивная конвергентная
стратегическая поляризация степного землепользования.

Условные обозначения: А: Ландшафтная структура модельного степного региона: 1 – степные плакоры; 2 – степной бихолдер за рамками плакоров (1, 2 – ядро зональной типичности степей); 3 – внутризональные разновидности; 4 – интразональные; 5 – азональные; 6 – экстразональные (4, 5, 6 – неспецифические включения). Б: Стратегические ландшафтные категории на примере Оренбургской области: 1. Перманентная пашня (плакоры, 29%, 3,6 млн га) – земледельческий полюс; 2. Степной бихолдер за рамками плакоров (бихолдер, 19%, 2,3 млн га); 3. Внутризональные разновидности степей (22%, базовые кормовые угодья, 2,8 млн га); 4. Интразональные ландшафты (13%, кормовые угодья, 1,7 млн га); 5. Азональные и экстразональные ландшафты (6%, леса, воды, сенокосы 0,8 млн га – элементы экологического каркаса); 6. Природоохранная (10%, 1,2 млн га) – природоохранный полюс.

Обоснованы условия реализации стратегии: преодоление предрассудков и предубеждений массового сознания в отношении степей, политическая воля и законодательная инициатива, формирование институциональных основ рационального степного землепользования, широкое внедрение природоподобных технологий в степное землепользование. Желательным условием реализации стратегии является национальный проект «Степи России», так как именно этот формат государственной поддержки соответствует экологическому и социально-экономическому значению степной зоны для устойчивого пространственного развития земледельческого пояса России.

5.4. РОЛЬ ПРИРОДОПОДОБНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ В ПОВЫШЕНИИ АДАПТИВНОСТИ К ИЗМЕНЯЮЩЕМУСЯ КЛИМАТУ И СМЯГЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ В АГРОЛАНДШАФТАХ

Современное сельское хозяйство России нуждается в оперативной разработке и научном обосновании эффективных, ресурсо- и энергосберегающих систем земледелия, имеющих выраженную природоохранную направленность.

Особой остротой обозначенная проблема характеризуется в постцелинных регионах степной зоны РФ, где ее решение предполагает незамедлительную оптимизацию структуры землепользования и адаптацию зональных агротехнологий к антропогенным и климатическим изменениям.

До настоящего времени, при всех успешных организационных и технологических решениях в сфере растениеводства, здесь сохраняется еще много причин, вызывающих нестабильность производства. Среди них особо выделяются климатические изменения, сопровождающиеся неустойчивостью погодных условий.

Отмечаемая в настоящее время повсеместно нарастающая засушливость климата (Arora, 2019; Powell et al., 2016), выражающаяся в увеличении сумм активных температур на фоне снижающегося количества атмосферных осадков, отчетливо проявляется во многих регионах степной зоны России (Поварницына, Савин, 2022) и вносит существенный дисбаланс в эффективность хозяйственной деятельности.

Так, в юго-западных регионах степной зоны России, наряду с выращиванием овощей и фруктов, традиционно специализирующихся на производстве зерна озимой пшеницы, ее урожайность и валовые сборы в условиях крайней изменчивости климата последних десятилетий (2000-2021 гг.) характеризуются высокой изменчивостью.

К примеру, в Волгоградской области, где озимая пшеница ежегодно размещается на площади более 1,0 млн га, при средней за указанный период урожайности в 2,33 т/га размах ее вариации составил 1,95 т/га – от 1,34 т/га в 2010 г. до 3,29 т/га – в 2017 г. Изменчивость валового урожая составила 3854,5 тыс. т – от 517,9 тыс. т в 2003 г. до 4372,4 тыс. т – в 2017 г. (ЕМИСС. Государственная статистика). Наиболее сильно (r=0,90) валовые сборы зависели от площади сохранившихся к уборке продуктивных посевов (общей выживаемости) и их урожайности (r=0,77), в свою очередь тесно связанных с метеорологическими параметрами.

На жизнеспособность посевов (сохранение площади посева, га) наибольшее прямое влияние здесь оказывают атмосферные осадки, включая осадки холодного периода (r=0,54). Влияние сумм активных температур имеет обратную направленность, наиболее выраженную в летний (апрель-июнь) период (r=-0,63). Аналогичная зависимость от метеорологических параметров наблюдается и в отношении урожайности – увеличение количества атмосферных осадков сопровождается ее ростом (r=0,41), а увеличение ресурсов активных температур – снижением (r =-0,57).

Примечательно, что и в осенний, и в весенне-летние периоды вегетации зависимость урожайности от метеорологических параметров является близкой, что подтверждает их практически равную значимость в реализации биологического потенциала возделываемых сортов (Толстопятова и др., 2019).

Наиболее сухими месяцами на сельскохозяйственных землях Волгоградского Прихопёрья, довольно длительное время считавшегося территорией успешного озимого хлебосеяния, в настоящее время являются август и сентябрь, с долей засушливых, очень засушливых и сухих периодов на уровне 96,9-98,7%. Вследствие совокупного изменения метеорологических параметров, выразившегося в сокращении ресурсов атмосферного увлажнения и нарастании ресурсов тепла, снизилась общая гидротермическая оценка условий осенней вегетации (ГТК Селянинова) – на 0,28 единицы за 32 года. Самое существенное снижение ГТК отмечено в сентябре (на 0,51 единицу), а самые

низкие его значения наблюдаются в августе (0,41 единицы), условия увлажнения которого вплотную приблизились к оценке «сухие» (при ГТК ниже 0,4 единицы).

При недостатке влаги в позднелетний и осенний периоды, совпадающие с посевом, появлением всходов, закалкой растений и закладкой репродуктивных органов как основы будущего урожая, зачастую значительно снижается дружность и полнота всходов, ухудшается их подготовка к зиме и значительно повышается гибель в зимний период.

Такие посевы характеризуются очень низким уровнем реализации биологического потенциала, а в отдельные годы могут не сформировать зерна совсем. Чаще всего ощутимые потери урожая на фоне засушливости климата происходят при игнорировании очевидных законов земледелия и климатических изменений, применении технологий, основанных на традиционных влагорасточительных подходах (глубокая обработка почвы, оголенная поверхность поля), нарушении севооборотов, использовании низкокачественных семян и неустойчивых к засухе сортов, исключении удобрений, применении устаревшей сельскохозяйственной техники и отсутствии элементарного агрономического сопровождения *(рисунок 5.4)*.



а б

Рисунок 5.4. Чрезвычайно низкая полнота всходов (октябрь, 2020 г.) и изреженность стеблестоя (апрель, 2021 г.) озимой пшеницы при традиционных влагорасточительных приемах обработки черноземов южных в условиях засухи, Кумылженский район, Волгоградская область.

В этой связи определение направленности влияния климатических изменений на реализацию биологического потенциала полевых культур и разработка технологических приемов, повышающих стабильность зернового производства, не приводящих к повышению напряженности в агроландшафтах, их истощению, утрате биоразнообразия, имеет стратегическое значение для укрепления продовольственной безопасности населения и поддержания экологического баланса (Гулянов, 2022*а*).

В отличие от природных ландшафтов, агроландшафты зачастую характеризуются нарушением экологического баланса, потерей способности к саморегулированию, что особенно остро проявляется в экстенсивном земледелии и (или) при увеличении антропогенной нагрузки (Долгополова и др., 2021). В связи с этим они нуждаются в постоянном поддержании устойчивости, обеспечивающей рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов (Пашинцева, 2017).

Длительное природозатратное землепользование и ощутимые климатические изменения в ряде степных регионов России сопровождаются неблагоприятной

экологической ситуацией, дополнительно усиленной экономическими преобразованиями, не всегда учитывающими экологические и ландшафтные факторы (Постолов и др., 2016).

Отдельные постцелинные земледельческие регионы характеризуются достаточно низкой ландшафтно-экологической устойчивостью, определяемой соотношением устойчивых (сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, лесные земли, лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, земли под водой, залежь, болота) и неустойчивых элементов ландшафта (пашня, земли застройки, нарушенные земли, земли под дорогами и прочие земли).

Так, по состоянию на 01 января 2021 г., при доле пашни, как превалирующей составляющей в структуре неустойчивых элементов ландшафта, занявшей в целом по РФ 58,7% от площади сельскохозяйственных угодий (116187,9 из 197818,7 тыс. га) и 54,3% в регионах степной зоны (6335361 из 11650068 тыс. га), в отдельных территориях отмечена ее значительно большая доля. Лидируют по данному показателю регионы европейской России – Краснодарский край (88,5%), Белгородская (79,4%), Воронежская (76,2%), Самарская (75,3%) и Саратовская (71,1%) области. В постцелинных регионах азиатской России (Зауралье и Западная Сибирь) наиболее выраженная экологическая напряженность сложилась в Омской, Челябинской областях и Алтайском крае. Здесь доля пашни в структуре сельскохозяйственных угодий составляет 63,6-62,4-62,0% соответственно. Уральские степные регионы (Оренбургская область и Республика Башкортостан) по данному показателю занимают промежуточное положение.

Из устойчивых элементов ландшафта в структуре сельскохозяйственных угодий степных постцелинных регионов преобладают пастбища, занимающие несопоставимо меньшую площадь по сравнению с обрабатываемыми земледельческими угодьями (пашней), за исключением разве что Республики Калмыкия, где они имеют наибольшую площадь, превышающую площадь пашни в 6,3 раза. Из других регионов много пастбищ в Оренбургской, Волгоградской, Ростовской областях и Алтайском крае – 5108,3-3752,1-2563,7-2279,0-2596,1 тыс. га или 84,6-35,9-29,9-27,7-24,5% от площади сельхозугодий соответственно, а меньше всего их в Краснодарском крае и Белгородской области (338,8-324,6 тыс. га или 8,1-17,1%) (*рисунок 5.5*).

Доля сенокосов еще ниже, с наибольшими значениями в Республике Башкортостан (16,4%) и Новосибирской (24,4%) области и наименьшими – в Самарской (1,3%) и Белгородской (2,2%) областях.

Исходя из этого, экологизация использования земель и оптимизация ландшафтов с целью повышения их устойчивости, а также оптимизация агроландшафтов с целью стабилизации их продуктивности, относятся к числу главных задач современного землепользования в условиях меняющегося климата (Соболин и др., 2003). Причем оперативная реализация обозначенных задач в целом по стране не менее актуальна, чем в отдельных постцелинных регионах степной зоны.

По этой причине разработка и обоснование путей повышения устойчивости агроландшафтов, сочетающих экологическую сбалансированность и высокую продуктивность, имеют чрезвычайную актуальность, особенно в территориях, характеризующихся высокой напряженностью экологического баланса. В их числе особой остротой характеризуются степные регионы Урала и Западной Сибири.

Так, в Оренбургской области и Алтайском крае, как модельных постцелинных территориях, комплексный показатель экологической устойчивости (стабильности) в связи с тотальной распаханностью характеризуется широкой пространственной изменчивостью и преимущественно низкой величиной, связанной с невысокой долей площади стабилизирующих территориальных элементов в общей площади землепользования *(рисунок 5.6)*.



Рисунок 5.5. Соотношение устойчивых и неустойчивых элементов ландшафта в структуре сельскохозяйственных угодий в постцелинных регионах России, по состоянию на 01.01.2021 г.

Условные обозначения: I – Белгородская обл., II – Воронежская обл., III – Республика Калмыкия, IV – Краснодарский край, V – Волгоградская обл., VI – Ростовская обл., VII – Ставропольский край, VIII – Самарская обл., IX – Саратовская обл., X – Республика Башкортостан, XI – Оренбургская обл., XII – Курганская обл., XIII – Тюменская обл., XIV – Челябинская обл., XV – Алтайский край, XVI – Новосибирская обл., XVII – Омская обл.



Рисунок 5.6. Динамика комплексного показателя экологической устойчивости (стабильности) в разрезе отдельных территорий.

Условные обозначения: (Российская Федерация, в целом – I; Оренбургская область, в целом – II, в т.ч. по районам: Домбаровский – III, Светлинский – IV, Ясненский – V; Алтайский край, в целом – VI, в т.ч. по районам: Бурлинский – VII, МО г. Славгород – VIII, Табунский – IX, Кулундинский – X, Ключевский – XI).

Более напряженная ситуация в этом отношении сложилась в Оренбургской области, где величина комплексного показателя экологической устойчивости (стабильности) территории не превышает 0,90 единицы и свидетельствует о нестабильном экологическом состоянии (0,5-1,0). В Алтайском крае отмеченный

показатель на 0,33 единицы выше (1,17), при этом экологическое состояние территории также является напряженным (условно стабильное – 1,0-3,0). По сравнению со средней величиной данного показателя, характерного для всей российской территории (2,50), в Оренбургской области он ниже на 1,66 единицы (в 3,0 раза) и на 1,33 единицы (в 2,14 раза) – в Алтайском крае. При средней по стране относительной доле стабилизирующих территориальных элементов в общей площади землепользования на уровне 71,4% в Оренбургской области она составляет только 45,7% и немногим более (54,0%) в Алтайском крае.

Динамика индекса экологической сбалансированности агроландшафтов на указанных территориях вписывается в аналогичную пространственную картину *(рисунок 5.7, а)*.

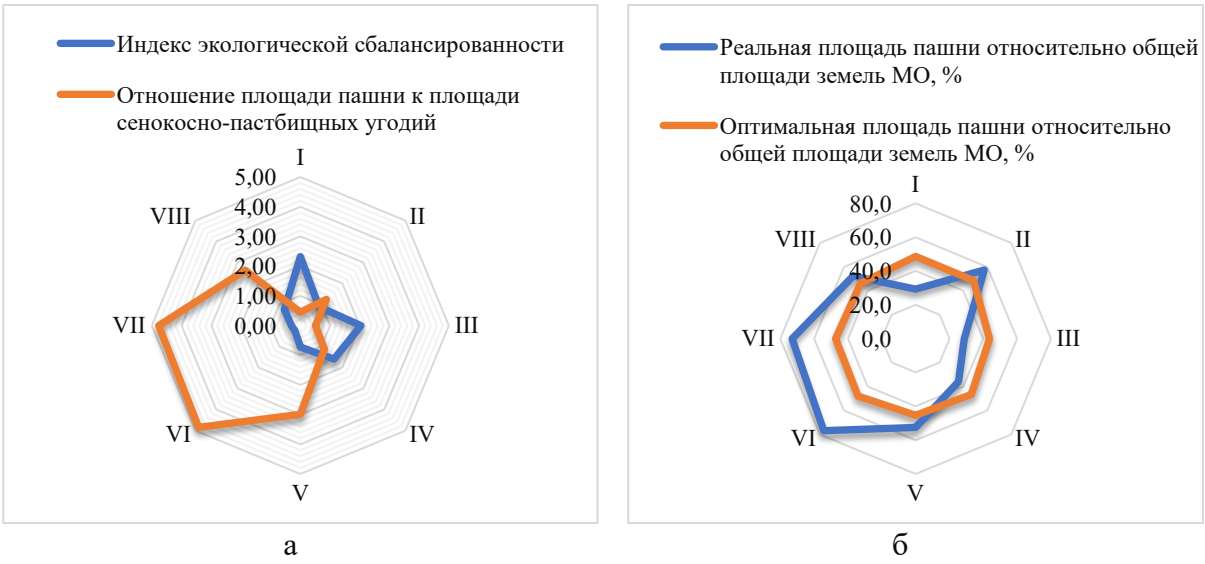


Рисунок 5.7. Динамика индекса экологической сбалансированности агроландшафтов (а) и оптимальной площади пашни (б) в разрезе исследуемых территорий (районов) Оренбургской области.

Условные обозначения: Домбаровский – I, Светлинский – II, Ясненский – III) и Алтайского края (Бурлинский – IV, МО г. Славгород – V, Табунский – VI, Кулундинский – VII, Ключевский – VIII).

В целом по РФ, Алтайскому краю, отдельным степным территориям Оренбургской области (Домбаровский и Ясненский районы) и Алтайского края (Бурлинский район) агроландшафты являются устойчивыми. В среднем по Оренбургской области и Светлинскому району величина индекса экологической сбалансированности агроландшафта (0,93 и 0,89) ниже величины, соответствующей устойчивому агроландшафту, на 0,07 и 0,11 единиц. Еще большая разница (0,24 и 0,27 единиц) отмечена в МО г. Славгород и Ключевском районе Алтайского края (0,76 и 0,73), а самыми низкими значениями индекса экологической сбалансированности агроландшафтов характеризуются Кулундинский (0,30) и Табунский (0,25) районы.

Низкой оценкой характеризуется и агрономическая (производительная) устойчивость агроландшафтов указанных территорий *(таблица 5.1)*.

Все отмеченные территории, на примере яровой пшеницы как преобладающей в структуре посевных площадей, характеризуются значительно меньшей в сравнении с потенциальной (Уп) средней производственной (У) урожайностью, находящейся на уровне 25,0-27,0%, и высокими резервами роста, обусловленными величиной биоклиматического потенциала (БКП).

Соответствующая условно сбалансированному соотношению угодий оптимальная площадь пашни имеет достаточно близкую в пространственном отношении

величину (43,7-48,6%) для всех исследуемых территорий при значительно более широкой вариабельности существующих размеров (29,3-76,9%), выраженных относительно общей площади территорий землепользования.

Таблица 5.1.

Агрономическая (производительная) устойчивость агроландшафтов отдельных степных территорий Оренбургской области и Алтайского края

Муниципальные образования (административные районы)	Показатели производительной устойчивости агроландшафта		Оценка производительной устойчивости агроландшафта
	Урожайность яровой пшеницы (У)	Коэффициент вариации урожайности (Кв)	
Домбаровский	У < Уп	Кв > 30%	очень низкая
Светлинский	У < Уп	Кв > 30%	очень низкая
Ясненский	У < Уп	Кв > 30%	очень низкая
Бурлинский	У < Уп	Кв > 30%	очень низкая
МО г. Славгород	У < Уп	Кв > 30%	очень низкая
Ключевский	У < Уп	25 > Кв > 20%	очень низкая
Кулундинский	У < Уп	30 > Кв > 25%	очень низкая
Табунский	У < Уп	Кв > 30%	очень низкая

Положительный баланс площади пашни, выражающийся в превышении оптимальных размеров, наблюдается в землепользовании Оренбургской области в целом (1,8 п.п. (процентных пункта)), а также является характерным для землепользования Светлинского района Оренбургской области (2,9 п.п.), Ключевского района (6,2 п.п.), МО г. Славгород (7,2 п.п.) и особенно Кулундинского (25,7 п.п.) и Табунского (28,8 п.п.) районов Алтайского края *(рисунок 5.7, б)*.

Экологическая сбалансированность агроландшафтов указанных территорий может быть достигнута при сокращении площади пашни на 226,5 тыс. га в целом по Оренбургской области, в т.ч. на 16,2 тыс. га в Светлинском районе. Из исследуемых территорий Алтайского края консервации деградированных земель и трансформации малопродуктивных пахотных угодий в другие виды пользования (например, сенокосы или пастбища) подлежат 15,4 тыс. га в МО г. Славгород, 18,7 тыс. га в Ключевском районе, 50,9 тыс. га в Кулундинском и 51,3 тыс. га в Табунском районах.

Одним из путей исправления сложившейся экологической ситуации является выведение из обработки малопродуктивных земель, прежде всего чрезмерно распаханных в целинную кампанию 1954-1963 гг., а также заовраженных, склоновых и прочих непригодных для обработки (Чибилёв, 1992*б*). Обеспечение продовольственной безопасности при этом может быть достигнуто за счет компенсации недополученных урожаев более высокими сборами с остающихся в обработке полей посредством внедрения наукоемких природоподобных технологий (Гулянов и др., 2022), определенных правительством РФ в качестве приоритетных (О развитии природоподобных технологий…, 2023).

Принципиальное отличие природоподобных агротехнологий от традиционных технологий полеводства заключается в направленности на подражание природным процессам и приближении условий существования почвы и растений в агроценозах к условиям, характерным для естественных растительных сообществ. Их более высокая производственная эффективность основывается на наукоориентированном подходе и адаптации технологических приемов к современным климатическим и антропогенным изменениям с использованием информационных технологий и данных дистанционного зондирования земли (Гулянов, 2019*б*; Гулянов и др., 2018).

Внедрение природоподобных агротехнологий предполагает снижение нагрузки на агроэкосистемы и агроландшафты и их оптимальную организацию, приближенную к природной структуре и динамике.

По аналогии с естественными природными процессами в засушливых условиях постцелинных степных регионов России перспективны подходы, предполагающие ландшафтно-экологическое пространственное планирование и организацию землепользования путем «вписывания» полей в естественный природный ландшафт.

Целесообразно насыщение севооборотов многолетними травами и создание травяных экосистем, включающих лугово-степные виды, характеризующиеся более плотным проективным покрытием, глубокой и плотной корневой системой и значительно повышающими устойчивость природно-территориального комплекса. Они являются естественным защитным покровом степных ландшафтов от проявлений деструктивного характера (водной эрозии и дефляции), обеспечивают благоприятные условия для формирования мощного гумусового горизонта, оптимизации состава, свойств почвы и развития почвенной биоты *(рисунок 5.8)*.



а б

Рисунок 5.8. Многолетние травы на полях Алтайского края – люцерна синегибридная (а – Смоленский район, август 2021 г.) и эспарцет песчаный (б – СПК «Знамя Родины» Поспелихинский район, июнь 2023 г.).

Эффективность приведенных приемов биологизации подтверждается результатами полевых экспериментов, проведенных в различных регионах степной зоны России и указывающих на неспособность полноценного выполнения экологических функций многими сельскохозяйственными культурами в отсутствии многолетних трав в севооборотах.

В условиях сухостепной Кулунды это проявляется в преобладании процессов минерализации гумуса в почве над гумификацией, разрушении структуры и уплотнении почвы, убыли органического вещества. Воспроизводство гумуса достигается только при пятидесятипроцентном насыщении почвозащитных севооборотов житняком или в кормовых севооборотах с донником или другими многолетними бобовыми травами (Будрицкая и др., 2015).

Целесообразно также одновременное выращивание в агроценозе двух и более культур с разными биологическими и морфологическими признаками в виде черезрядных (к примеру, кукурузы и сои), разносортных (смеси сортов зерновых

культур) и смешанных (бобовых и злаковых культур) посевов с целью повышения их устойчивости и объединения ценных хозяйственных признаков.

Интерес к смешанным посевам определяется также возможностью сбора с единицы площади большего урожая, чем при возделывании тех же культур в чистых посевах, а также получения продукции, сбалансированной по потребительским качествам. Выращивание смешанных посевов, наряду с выполнением экологических функций, является наиболее простым и универсальным способом получения сбалансированного по углеводно-протеиновому соотношению корма (Краснопёров, Буянкин, 2016; Такунов и др., 2008), что способствует развитию животноводства и восполнению в почве питательных элементов внесением органических удобрений (навоза).

При внедрении этих агромероприятий представляется возможным получение положительного баланса почвенного плодородия (воспроизводства плодородия) и перевода земледелия на новые экологические стандарты (Жученко, 2015; Савченко, 2023).

Начальным этапом экологизации в ландшафтно-адаптивных системах земледелия является увеличение разнообразия возделываемых видов и сортов полевых культур и развитие животноводства, необходимого для оптимизации набора культур в севооборотах, чередования зерновых и кормовых культур, введения важных для повышения плодородия почвы и оптимизации ее фитосанитарного состояния многолетних трав, в том числе бобовых (Кирюшин, 2012; Трофимова и др., 2018). В дополнение к этому только в полнопрофильных хозяйствах, специализирующихся на производстве как растениеводческой, так и животноводческой продукции, возможно полноценное решение проблемы удобрения полевых культур и повышения биологической активности почвы (Савченко, 2023).

Важнейшей составляющей природоподобного земледелия является переход на почвозащитные системы обработки почвы (нулевая и минимальная), дифференцированные в зависимости от зональных почвенных, ландшафтно-экологических и экономических условий в рамках адаптивно-ландшафтных систем земледелия (Власенко и др., 2011; Кононов, Кононова, 2014; Rainbow, Derpsch, 2011).

Не менее важно повышение требовательности к подбору технологических приемов, способствующих более рациональному расходованию влаги за счет сведения к минимуму ее непродуктивных потерь, прежде всего с испарением с незащищенной поверхности поля.

Они основаны на как можно более долгом содержании почвы под пологом культурных растений или пожнивными остатками, использовании мелких обработок без оборота пласта, минимизации или полном исключении (прямой посев) обработки с созданием на поверхности поля мульчи из растительных остатков, способствующей уменьшению испарения влаги, саморазрыхлению почвы, подавлению сорняков, повышению устойчивости почвы к эрозии, увеличению численности почвенных микроорганизмов, снижению интенсивности минерализации гумуса и уменьшению эмиссии углекислого газа (Кирюшин, 2012).

Примером может служить активное освоение мульчирующих технологий минимальной и нулевой обработки почвы хозяйствами различных форм собственности в Среднем и Нижнем Поволжье *(рисунок 5.9)*.

Аналогичным последействием сопровождаются и приемы уборки урожая, основанные на использовании очесывающих жаток с оставлением на поле практически не поврежденного стеблестоя, выполняющего аналогичные травяным сообществам экологические функции (снегозадержание, снижение интенсивности весеннего паводка и др.) (Гулянов, 2020; Чибилёв и др., 2023).

В дополнение к экологоориентированным составляющим природоподобных агротехнологий существенное влияние на экологическую сбалансированность

агроландшафтов оказывают структура посевных площадей, системы удобрений и защиты от вредных объектов, противоэрозионные мероприятия (Беляков и др., 2022).



а б

Рисунок 5.9. Состояние поверхности поля в технологиях минимальной обработки почвы с мульчированием незерновой частью урожая кукурузы под яровую пшеницу и листостебельной массой подсолнечника под озимую пшеницу в Среднем Поволжье (а – Самарская область, Пестравский район, октябрь 2020 г.); в Нижнем Поволжье (б – Волгоградская область, Кумылженский район, октябрь 2021 г.).

В не меньшей степени этому способствует оптимальное соотношение в развитии отраслей растениеводства и животноводства, предполагающее включение в севообороты экологически ценных кормовых культур (многолетние и однолетние травы, зернобобовые культуры и злаково-бобовые зерносмеси на зеленую подкормку, сено, сенаж; кукуруза на силос), обеспечивающее оптимизацию агрофизических свойств почвы и баланс ее плодородия (включая восполнение вынесенных урожаями элементов минерального питания) внесением органических удобрений *(рисунок 5.10)*.

Среди средостабилизирующих факторов агроландшафтов при реализации природоподобных агротехнологий высоким положительным эффектом обладают насаждения в виде облесения пахотных земель, снижающие экологическую напряженность в агроландшафтах посредством увеличения относительной влажности воздуха, сокращения весеннего стока, уменьшения испарения и других непродуктивных потерь влаги (Ильинская, 2022), а также усиления влагосберегающей и почвозащитной (конвекционной) функций почв.

Высоким влагосберегающим и влагорегулирующим эффектом характеризуются и другие виды водной и лесной мелиорации. Обнадеживающие результаты показывает возделывание в полосах поля шириной до 100 м сельскохозяйственных культур, разделяемых буферными полосами. В соответствии с организационной структурой буферных полос, их основу составляют многолетние травы с размещенными по центру водорегулирующими лесными полосами. Такая организация буферных полос положительно сказывается на организации весенне-полевых работ, так как исключает временное оставление под более поздний посев переувлажненных приполосных участков. При этом многолетние травы максимально используют эту повышенную влагообеспеченность почвы для формирования высокого урожая (Гулянов, 2019*б*).



а б

Рисунок 5.10. Кукуруза на силос (а) и приготовленные для внесения органические удобрения (б) в биологизированном земледелии АО «Брединское» Брединского района Челябинской области, зерноживотноводческой специализации, племенном репродукторе КРС симментальской породы мясного направления (август, 2023 г.).

К сожалению, к настоящему времени в условиях повысившейся засушливости климата и антропогенной нагрузки, а также при отсутствии надлежащего ухода (омоложение, прореживание, уборка сухостоя и т.д.), площади полезащитных лесных насаждений в регионах степной зоны России значительно сократились, а многие из пока сохранившихся лесополос находятся в маложизнеспособном состоянии.

Получение близкого полевого влагорегулирующего эффекта может обеспечить выращивание кулис из высокостебельных растений. Они задерживают снег, более равномерно распределяют его по поверхности поля, обеспечивают равномерное таяние и поглощение почвой без интенсивного стока и эрозионного разрушения почвы (Гулянов, 2023*б*).

В целом, экологическая устойчивость агроландшафтов постцелинных степных регионов России характеризуется преимущественно низкой оценкой, обусловленной преобладанием дестабилизирующих экологическое равновесие структурных элементов в общей площади землепользования. Повышение их экологической устойчивости и сбалансированности может быть достигнуто путем сокращения площади пашни на величину, превышающую ее оптимальные размеры. В обеспечении продовольственной безопасности и экспортного потенциала страны в условиях современных климатических изменений весомая роль должна отводиться внедрению агротехнологий, имеющих природоподобную основу и обеспечивающих воспроизводство природных ресурсов.

Эффективное решение этих задач будет способствовать не только поддержанию продовольственной безопасности населения, но и экологической стабильности уникальных степных экосистем.

5.5. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛЕВЫХ АГРОЦЕНОЗОВ, СОХРАНЕНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Хлебосеющие регионы степной зоны России располагают еще достаточно высокими резервами роста урожайности полевых культур даже в условиях современной метеорологической напряженности, связанной с повышением засушливости климата (Бесалиев, Панфилов, 2019).

Так, в хозяйствах Оренбургского Зауралья, специализирующихся на выращивании яровой пшеницы мягких и твердых сортов, ее средняя производственная величина (0,62 т/га) в 2,4 раза ниже обеспеченного биоклиматическим потенциалом (БКП) уровня. Еще большим резервом урожайности характеризуются территории хлебосеяния Алтайского края, особенно расположенные на его западных, приграничных с Республикой Казахстан рубежах. Здесь, в хозяйствах, приуроченных к Западно-Кулундинской природно-климатической зоне, при средней величине урожайности яровой пшеницы 0,78 т/га, эффективность использования БКП составляет только 23,2% (Гулянов, 2024*в*). Аналогичная ситуация складывается и в земледелии других степных регионов РФ (Павлова, Варчева, 2017).

Изменчивая и недостаточно полная реализация биоклиматического потенциала в урожаях полевых культур не обеспечивает получение полновесных и стабильных валовых сборов, создает риски продовольственной безопасности, снижает экспортный потенциал страны и не способствует сохранению и рациональному использованию природных ресурсов, побуждая к вовлечению в обработку непригодных земель.

Одной из причин недобора и нестабильности валовых урожаев является высокая пространственная гетерогенность растительного покрова, проявляющаяся в виде мозаичности развития фитомассы и пестроты урожайности по отдельным элементарным участкам поля (Небытов, 2016; Kiryanov-Greff et al., 2024).

Вызывающие ее факторы сопровождаются мозаичным пространственным изреживанием продуктивного стеблестоя, локальным снижением продуктивности колоса и приводят к уменьшению средней по полю урожайности при наличии большого числа внутрипольных низкоурожайных участков.

Наряду с природными факторами, в большей степени связанными с почвенными и метеорологическими условиями, в регионах степной зоны России отмечаются негативные факторы сельскохозяйственной практики, связанные с низким качеством и недостаточной адаптивностью реализуемых технологических приемов. При их неблагоприятном сочетании или недобросовестном исполнении даже на относительно однородных полях наблюдаются участки пониженной продуктивности растений.

В начале вегетации такие участки хорошо визуализируются даже без использования каких-либо дополнительных технических средств, а в более поздние фазы развития фиксируются при наземном сканировании портативными оптическими устройствами и достаточно отчетливо проявляются на космических снимках в виде мозаичности нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI).

В регионах с преимущественным возделыванием озимых культур их пространственная мозаичность в период осеннего развития в значительной степени связана с локальным иссушением посевного слоя почвы влагорасточительными глубокими обработками с оборотом пласта и является следствием пролонгированного периода появления всходов. Он растягивается на всю осень, и после каждого агрономически ценного дождя на поле отмечаются новые всходы, значительно отстающие в развитии от появившихся ранее.

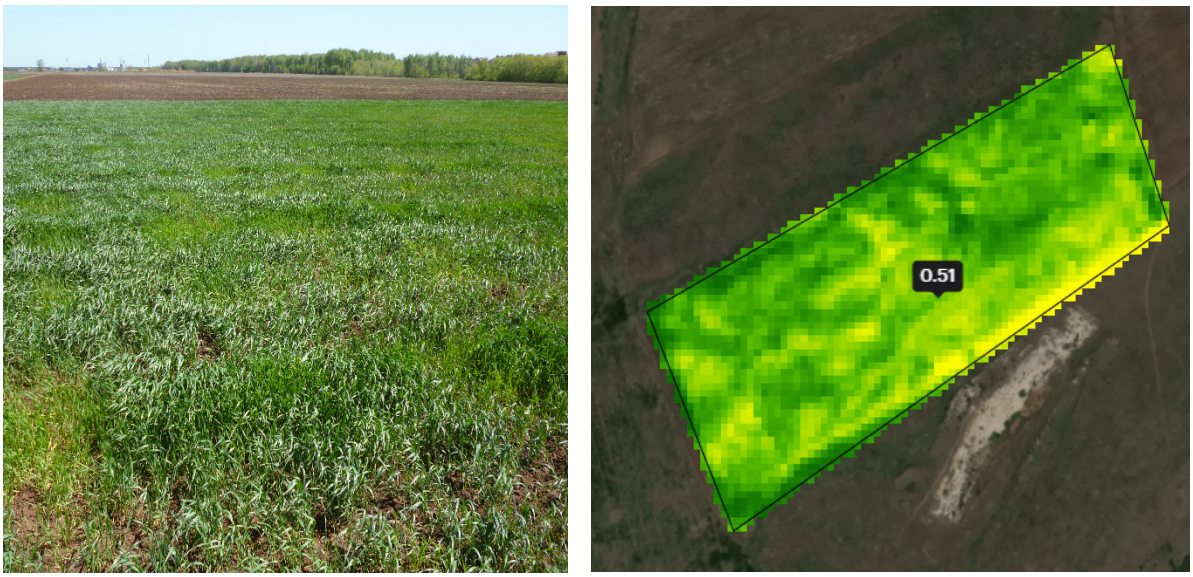
Сформировавшаяся с осени пестрота очень отчетливо проявляется и весной, не нивелируется в последующие фазы вегетации, сохраняется вплоть до уборки и

сопровождается высокой пространственной вариабельностью урожайности (Гулянов, 2005).

Такие посевы озимой пшеницы, с отчетливо различимыми разновозрастными группами растений, отмечались на отдельных полях центральной почвенно-климатической зоны Оренбургской области в ранневесенний период 2020 г *(рисунок 5.11)*.

Около 50,0% растений были нераскустившимися, с одним побегом и слаборазвитой вторичной корневой системой. У раскустившихся было по 2-3 побега кущения, и наблюдалась хорошо выраженная вторичная корневая система. Растения практически вдвое различались по высоте, поле выглядело очень пестрым, с «холмами» полноценных растений на фоне отстающих в развитии при поздних осенних всходах или взошедших только весной. Пространственная изменчивость нормализованного разностного вегетационного индекса посева (NDVI), тесно коррелирующего с уровнем развития надземной фитомассы, составила 0,35 единиц (от 0,74 до 0,39), а коэффициент вариации NDVI был равен 27,0%.

Наиболее отчетливое проявление пространственной вариабельности фитомассы и урожайности полевых культур по причине слабой технологической адаптивности наблюдается в наименее благоприятные по условиям увлажнения годы, когда на фоне лимитированной влагообеспеченности значительно снижается еще и доступность растениям элементов минерального питания, особенно в местах их пониженной обеспеченности, а также благоприятность других факторов жизни растений.



а б

Рисунок 5.11. Визуализация высокой мозаичности фитомассы озимой пшеницы (а) и картина пространственного распределения NDVI (б) при низком качестве подготовки парового поля (Оренбургский район, Оренбургская область).

Так, в Оренбургском Предуралье, в относительно благоприятном по условиям увлажнения 2022 г., коэффициент вариации урожайности яровой пшеницы по 50 элементарным участкам поля, при ее средней величине 1,6 т/га, составлял 25,4%. В засушливом 2021 г., при средней урожайности 0,6 т/га, размах ее пространственной изменчивости был значительно выше, с вдвое большим коэффициентом вариации (47,8%).

Из большого числа варьирующих урожайность факторов, так или иначе связанных с реализацией технологий выращивания полевых культур, наибольшим отрицательным эффектом в степной зоне России сопровождаются приемы, значительно снижающие

полевую всхожесть семян, сохранность и общую выживаемость растений в скудных условиях атмосферного увлажнения при нарастающей солнечной инсоляции.

Исходя из наблюдающейся в настоящее время чрезвычайной распаханности сельскохозяйственных угодий, к числу основных из них относится обработка неполнопрофильных, смытых и прочих почв, обладающих низким уровнем плодородия и его высокой пространственной мозаичностью *(рисунок 5.12).*

На таких полях гетерогенность растительного покрова проявляется с самого начала вегетации в виде высокой пестроты всходов на участках пониженного плодородия, в большинстве случаев связанной с недостаточным количеством влаги для полноценного набухания и прорастания семян, изреженности продуктивного стеблестоя, низкой продуктивной кустистости и небольшой массы зерна с колоса.

Наряду с этим, вовлечение в обработку неустойчивых почв крайне нежелательно для сохранения экологического баланса степных территорий, отличающихся низкой экологической сбалансированностью агроландшафтов, вредит поддержанию биологического разнообразия и сохранению благоприятной среды обитания (Гулянов, 2024*г*).



а б

Рисунок 5.12. Пространственная мозаичность почвенного плодородия (а – Табунский район, Алтайский край) и полноты всходов озимой пшеницы (б – Октябрьский район, Оренбургская область) на неполнопрофильных почвах со сложным рельефом.

В условиях ограниченной влагообеспеченности заметное снижение полноты всходов и плотности продуктивного стеблестоя яровых культур наблюдается при некачественной предпосевной подготовке почвы, провоцирующей непроизводительные потери влаги. Чаще всего это наблюдается при несвоевременном весеннем бороновании участков с глубокой отвальной обработкой почвы, когда почва пересыхает, растрескивается и к посеву теряет большую часть запасенной за осень-зиму влаги. На таких участках, как правило, при характерных для степных территорий ранневесенних суховеях, формируются неполные всходы и изреженный стеблестой, некомпенсируемый кущением даже при оптимальном увлажнении в последующие фазы. К этому же приводит и запаздывание с посевом.

Большую пестроту всходов и вариабельность плотности продуктивного стеблестоя зерновых культур вызывает использование для посева семян низких посевных кондиций и высоких репродукций, в большей степени характерное для

небольших, экономически стесненных личных подсобных (ЛПХ) и крестьянско-фермерских (КФХ) хозяйств, длительное время использующих семена с собственных товарных посевов ввиду ограниченных финансовых возможностей для регулярного проведения сортосмены и сортообновления. Не обладающие высокой силой роста, щуплые, с недостаточным запасом эндосперма семена отличаются растянутостью периода всходов, формированием нежизнеспособных проростков, зачастую погибающих сразу в начале вегетации или выпадающих из посева в последующем при повышении неблагоприятности внешних условий. На всех этапах вегетации выросшие из таких семян растения отличаются низкой устойчивостью к воздействию вредных объектов – сорных растений, вредителей и болезней различной этиологии. Засеянные низкокачественными семенами поля всегда выделяются высокой мозаичностью и характеризуются низкими урожайными перспективами.

К значительному снижению дружности и равномерности всходов, даже включенных в реестр рекомендованных для региона сортов зерновых культур, приводит исключение из практики переходящего фонда и использование свежеубранных семян, зачастую отличающихся пониженной лабораторной всхожестью и энергией прорастания.

Не менее значимой причиной высокой гетерогенности полевых агроценозов в условиях меняющегося климата является отступление от севооборотов, преобладание в структуре посевов маржинальных почвоутомительных культур, переход к монокультуре, значительное сокращение площадей многолетних трав, прежде всего бобовых, сопровождающееся истощением почвы, особенно на участках с пониженным естественным плодородием.

Высоким отрицательным эффектом сопровождается и куртинная засоренность полей корневищными и корнеотпрысковыми сорняками, значительно снижающими реализацию урожайного потенциала полевых культур в местах их сосредоточения, а также локальная пораженность вредителями и болезнями *(рисунок 5.13)*.



а б

Рисунок 5.13. Куртинная засоренность яровой пшеницы молоканом татарским (*Mulgedium tataricum*, а) и паразитирующей на нем заразихой подсолнечниковой (*Orobanche cumana*, б) на полях Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области, Светлинский район, 2023 г.

Показательной является засоренность отдельных полей Оренбургского Зауралья молоканом татарским – *Mulgedium tataricum* (или латуком татарским – *Lactuca tatarica*

или осотом голубым – *Agathyrsus tataricus*) и паразитирующей на нем заразихой подсолнечниковой (*Orobanche cumana*), поражающей, как известно, и другие виды семейства Астровые (Asteraceae). Опасность этого паразитирования заключается в том, что после занесения заразихи в эту зону вместе с подсолнечником, даже при последующем длительном отсутствии подсолнечника, засоренность молоканом татарским пшеничных полей поддерживает или даже увеличивает популяцию заразихи.

Высокую опасность для локального снижения урожайности полевых культур представляет распространение саранчи, провоцируемое периодическим забрасыванием земель и отсутствием надлежащего контроля за ее передвижением и мер по регулированию численности агротехническими и химическими методами (Гулянов, 2024*в*).

Весомый вклад в повышение гетерогенности полевых агроценозов вносит использование морально и физически устаревшей сельскохозяйственной техники и орудий, не позволяющих качественно проводить технологические операции – выдерживать, к примеру, равномерную глубину и пространственно выравненную норму высева семян, или не позволяющих без огрехов очищать поля от сорняков и защищать их от вредителей и болезней и др.

Еще одним, не менее весомым фактором пестроты урожайности, является недоступность или игнорирование производителями растениеводческой продукции технических и технологических новаций, предполагающих использование высокотехнологичных сельскохозяйственных машин и орудий, включенных в единую информационную систему (Гулянов, 2019*а*).

Повышение уровня реализации биоклиматических ресурсов территории и урожайного потенциала сортов при высокой пространственной гетерогенности растительной массы предполагает проведение полномасштабного мониторинга посевов, выявление роли отдельных факторов в ее формировании, обоснование экологизированных приемов снижении ее выраженности.

Такие возможности для применения в сельском хозяйстве новых технологических решений и подходов связаны с прогрессом в развитии информационных технологий.

Их реализация предполагает использование цифровых методов мониторинга фитомассы, выявления ее пространственной изменчивости, мелкомасштабной неоднородности распределения вредных объектов (сорные растения, вредители, болезни) и является перспективным приемом управления продуктивностью посевов, в том числе путем дискретного технологического воздействия на отдельные участки поля (Лысов, Корнилов, 2019; Ariza-Sentis et al., 2024).

Указанные подходы основываются на использовании данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и роботизированной сельскохозяйственной техники в системах точного земледелия для дифференциации норм технологического воздействия на отдельные, как правило характеризующиеся пониженной продуктивностью, участки поля. Их неоднородность чаще всего выявляется посредством нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), сильно связанного с площадью ассимиляционной поверхности, плотностью продуктивного стеблестоя и будущей урожайностью.

Высокую актуальность подобные подходы имеют в природо- и ресурсосберегающих агротехнологиях степной зоны, предусматривающих определение допустимой величины технологического воздействия на агроландшафты в целях обеспечения экологического равновесия и сохранения биологического разнообразия экосистем (Гулянов, 2023*а*).

В качестве источника информации о количестве, пространственном распределении растительной массы полевых культур и характере сезонного развития посевов используются мультиспектральные космические снимки (ДЗЗ), данные измерений с беспилотных летательных аппаратов и наземных сканирующих устройств,

выраженные в виде нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) (Казяк и др., 2022; Miller et al., 2024).

Образцом высокой продуктивности различных полевых культур могут служить эталонные посевы, отражающие нормальную сезонную динамику развития культуры и характеризующиеся среднемноголетними значениями индекса NDVI для определенной зоны возделывания или значениями NDVI за год, близкий к климатической норме (Дунаева и др., 2019). На основе их параметров проводится оценка уровня развития наблюдаемых посевов методом сравнения текущих показателей на поле с эталонным развитием культуры (Гулянов, 2023*а*).

Величины NDVI посевов зерновых культур в период их максимального развития сильно связаны (с коэффициентом корреляции Пирсона (r) 0,84-0,86) с площадью ассимиляционного аппарата, в свою очередь тесно коррелирующего с урожайностью зерна (Ariza-Sentis et al., 2024).

Исходя из их высокой сопряженности, для оценки урожайных перспектив наблюдаемого агроценоза целесообразно оперативное вычисление площади ассимиляционного аппарата без трудозатратных ручных измерений посредством показателей NDVI, полученных на основе космических снимков, съемки с БПЛА или посредством наземного сканирования. Использование данного подхода в полевых условиях позволяет определять площадь ассимиляционного аппарата с допустимой для технологических целей точностью по установленному экспериментальным путем отношению NDVI к площади ассимиляционного аппарата ($м^2$/га на 0,01 единиц NDVI) (Gulyanov, 2021).

При этом необходимо принимать во внимание, что посевы различных видов и сортов зерновых культур, имеющие в целом схожую направленность динамики фитометрических параметров в течение вегетации, характеризуются сортовой специфичностью и заметно различаются размерами ассимиляционного аппарата, выражающегося в величинах NDVI, что требует верификации средних данных в зональных почвенно-климатических условиях *(таблица 5.2).*

Использование NDVI для контроля развития фитомассы сельскохозяйственных культур представляется целесообразным и при формировании банка данных его величин, характерных для эталонных посевов различных полевых культур, в том числе в разрезе сортов, с учетом их индивидуальных особенностей, а также для лет с «полярными» условиями атмосферного увлажнения и радиационного режима (Gulyanov, 2021).

Формирование банка подобных соответствий временных рядов вегетационного индекса в эталонных посевах и накопленных сумм активных температур к каждой фазе вегетации имеет высокую актуальность для оперативной оценки уровня развития различных полевых культур. Наличие существенных отклонений от эталона, особенно в критические периоды органогенеза, может служить сигналом к принятию корректирующих технологических решений, направленных на более полную реализацию биоклиматических ресурсов территории и генетического потенциала продуктивности полевых культур.

Поддержание фитометрических параметров агроценозов на оптимальном уровне, обеспечивающем высокую реализацию потенциала продуктивности полевых культур при щадящем отношении к окружающей среде, предполагает проведение корректирующих агротехнологических приемов в процессе вегетации.

Использование информационных ресурсов позволяет в допустимых пределах нивелировать неоднородность условий внешней среды полевых культур, например почвенных условий, и повысить урожайные перспективы растений на участках с низким потенциалом. Это достигается дифференциацией норм высева семян, доз удобрений, средств защиты растений и сопровождается повышением валового сбора с общей площади поля.

Убедительной иллюстрацией данного положения является изменение картины пространственного распределения NDVI на поле яровой пшеницы при реализации упрощенной технологии «посев-уборка» (2023 г.) и внедрении интеллектуальной технологии с элементами точного земледелия (2024 г.) в Курманаевском районе Оренбургской области *(рисунок 5.14).*

Таблица 5.2.

Фитометрические параметры высокотехнологичных агроценозов отдельных видов полевых культур в регионах степной зоны России

Культура, регион	Фаза развития	Вегетационный индекс (NDVI), единиц	Площадь ассимиляционного аппарата (ПЛ), $м^2$/га	Отношение ПЛ к NDVI, $м^2$/га на 0,01 ед. NDVI
Яровая пшеница, Оренбургская область	кущение	0,57	11386	199,8
	выход в трубку	0,63	16615	263,7
	колошение-цветение	0,61	18173	297,9
Ячмень, Оренбургская область	кущение	0,64	12693	198,3
	выход в трубку	0,72	17319	240,5
	колошение-цветение	0,70	20666	295,2
Подсолнечник, Оренбургская область	4-5 пар листьев	0,66	16331	247,4
	образование корзинок	0,80	18616	232,7
	цветение	0,83	23948	288,5
Кукуруза, Оренбургская область	выход в трубку	0,63	15221	241,6
	9 листьев	0,76	21313	280,4
	цветение	0,78	25663	329,0
Соя, Оренбургская область	ветвление	0,69	18602	269,6
	начало цветения	0,78	33730	432,4
	образование бобов	0,85	35612	418,9
Озимая рожь, Оренбургская область	весеннее кущение	0,80	19713	246,4
	выход в трубку	0,87	26554	305,2
	колошение-цветение	0,85	29477	346,8
Озимая пшеница, Оренбургская область	весеннее кущение	0,76	15916	209,4
	выход в трубку	0,78	20637	264,6
	колошение-цветение	0,79	25772	325,6
Яровая пшеница, Самарская область	кущение	0,59	12335	209,1
	выход в трубку	0,65	18769	288,8
	колошение-цветение	0,65	21110	324,8
Озимая пшеница, Саратовская область	весеннее кущение	0,80	15332	191,7
	выход в трубку	0,82	20216	246,5
	колошение-цветение	0,83	26773	322,6
Озимая пшеница, Волгоградская область	весеннее кущение	0,81	16718	211,6
	выход в трубку	0,83	21448	258,4
	колошение-цветение	0,84	28815	343,0

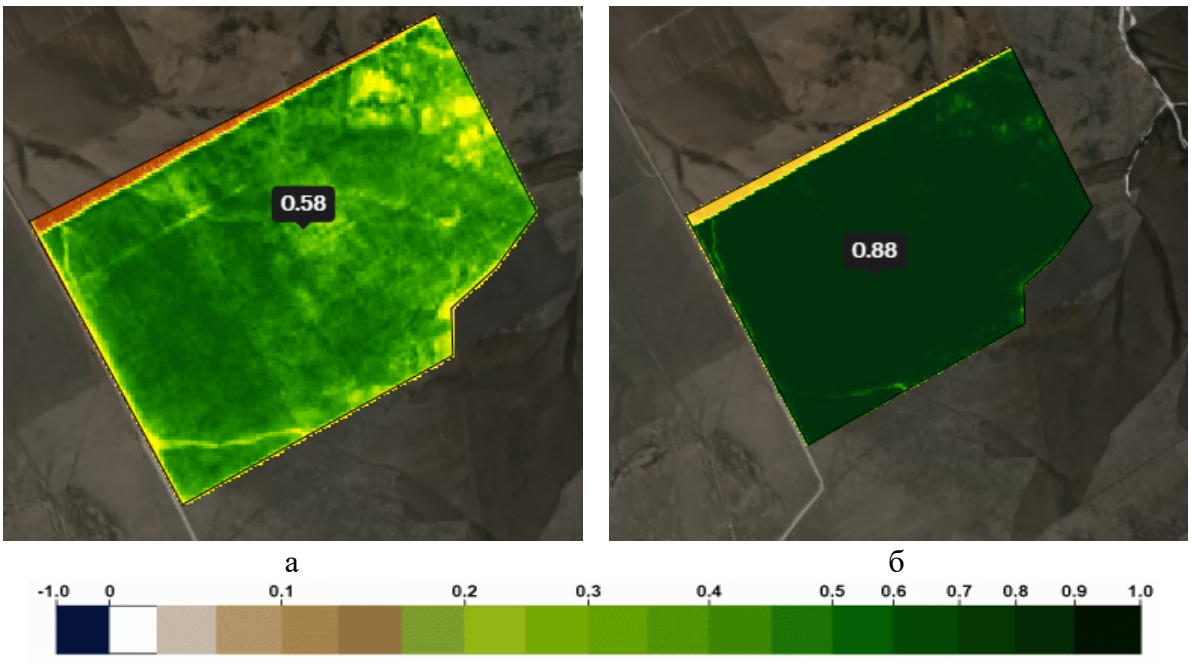


Рисунок 5.14. Картина пространственного распределения NDVI при низкой (а – 2024 г.) и высокой (б – 2023 г.) однородности фитомассы яровой пшеницы в различных по уровню цифровизации агротехнологиях, Курманаевский район, Оренбургская область.

В первом случае, при выращивании яровой пшеницы по упрощенной технологии, когда в дополнение к прямому посеву проводилось только однократное сплошное опрыскивание гербицидами, размах в уровне развития фитомассы по элементарным участкам поля составил 0,29 единиц NDVI. Его величина в период максимального развития листостебельной массы при среднем значении в 0,58 единиц изменялась от 0,41 до 0,70 единиц с коэффициентом вариации 11,6% *(рисунок 5.15)*.

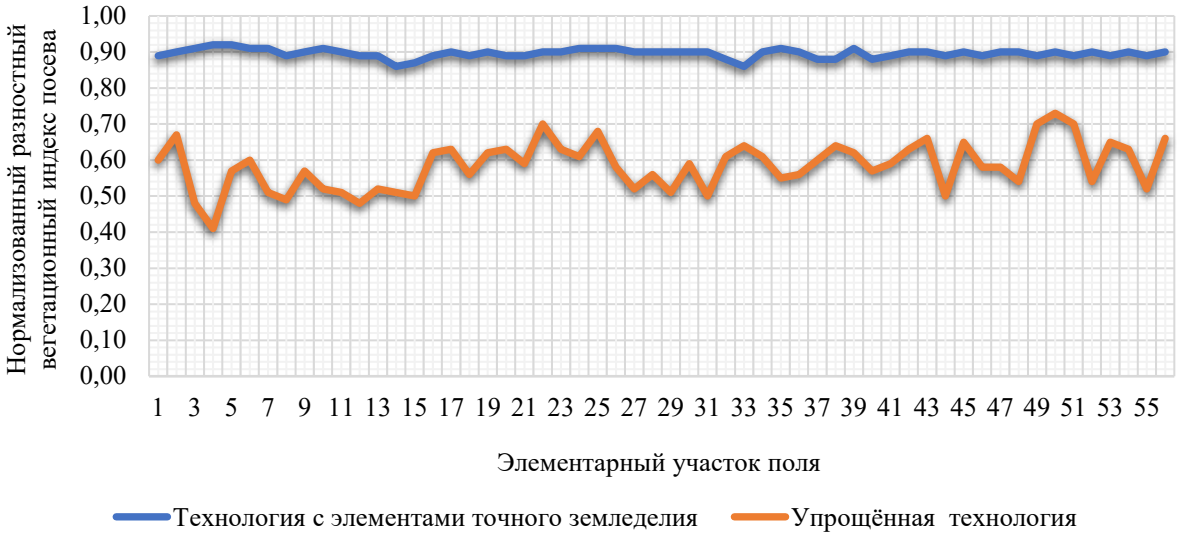


Рисунок 5.15. Динамика NDVI по элементарным участкам поля в различных по уровню цифровизации технологиях, Курманаевский район, Оренбургская область, 2023-2024 гг.

Биологическая урожайность зерна при этом варьировала от 0,86 до 1,56 т/га с коэффициентом вариации 23,6%.

При дифференцированном внесении минеральных удобрений на участках с разным уровнем плодородия, реализованном в системе точного земледелия, уровень развития фитомассы возрос, а пространственная мозаичность заметно снизилась. При средней по полю величине NDVI в 0,88 единиц размах его изменчивости составил только 0,06 единиц, от 0,92 до 0,86, а коэффициент вариации снизился до 1,4%. Биологическая урожайность зерна по элементарным участкам варьировала от 1,88 до 2,15 т/га с коэффициентом вариации 8,6%. Средняя урожайность по полю составила 1,93 т/га и оказалась выше, чем при реализации упрощенной технологии (1,18 т/га) на 0,75 т/га или 63,4% (Гулянов, 2024*а*).

Подводя итог представленному материалу, следует подчеркнуть, что внедрение в технологический процесс информационных технологий и данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) может значительно повысить эффективность управления развитием растений в продуктивных посевах, улучшить их урожайные перспективы в процессе вегетации при одновременном снижении нагрузки на естественные экологические системы (Гулянов, 2022*б*).

Прежде всего, оно предоставляет возможность оперативного сравнения вегетационного индекса (NDVI) по элементарным участкам поля с показателями высокопродуктивных эталонных посевов и корректировки технологического процесса в сторону приближения к оптимальным условиям посредством оптимизации (фитометрические параметры, водный и пищевой режим) или устранения (засоренность, поражение болезнями или вредителями) лимитирующих факторов (Gulyanov, Chibilev, 2023).

В целом, использование наукоемких агротехнологий имеет высокие перспективы для решения прикладных задач степного земледелия России, которые заключаются в обеспечении продовольственной безопасности населения, экологически целесообразном использовании ресурсного потенциала степных агроландшафтов и сохранении биологического разнообразия путем выведения из обработки неустойчивых земель и сосредоточения технологической нагрузки на пригодных к обработке землях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монография обобщает результаты исследований за 2021-2025 годы по теме Института степи Уральского отделения Российской академии наук «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем».

Территория исследований охватывает степные и лесостепные ландшафты Европейской России, а также Южного Урала и Западной Сибири. Многие методические подходы к оптимизации степного природопользования отработаны на примере Оренбургской области. Полученные результаты основаны на полевых исследованиях, обобщении литературных материалов, анализе статистических, картографических и геоинформационных данных. В результате выполнения работ получены научные результаты по отдельным направлениям исследований, подтвержденные публикациями в высокорейтинговых журналах:

Исследования в области степного природопользования. Выявлены специфические для степной зоны исторические, аграрные, климатические и природоохранные факторы, которые в совокупности являются вызовом устойчивому развитию степного природопользования. Доказано, что в силу масштабов трансформации степей, сопровождающейся масштабными потерями как почвенного гумуса, так и специфических степных почвообразующих пород (лёссов, лёссовидных суглинков) современную эпоху следует признать агроценом, дифференцируя ее от плейстоцена (периода накопления) и голоцена (периода стабилизации). Для практической реализации предложены оригинальные управленческие сценарии ответа на вызов агроцена степей.

Подтверждена устойчивая тенденция повышения засушливости климата, ускоряющая деградацию почвенного покрова и снижающая эффективность земледельческого использования сельскохозяйственных угодий степной и лесостепной зон России. Актуализирована целесообразность оптимизации структуры земельного фонда, воспроизводства почвенного плодородия агротехническими средствами и ландшафтной адаптации региональных агротехнологий к изменяющимся природным и антропогенным условиям. В степной зоне Европейской России на примере Оренбургской и Волгоградской областей (1990-2020) установлена положительная динамика среднесуточной температуры воздуха, составившая 1,6-2,3°С в среднем за год, 2,5-3,5°С – в период осенней вегетации и 1,1-2,4°С – в весенне-летнюю вегетацию. На фоне уменьшившегося (на 32 и 26 мм) количества атмосферных осадков и возросшей на 395°С (Оренбургская область) – 580°С (Волгоградская область) суммы активных температур выявлено снижение ГТК Селянинова (на 0,20-0,15 мм/°С), в отдельные периоды вегетации вплотную приблизившегося к характеристике зоны возделывания как «сухой», обычно соответствующей полупустыне. Указанные климатические изменения, дополнительно ускоряющие деградацию почвенного покрова, отнесены к существенным препятствиям для высокой реализации урожайного потенциала зерновых культур. Так, в земледелии Курганской области и Алтайского края при снижении благоприятности и стабильности метеорологических условий установлена низкая реализация БКП (на уровне 31,3-37,2%) и высокая вариабельность урожайности зерновых культур. В Оренбургской области при средней урожайности зерна 1,05 т/га (2010-2020) выявлена ее динамика от 0,63 т/га (2010) до 1,58 т/га (2017) с самым высоким среди регионов степной зоны коэффициентом вариации (25,0%). На примере Оренбургской области в особенно засушливые годы (2021) подтверждена вероятность гибели посевов зерновых на больших площадях, в том числе и озимых культур (Оренбургская область, 2021). Проведенными исследованиями установлено положительное влияние на реализацию биологического потенциала полевых культур

оптимизации структуры земельного фонда, воспроизводства почвенного плодородия агротехническими средствами, ландшафтной адаптации региональных агротехнологий к изменяющимся природным и антропогенным условиям и их квалифицированное научное сопровождение.

Выявлены особенности целинного движения в степях Евразии. Введено понятие о целинном движении как о системе государственных мегапроектов по продвижению сельского хозяйства в малоосвоенные области степной зоны Евразии. Движение начинается с «овечьей кампании» в Северном Причерноморье (1820-1850), продолжается рядом «пшеничных горячек» (1850-1880), переселенческим движением за Урал (1880-1905) и целинными кампаниями XX века: столыпинской (1906-1914), сталинской (1928-1937), хрущёвской (1954-1963), современной (2021 – настоящее время). Результатом движения стало преобразование доагрокультурного степного пространства в постцелинное к концу XX века и в агроэкспортное к настоящему времени. Установлено, что с каждым этапом движения связан свой специфический всплеск интереса к изучению степей и движения за их сохранение. Выявлена закономерность: первые кампании растянулись на десятилетия, последние длились втрое меньше, но отличались максимальными распашками. На основе сравнения динамики целинного, постцелинного и агроэкспортного пространств разработаны принципы степного землепользования, которые могут послужить научной основой степного кодекса.

Выявлено повышение экологической напряженности в агроландшафтах и снижение устойчивости растениеводства в условиях тотального расширения площадей обрабатываемых угодий и мало возвратной мобилизации природных ресурсов. Обоснована необходимость улучшения экологической обстановки и поддержания биологического разнообразия степных территорий за счет вывода из обработки непригодных земель. Установлена низкая эффективность использования природно-климатических ресурсов в практикуемых земледельческих технологиях и определены резервы роста урожайности полевых культур. Оценены и систематизированы природные и антропогенные факторы, дестабилизирующие зерновое производство и повышающие ресурсозатратность земледелия. Обоснована целесообразность сосредоточения производственных ресурсов на высокоплодородных землях и реализации безопасных для окружающих ландшафтов наукоемких технологических приемов природоподобной направленности на основе предлагаемого авторского подхода к использованию современного интеллектуального оборудования и информационных систем.

Научно обоснованы приемы повышения реализации биоклиматического потенциала территории путем адаптации агротехнологий к антропогенным и климатическим изменениям с использованием информационных ресурсов и элементов «умного землепользования». Для регионов степной зоны России проведена пространственная оценка фитометрических параметров сельскохозяйственных посевов посредством сопоставления значений нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) на основе космических снимков и результатов наземного сканирования посевов, выявлена возможность комплексирования и перспективы использования этих данных для управления продукционным процессом полевых агроценозов.

В результате проведенных исследований актуализированы представления о пространственных различиях в состоянии растительного покрова агроценозов полевых культур в различных регионах степной и лесостепной зон России. Визуально различимая «пестрота» в плотности стеблестоя, мощности развития листового аппарата, высоте растений и интенсивности их окрашивания, эмпирически подкреплена и детализирована с помощью инструментального обследования посевов – наземного сканирования биомассы портативным ручным сенсором Green Seeker, Model HCS-100 с активным источником излучения и на базе общедоступных космических снимков Landsat 8 и Sentinel-2, размещенных на on-line ресурсах OneSoil.ai и Sentinel-hub.com.

Выявлена вариативность нормализованного вегетационного индекса (NDVI) полевых культур не только между отдельными полями, но и внутри экспериментальных участков этих полей, а также по фазам вегетации растений. Установлено, что наметившаяся в начале вегетации неоднородность растительного покрова по элементарным участкам поля самостоятельно не нивелируется и отмечается в дальнейшем в каждую последующую фазу. Обоснована целесообразность инструментального обследования агроценозов полевых культур на предмет соответствия NDVI его оптимальным (нормативным) значениям, начиная с ранних фаз, когда еще возможна технологическая корректировка. Определены оптимальные фитометрические параметры и соответствующие им значения NDVI, характерные для высокопродуктивных агроценозов различных полевых культур четырех областей степной зоны европейской России (Оренбургская, Самарская, Саратовская, Волгоградская области), адаптированных к современным климатическим и антропогенным изменениям. Предложено их использование в качестве индикаторов уровня развития и соответствия эталонным посевам.

Установлен аграрно-природоохранный вызов, возникший в связи с быстрым ростом численности Волго-Уральской популяции сайгака. В ходе масштабных экспедиционных исследований, проведенных в Саратовской области РФ и Западно-Казахстанской области РК, изучены последствия быстрого роста численности Волго-Уральской популяции сайгака (Saiga tatarica) и ее воздействие на агроландшафты саратовского Заволжья и Западно-Казахстанской области. В результате экспедиционных исследований доказано, что конфликт сайгака, массово заходящего в приграничные с РК районы Саратовской области, и сельскохозяйственных землепользователей является вызовом. Для ответа на этот вызов разработаны предложения по интеграции Волго-Уральской популяции сайгака в агроландшафты.

Установлены физико-географические, геолого-геоморфологические, геоархеологические и археометаллургические критерии историко-металлургических образований эпохи раннего металла (энеолит – бронзовый век) Уральской горно-металлургической области в структуре металлопроизводственной системы Центральной Евразии. В ходе систематизации результатов естественнонаучных анализов образцов руд, продуктов пирометаллургического передела, древнего металла и соотнесения их с экспериментальными эталонами, а также корреляции историко-металлургических и геолого-географических данных определена высокая степень соответствия пространственных параметров геологических рудоносных структур Уральской горно-металлургической области (ГМО), ландшафтных таксонов физико-географического районирования и конкретных археометаллургических образований.

Ландшафтно-экологические исследования. Значительный блок результатов получен в ходе эколого-гидрологических исследований, главным образом рассмотрена взаимосвязь между изменениями климата и стоком рек бассейна р. Урал. Анализ основных метеорологических показателей регионального климата свидетельствует о том, что наблюдаемые изменения являются отражением трансформаций более крупного масштаба, т.к. многие устойчивые внутригодовые изменения согласуются с тенденциями, характерными как минимум для Европейской части России. Наиболее устойчивым является климат низкогорий Южного Урала, в пределах которых расположена крупная область формирования речного стока исследуемого бассейна. Анализ пространственно-временных изменений температурного режима и естественного увлажнения в бассейне Урал актуален в аспекте обеспечения устойчивой эколого-гидрологической обстановки, решения проблем гарантированного обеспечения водными ресурсами и необходимости принятия мер по адаптации всех видов водопользования к изменяющимся условиям.

Выявлены тенденции изменения минимального и максимального стока рек бассейна р. Урал в условиях нестационарного климата и антропогенного воздействия.

На примере восстановленного стока р. Урал доказано, что режим эксплуатации Ириклинского водохранилища вносит значительный вклад в трансформацию внутригодового стока, усиливая климатически обусловленные изменения. Выявлены параметры изменения стока меженных периодов, в частности – рост значений абсолютных минимумов и смещение сроков их наступления, сокращение изменчивости суточных расходов и др. Результаты исследования подтверждают пространственную согласованность роста величин меженного стока, что, в свою очередь, свидетельствует об изменениях основных характеристик водного режима рек казахстанского типа. В то же время для отдельных крупных рек (рр. Сакмара, Зилаир, Орь) характерно отсутствие устойчивой тенденции роста значений стока маловодных периодов, а для малых – увеличение продолжительности периода нулевого стока. Следует учитывать, что параметры речного стока в летне-осеннюю и зимнюю межень имеют важное социально-экономическое, водохозяйственное и экологическое значение для степных регионов РФ.

Одновременно выявлено сокращение доли весеннего стока в бассейне р. Урал. Установленная тенденция характерна как для рек с зарегулированным (рр. Урал, Илек), так и для рек с условно-естественным режимом. Максимальное сокращение (5-7%) за 1978-2020 гг. зафиксировано на левобережных притоках р. Урал, водосборные территории которых охватывают ландшафты степной зоны (рр. Жарлы, Суундук, Орь). Минимальные изменения наблюдаются на реках верхнего течения исследуемого бассейна (рр. Урал, Сакмара, Бол. Кизил), в формировании стока которых значительную роль играют атмосферные осадки летне-осеннего сезона. Таким образом, современные тенденции способствуют сокращению различий во внутригодовом распределении речного стока и изменению основных параметров водного режима рек. Установленные изменения сезонного стока непосредственно влияют на эколого-гидрологическую ситуацию в среднем течении р. Урал, в частности, на эффективность функционирования нерестилищ осетровых ниже устья р. Илек.

Подготовлен макрорегиональный обзор, посвященный особенностям многолетней и сезонной динамики природных пожаров и сельскохозяйственных палов в лесостепных, степных и пустынных регионах Северной Евразии. Данные регионы отличаются высокой степенью подверженности природным пожарам и региональной пространственно-временной неравномерностью их возникновения и распространения. За период 1984-2021 годы в регионе наблюдалось 4 фазы с различным уровнем подверженности пожарным явлениям с тенденцией снижения в последнее десятилетие. Пирологическая ситуация в степных регионах и на прилегающих территориях в многолетнем ряду развивается в целом синхронно, но отличаются такими параметрами, как сезонность развития пожаров, морфометрические и количественные показатели гарей, типы затронутых сельскохозяйственных угодий. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости обоснования и внедрения комплекса противопожарных мер, направленных на снижение негативного влияния пожаров на ландшафт и биотические компоненты, улучшение качества окружающей среды, обеспечение безопасности жизнедеятельности, сокращение эмиссии углерода. Учитывая значимость связей между многолетней динамикой развития пожаров и показателями сельскохозяйственного производства, считаем доказанным, что главными факторами формирования пожароопасных обстановок является интенсивность использования сельскохозяйственных угодий и степень освоенности региона. Практически все остальные предполагаемые, прямые и опосредованные, факторы возникновения и распространения пожаров, как правило, не находят подтверждения, во всяком случае, статистическими методами. Это относится и к группе метеоклиматических показателей, служащих исходными данными при оценке уровней пожарной опасности.

Выявлены особенности постпирогенного состояния живой надземной фитомассы в эталонных степных сообществах. В ходе мониторинговых исследований на заповедном

участке «Буртинская степь» установлено, что общие запасы живой надземной фитомассы в степных фитоценозах восстанавливаются по массе на второй год после пожара. При этом статистически значимые различия ее количества в горевших и негоревших фитоценозах уже в первый год отсутствуют на ненарушенных участках и сохраняются только на ранее подвергавшихся воздействию (залежи, перевыпас). После выгорания ход сезонного изменения запасов живой надземной фитомассы становится единообразным (особенно в первые годы), несмотря на различия фитоценозов. В то же время этот показатель на негоревших участках изменяется по разной траектории в разных фитоценозах. Сходство в пиковых значениях накопления живой надземной фитомассы наблюдается начиная с третьего года после пожара. Установлено, что тренд на снижение запасов живой надземной фитомассы, выявленный для некоторых участков, определяется уменьшением запасов живой фитомассы злаков и отмечается как на горевших, так и на негоревших площадках. В первые годы после пожара структура живой надземной фитомассы в горевших фитоценозах может отличаться по массе или доле разных жизненных форм при значениях общих запасов, сходных с контрольными (количественное восстановление).

С трансформацией регионального климата связаны многолетние изменения качественного состава авифауны Бузулукского бора, фиксируемые проведенными исследованиями на основе ретроспективных и современных наблюдений. Установлено существенное сокращение количества видов птиц в Бузулукском бору – островном лесном массиве, расположенном на юго-востоке Русской равнины. С начала XX в. количество видов птиц сократилось со 153 до 109 видов, или на 28,8%. В большей степени сокращение затронуло группу околоводных и водоплавающих птиц. Из Бузулукского бора практически полностью исчезли представители отрядов Поганкообразные, Аистообразные, Журавлеобразные, в отрядах Гусеобразные и Ржанкообразные сокращение видов составило более 50%. Оценка относительного изменения видового состава различных групп птиц на основе ожидаемых и наблюдаемых частот показала значимые различия в доле авифауны, связанной с водой. Она снизилась с 23,5% до 9% в группе «Лимнофилы» и с 24,8% до 9% в группе отрядов водных и околоводных видов птиц. Сокращение видового состава птиц водно-болотного комплекса связано в том числе с прогрессирующим усыханием Бузулукского бора. Продолжающаяся аридизация климата наблюдается как минимум с 20-х годов XX в. и приводит к иссушению водно-болотных угодий, а также миграции подземных вод в более глубокие горизонты. Крупные пожары в начале XX в. и масштабные рубки приводили к образованию гарей-пустырей внутри Бузулукского бора и, вероятно, также вносили свой вклад в его фрагментацию и иссушение.

Подготовлено теоретическое обоснование и разработка предложений по сохранению ландшафтного разнообразия в регионах степной зоны в рамках Стратегии развития сети ООПТ до 2030 года. Выполнено теоретическое обоснование концепции непрерывности ландшафтно-экологических сетей на примере юга Западной Сибири и всей степной зоны от Причерноморья до Алтая. Разработаны предложения по сохранению ландшафтного разнообразия в регионах степной зоны. Значимость работы заключается в ее направленности на реализацию «Стратегии развития сети ООПТ Российской Федерации до 2030 года». Впервые работа по модернизации существующей сети ООПТ крупного субрегиона выполнена на основе экспедиционных исследований, консультаций в природоохранных органах субъектов Российской Федерации и обзора библиографических источников.

Изучен полигональный микрорельеф, распространенный в степной и полупустынной зонах Общего Сырта и Подуральского плато в районах поверхностного залегания верхнемеловых пород маастрихтского яруса, представленных мелом и мелоподобными мергелями. На основе материалов дистанционного зондирования и полевого обследования проведено картирование участков, проанализированы

закономерности географического распространения, изучены морфологическая структура и современное функционирование. В результате выявлен комплекс реликтовых криогенных признаков: полигональный рельеф со стороной полигона в среднем 5 м; грунтовые клинья, приуроченные к ложбинообразным понижениям между полигонами, идентифицированные как псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам; криотурбации и палеокриотекстуры. Полученные данные позволили впервые обосновать палеомерзлотный генезис меловых полигонов. Доказано, что меловые полигоны являются разновидностью реликтового криогенного микрорельефа, сформировавшегося в валдайский криохрон в условиях криоаридного климата, многолетней мерзлоты, морозобойного растрескивания грунтов и роста полигонально-жильных льдов. Предложена модель формирования ландшафтов меловых полигонов в позднем плейстоцене – голоцене. Выявлено, что палеокриогенные признаки в ландшафтах меловых полигонов не являются «пассивными», на них накладываются современные криогенные процессы (сезонное льдовыделение и сегрегационное шлирообразование), которые активно влияют на их современное функционирование, формируя ландшафтные феномены региона. Также был обоснован новый диагностический горизонт почв для системы классификации и диагностики почв России – криоструктурно-метаморфический (ВСМ).

Исследования техногенных геосистем. Разработана принципиальная схема формирования природно-техногенных геосистем при эксплуатации нефтегазовых месторождений. Выявлено, что последствием эксплуатации нефтегазовых месторождений является формирование природно-техногенных геосистем, обладающих эмерджентными свойствами и полимасштабной структурой. Трансформация исходного ландшафта при нефтегазодобыче сопровождается принципиальными изменениями вещественно-энергетических и геоинформационных связей его вертикальной и пространственной структур, в результате чего происходит направленная смена природного ландшафта на природно-техногенный. Разработанная концепция природно-техногенных геосистем нефтегазовых месторождений позволяет сократить последствия отдельных видов воздействий на степной ландшафт, возникающих при добыче нефти и газа, и обосновывает организацию системы рационального природопользования.

Доказано, что активизация производственной деятельности на нефтяных месторождениях степной зоны способна инициировать новые и усиливать текущие эрозионные процессы. Выделены очаги эрозионной активности на ключевых участках Волго-Уральского степного региона за период с 1985 по 2020 гг. Выполнен анализ длины и густоты пространственного распределения элементов эрозионной сети. Наблюдается устойчивый рост суммарной длины объектов эрозионной сети с увеличением периода эксплуатации месторождений – в период максимальной техногенной нагрузки общая протяженность элементов эрозионной сети может увеличиваться более чем на 50%. Сельскохозяйственные земли, находящиеся в зоне влияния нефтепромысла, подвержены повышенному риску деградации почвенных ресурсов, что актуализирует задачи защиты земель от техногенных преобразований и их возврата в сельскохозяйственный оборот.

Выявлены современные тенденции фрагментации, деградации и восстановления степей России. На основе инструментального анализа космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения реконструирована динамика сельскохозяйственного использования земель, затем выполнена инвентаризация иных антропогенных нарушений степных ландшафтов и пространственных факторов влияния. На примере Оренбургской области установлено, что незатронутые антропогенной деятельностью ландшафты степной зоны составляют около 6,4% исследуемой территории. Показано, что, несмотря на восстановление степей за счет забрасывания пахотных земель, ландшафты, включая их восстановленные участки, подвергаются фрагментации при внедрении неформальных дорог, объектов добычи нефти и газа, мусорных свалок и другого антропогенного воздействия, а также за счет зарастания кустарником и

молодыми деревьями. Учитывая возрастающую доступность степных территорий за счет развития инфраструктуры и увеличения количества автомобилей, а также слабую законодательную природоохранную базу, наше исследование подчеркивает необходимость систематической инвентаризации нарушений степных ландшафтов как в степях Евразии, так и в других частях глобального степного биома.

Выявлены особенности пространственно-временной динамики поглотительной способности степных равнинных ландшафтов в отношении диоксида углерода по сравнению с горно-лесостепными и горно-лесными ландшафтами. На основе продуктов спектрорадиометра MODIS выполнен анализ пространственно-временной динамики показателя поглощения углерода (ППУ) в равнинных степных ландшафтах Южного Предуралья в центральной части Оренбургской области, а также в предгорных лесостепных и горнолесных ландшафтах низкогорий и среднегорий Северного Кавказа в пределах Чеченской Республики (с 2000 по 2020 гг.). Поглотительная способность ландшафтов Оренбургской области возрастает с юга на север: от сухой типчаково-ковыльной степи на юге до разнотравно-ковыльной и разнотравно-злаковой степи на севере. В Чеченской Республике ППУ также отражает смену природно-климатических условий: он возрастает от степей и полупустынь в северных районах до предгорных луговых степей и горных лесов на юге. Минимальной способностью к улавливанию углерода характеризуется участок естественной сухой степи в Оренбургской области (от 0,5 до 1,5 кгС/м^2/год), максимальной – участок с многолетним смешанным лесом и отсутствием антропогенной нагрузки в Чеченской Республике – от 2,6 до 3,5 кгС/м^2/год.

Социально-экономические исследования. Для выявления современных вызовов пространственному развитию определены и сформулированы базовые понятия стадий их формирования. В результате анализа работ отечественных и зарубежных специалистов раскрыты и обобщены понятия «вызов», «опасность», «угроза» и «риск». Выявленные детерминанты современных социально-экономических вызовов сгруппированы в 5 блоков и определены полимасштабные уровни их формирования. В качестве исследуемой территории выбраны 18 регионов-субъектов степного мезорегиона РФ. Предложен методический подход к выявлению вызовов при помощи оценки темпов прироста (2019 г. к 2010 г.) 28 основных показателей, сгруппированных в блоки: межрегиональные контрасты (экономического развития и состояния социальной сферы), дисбаланс природно-экологического и социально-экономического каркасов, сжатие освоенного пространства, формирование очагов потенциальных экологических катастроф и угроза продовольственной безопасности. Создана база данных показателей темпов прироста, по каждому региону выявлено превалирование негативных процессов и увеличивающегося риска возникновения вызовов. Согласно результатам исследования, рассматриваемые вызовы в меньшей степени проявляются в Республиках Адыгея и Калмыкия, а в большей степени (либо проявляются явно) в Республике Башкортостан, Волгоградской и Челябинской областях. Сформулированы предложения по разработке долгосрочных планов развития степных регионов в рамках экономико-географических и социально-экономических исследований. Проведенный анализ темпов прироста социально-эколого-экономических показателей демонстрирует превалирование негативных процессов и увеличивающегося риска возникновения вызовов. Согласно результатам вышепроведенного исследования, рассматриваемые вызовы в меньшей степени проявляются в Республиках Адыгея и Калмыкия, а в большей степени (либо проявляются явно) в Республике Башкортостан и Челябинской области.

Для оценки уровня социально-экономической устойчивости были использованы картографический и статистический методы. Предложена методика оценки уровня социально-экономической устойчивости на основе сопряженного анализа показателей и индексов 6 групп факторов (блоков) социально-экономической устойчивости. По каждому из блоков рассчитаны многомерные средние индексы, сумма которых представляет собой интегральный индекс, отражающий уровень социально-

экономической устойчивости субъектов исследуемой территории. Построена картосхема, отображающая пространственное распределение интегрального индекса устойчивости регионов субъектов степной зоны России к потенциальным вызовам пространственного развития. В результате выявлено, что на исследуемой территории значение интегрального индекса растет в юго-восточном направлении, и наибольший уровень устойчивости отмечается в наиболее плотно заселенных субъектах: Белгородской области – 4,0 и Краснодарском крае – 3,7. Отмечена высокая сила связи между интегральным индексом устойчивости и величиной ВРП на душу населения (коэффициент корреляции 0,7) и между интегральным индексом устойчивости и численностью населения с доходами выше прожиточного минимума (коэффициент корреляции 0,8). Предлагаемая методика изучения устойчивости регионов к вызовам пространственному развитию апробирована на степных регионах России в целях полимасштабных исследований данного мезорегиона и раскрытия диспропорций и закономерностей в регионах, различающихся по состоянию экономики, социальной сферы и величине природно-ресурсного потенциала, но находящихся в одной природной зоне.

Для рейтинговой оценки регионов степной зоны по индикаторам целей в области устойчивого развития (ЦУР) использован непараметрический метод – метод суммы мест. Полученный рейтинг регионов степной зоны России дает сравнительную оценку их устойчивости развития, исходя из выбранной системы показателей и предложенной методики ранжирования. Лидерами по итоговому рейтингу являются Краснодарский край, Белгородская и Самарская области. Интегральный рейтинг устойчивости имеет статистически значимую связь со всеми рейтингами ЦУР. Тесные связи наблюдаются с рейтингами цели «Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах» (коэффициент корреляции 0,72), цели «Обеспечение доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех» (0,82) и цели «Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям» (0,9). На интегральный рейтинг устойчивости в большей степени влияют показатели развития инфраструктуры и энергетической сферы. Результаты кластерного анализа в целом согласуются с интегральным рейтингом устойчивости. Субъекты степной зоны России, вошедшие в первый кластер, являлись лидерами по большинству показателей ЦУР. Средние значения показателя «внутренние затраты на исследования и разработки за счет всех источников» в 16,7 раза, а показателя «грузооборот автомобильного транспорта» в 5,8 раза выше, чем средние по субъектам второго кластера. Для восьми субъектов, образующих второй кластер, характерны наибольшие средние значения показателей целей «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов» и «Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек». В третий кластер вошли 4 субъекта степной зоны России. Для регионов данного кластера характерны минимальные значения большинства показателей целей устойчивого развития.

Отмечена негативная тенденция в динамике показателей использования лесных ресурсов в регионах степной зоны России, а также сокращение площадей сельскохозяйственных угодий (в среднем на 4% по регионам). Выявлено, что рейтинги использования природно-ресурсного потенциала взаимосвязаны: по группе показателей «водные ресурсы» выявлена прямая связь с рейтингами групп показателей «минеральные ресурсы» и «земельные ресурсы». Тесную прямую связь с рейтингом использования минеральных ресурсов имеют рейтинги шести блоков целей устойчивого развития; более половины рейтингов блоков целей устойчивого развития – с рейтингом использования водных ресурсов.

Выявлено изменение распределения регионов по уровню демографической устойчивости за пятилетние периоды. В целом в степной зоне отмечается положительная

тенденция. Если за период 2003-2007 гг. низкий уровень демографической устойчивости был характерен для 9 регионов степной зоны, то к 2017 году таких регионов уже не осталось. Они перешли в категорию со средним уровнем демографической устойчивости, а Челябинская и Новосибирская области – в категорию высокой демографической устойчивости. Однако к 2022 году в 4 регионах (Алтайский край, Воронежская, Курганская и Саратовская области) уровень демографической устойчивости достиг наименьших значений, и только 5 регионов (Республики Адыгея, Калмыкия и Башкортостан, а также Краснодарский и Ставропольский края) не изменили уровень демографической устойчивости. Очевидным является влияние внешних факторов, усилившихся к концу рассматриваемого периода, что способствовало увеличению уровня смертности и миграционного оттока населения в регионах.

На основе используемых методов математического и статистического анализа, сравнительно-географического и метода экспертных оценок раскрыта необходимость применения комплексного социально-эколого-экономического подхода при разработке концепции перехода к устойчивому развитию на региональном уровне, учитывающего специфику распределения населения, его хозяйственной деятельности и уровня вовлеченности в экономику. Одним из важных критериев в формировании стратегий устойчивого пространственного развития территорий является состояние народонаселения и определение основных направлений демографических процессов. В степной зоне выделены регионы, где демографическая ситуация отражает общую депрессивность территории. Коэффициент депопуляции варьирует от 0,91 (Республика Калмыкия) до 1,68 (Воронежская область) при среднероссийском показателе 1,22. Ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ) при рождении характеризует состояние здоровья и уровень смертности, косвенно интегрирует в себе неравенство доходов, которое ведет к неравенству продолжительности жизни. По значению ОПЖ Россия занимает 109 место в мире (72,9 года), находясь в рейтинге на уровне развивающихся стран. В степных регионах отмечается ежегодное увеличение показателя, что позволяет сформировать положительный прогноз дальнейшего улучшения демографической ситуации. Между регионами разница в уровне ОПЖ составляет 3,6 года – от 74,3 в Краснодарском крае до 70,7 в Курганской области, что показывает значительную асимметрию в социально-демографическом положении территорий. Для оценки глубины этой асимметрии проведено ранжирование регионов степной зоны по индексам показателей рождаемости, смертности, суммарного коэффициента рождаемости и ожидаемой продолжительности жизни относительно среднероссийского уровня. Наилучшая демографическая ситуация сложилась в Краснодарском и Ставропольском краях – регионах с благоприятными агроклиматическими условиями, развитой густой сетью сельских населенных пунктов и высокой занятостью в них. В Республике Калмыкия в силу национальных особенностей достаточно низка смертность от внешних причин и т.н. «социальных» заболеваний, выше рождаемость и доля многодетных в семьях. Самая неблагоприятная ситуация сложилась в Саратовской и Воронежской областях. Основная демографическая угроза современного пространственного развития – снижение численности трудовых ресурсов, возрастание нагрузки на систему социальной инфраструктуры. Депопуляция и низкий уровень доходов вызывает сокращение объемов внутреннего потребления, что снижает инвестиционную привлекательность и темпы экономического роста территории. Регионы Зауралья – Курганская область и Алтайский край – в силу своего отстающего экономического развития теряют население как вследствие миграции, так и в результате сверх смертности от внешних причин и неинфекционных заболеваний (особенно мужчин), снижение доходов населения способствует ухудшению состояния здоровья, высокой смертности, усилению оттока трудовых ресурсов. Южные (Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область) и центральные (Белгородская и Воронежская области) регионы обладают высоким демографическим потенциалом, обеспечены

благоприятными природными условиями, рабочими местами, относительно высоким уровнем доходов.

Для установления существенности различий в показателях репродуктивного поведения степных регионов использованы критерий Фишера и критерий знаковых рангов Уилкоксона. При описании основных характеристик исследуемого показателя использовался визуальный метод «ящик с усами» (boxplot). На основе кластерного анализа выявлены однородные группы исследуемых регионов по характеру изменения репродуктивного поведения населения. В результате анализа выявлено, что значение интегрального показателя репродуктивного поведения максимально в Республике Калмыкия (3,27), минимально – в Саратовской области (0,36). По методу k-means регионы степной зоны России разделились на два кластера: по 8 и 10 субъектов степной зоны – в зависимости от изменения репродуктивного поведения по итогам пандемийного 2020 года. В результате моделирования и прогнозирования рождаемости в исследуемых регионах до 2025 года было выявлено, что для большинства субъектов степной зоны прогнозы неутешительны. Равномерное снижение коэффициентов рождаемости наблюдается в 16 регионах, из которых наибольший спад прогнозируется в Республике Башкортостан – на 0,9 родившихся на 1000 человек, Республике Калмыкия (на 0,8) и Оренбургской области (на 0,8). Только в 2 регионах рассчитанные прогнозы имеют положительный тренд – в Белгородской (на 0,4) и Омской областях (на 0,6).

По проведенному анализу сложившейся демографической ситуации в регионах степной зоны России получены следующие результаты: на макроуровне, рассматривая всю территорию степной зоны России в период 1990-2021 гг., в целом можно отметить постепенное снижение демографического потенциала: уменьшается общая численность населения (с 44,5 до 44 млн чел.), снижается естественный (с 3,3 до 3,1 чел. / тыс. чел.) и механический (с 21,5 до 10,6 чел. / 10 тыс. чел.) коэффициенты движения населения, но при этом поэтапно возрастает ожидаемая продолжительность жизни (с 69,6 до 72,4 лет); на мезоуровне, сопоставляя показатели на региональном уровне, наблюдается разнонаправленная динамика. Так, в исследуемый период в 11 регионах происходило сокращение численности населения, а в 7 наблюдался рост. При этом лидерами роста по численности населения являются преимущественно регионы, расположенные в Европейской части степной зоны (Краснодарский край, Ставропольский край, Белгородская область). В то время как регионы, в которых численность населения сократилась больше всего, как правило, являются приграничными территориями, расположенными в Азиатской части степной зоны (Курганская область, Омская область, Алтайский край и др.); на микроуровне, при сравнении городов и районов наблюдаются существенные контрасты по всем демографическим показателям. В связи с чем выделено шесть групп районов с различной степенью демографической ситуации – от критической до наиболее благоприятной. Максимальные различия в изменении численности населения по городам степной зоны составляют от –44% в городе Ясном (Оренбургской области) и до +105% в городе Михайловске (город-спутник регионального центра Ставрополь), в сельской местности эти различия еще более существенные – от –64% до +107%. При этом на значительной части территории степной зоны России происходит постепенная депопуляция обширных пространств в сельской местности. В итоге можно сделать ряд выводов: современные демографические вызовы в степной зоне России – это депопуляция, высокая миграция, низкая ожидаемая продолжительность жизни и заметная пространственная поляризация; значительная часть регионов теряет население более высокими темпами, чем в среднем по степной зоне, в результате усиливается периферийность не только отдельно взятых городов и сельских территорий, но и целых групп регионов (в основном приграничных); по всей степной зоне прослеживается единый тренд – стягивание населения в наиболее экономически развитые районы и города, в частности из депрессивных сельских территорий в более развитые районы и

небольшие города, из малых и средних городов – в крупные региональные центры и их ближайшие пригороды.

Пространственно-временная связанность социально-экономического опорного каркаса регионов степной зоны в условиях современных вызовов оценивалась по 18 субъектам степного мезорегиона Российской Федерации, из которых 11 областей (Белгородская, Воронежская, Волгоградская, Ростовская, Оренбургская, Самарская, Саратовская, Курганская, Челябинская, Новосибирская и Омская), 4 Республики (Адыгея, Калмыкия, Крым и Башкортостан) и 3 края (Краснодарский, Ставропольский и Алтайский), общей площадью 1,6 млн км^2. Рассматриваемая территория включает 641 элемент опорного каркаса расселения: 18 ядер (административные центры субъектов) и 623 узла (центры городских округов и административных районов) опорного каркаса. Из 623 узлов ОКР 247 (почти 40%) составляют города. Общая протяженность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с усовершенствованным твердым покрытием на территории рассматриваемого степного мезорегиона составляет более 242,9 тыс. километров. С помощью сервисов «Яндекс Карты», «РуДороги» и данных официальных открытых статистических источников составлена база данных, включающая показатели численности населения, расстояния (по дорогам общего пользования) и времени в пути до центра субъекта для 623 узловых элементов опорного каркаса. В качестве результирующего показателя транспортной связности предложен коэффициент притяжения узлов к ядру опорного каркаса, который рассчитывается как отношение численности населения региона, проживающего на расстоянии, не превышающем медианное значение расстояний всех узлов от его ядра, к численности населения, проживающего за пределами медианного значения. Результаты расчетов интерпретируются как – «чем больше значение коэффициента, тем больше населения узловых элементов сконцентрировано вблизи центра (ядра) субъекта». В результате оценки численности населения, проживающего в городах и центрах муниципальных образований (МО) в пространственной удаленности от центра субъекта, установлено, что на расстоянии до 100 км максимальная доля населения зафиксирована в Республике Адыгея (74%), наименьшее значение данного показателя – в Республике Башкортостан (7%). Наибольшая доля жителей, проживающая на расстоянии более 300 км от центра субъекта, приходится на Новосибирскую область (35%), в Саратовской области и Краснодарском крае данный показатель составил 1%. Значительная доля населенных пунктов, располагающихся на расстоянии до 100 км от центра субъекта, сосредоточена в Республике Адыгея (75%). В удаленности более 300 км 44% населенных пунктов сосредоточено в Новосибирской области, в Саратовской области и Краснодарском крае около 5%. Отмечена заметная (коэффициент корреляции 0,5) сила связи между численностью населения, проживающего в ядре ОКР региона, и коэффициентом притяжения к нему узлов ОКР.

Выявлено, что на территории степной зоны России представлены все современные виды транспорта и сопутствующая инфраструктура. Ведущее значение имеет система железных и автомобильных дорог. На железные дороги приходится около 80% грузовых перевозок и около 30% пассажирских. В целом степная зона имеет более высокую плотность железных дорог – 154 км/10 тыс. км^2, чем в среднем по стране (51 км/10 тыс. км^2). При этом плотность автомобильных дорог с твердым покрытием в степной зоне составляет 266 км/тыс. км^2, что также значительно выше среднего значения по стране (64 км/тыс. км^2). В свою очередь обеспеченность железными и автомобильными дорогами в региональном разрезе имеет значительные территориальные различия. Наибольшую плотность железных дорог имеет Краснодарский край (297 км/10 тыс. км^2), наименее обеспечена сетью железных дорог Республика Калмыкия (22 км/10 тыс. км^2), а самая высокая плотность автомобильных дорог с твердым покрытием отмечается в Белгородской области (738 км/тыс. км^2),

а наименьшая в Республике Калмыкия (51 км/тыс. км^2). Не менее важным является присутствие судоходных участков рек и выход к незамерзающим морям, что существенно повышает эффективность использования всей транспортной инфраструктуры. В степной зоне располагается четыре судоходных бассейна рек: Обь, Волга, Дон и Кубань, где имеются 23 речных порта. Морская инфраструктура размещена в акватории Черного и Азовского морей, здесь располагается 12 морских портов. Наличие авиационного сообщения имеет большое значение для осуществления пассажирских и в меньших масштабах грузовых перевозок на дальние расстояния. В настоящее время в регионах степной зоны России действует 26 международных аэропортов, которые обслуживают более 40 млн чел./год. Крупнейшими аэропортами степной зоны являются Толмачёво (Новосибирск) – 6,6 млн чел./год и Пашковский (Краснодар) – 4,6 млн чел./год. Трубопроводный транспорт имеет существенное значение для развития промышленности регионов степной зоны России. По территории степной зоны проходят множество трубопроводов, среди которых можно выделить: нефтепровод «Дружба» (66 млн тонн/год), нефтепровод «Каспийский трубопроводный консорциум» (31 млн тонн/год), нефтепровод «Узень–Атырау–Самара» (16 млн тонн/год), нефтепровод «Туймазы–Омск–Новосибирск» (12 млн тонн/год), газопровод «Союз» (26 млрд м^3/год), аммиакопровод «Тольятти–Одесса» (2,5 млн тонн/год). Также необходимо отметить, что важнейшим направлением модернизации существующих и созданию новых направлений транспортного сообщения на территории степной зоны России может стать развитие международных транспортных коридоров. В настоящее время по территории степной зоны проходят два международных транспортных коридора: «Север-Юг» и «Запад-Восток», а также реализуется проект трансконтинентального автодорожного коридора Западная Европа – Западный Китай. В итоге можно сделать выводы, что в степной зоне России отмечается лучшая обеспеченность объектами транспортной инфраструктуры в сравнении со средними показателями по стране, это выражается в более высокой плотности автомобильных (в четыре раза) и железных (в три раза) дорог. На сегодняшний день приоритетным направлением развития опорного транспортного каркаса в степной зоне России является развитие международных транспортных коридоров, многофункциональный подход эксплуатации которых позволит развить оптимальную опорную транспортную сеть, обеспечивающую ускорение движения товаров и людей, снижение транспортных издержек, что в свою очередь, позволит обеспечить стабильный экономический рост и устойчивое развитие в регионах степной зоны России.

Степень интеграции элементов социально-экономического и природно-экологического каркасов регионов степной зоны Европейской России оценивалась включением преимущественно относительных величин, которые при территориальных сравнениях учитывают площадь территории и численность населения. Оценка взаимосвязи между критериями степени интеграции субъектов западной части степной зоны проведена на основе метода канонических корреляций. Валовая добавленная стоимость туристской индустрии устойчиво коррелирует по субъектам с количеством ООПТ, расположенных на их территории (коэффициент корреляции >0,6). Высокая степень корреляции отмечается между показателями ВРП на душу населения и количеством ООПТ всех категорий (около 0,8). Между коэффициентами роста показателей природно-экологического и социально-экономического каркасов установлены статистически значимые на 10% уровне значимости связи. Так, коэффициент роста числа экотроп и маршрутов в государственных природных заповедниках и национальных парках имеет прямую корреляционную связь с изменением потребительских расходов в среднем на душу населения, плотности железнодорожных путей общего пользования и отправлений пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования. Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что развитие социально-

экономического и природно-экологического каркасов субъектов западной части степной зоны России за 2018-2022 годы взаимосвязано и взаимообусловлено. Полученные результаты исследования необходимо учитывать при разработке стратегии пространственного развития территорий как на региональном, так и на федеральном уровнях.

Проблемы и перспективы адаптации степного землепользования к антропогенным и климатическим изменениям. Рубеж второго и третьего тысячелетий в Северной Евразии стал временем разноплановых перемен: политических, экономических, социальных и климатических. Соответственно, именно это время стало наиболее плодовитым на прогнозы, сценарии, стратегии: от строго научно выверенных до футуристических и околонаучных. В основном, наверное, в дань моде, предвидимые сценарии были в основном негативные: от новых экологических кризисов до критически опасных климатических изменений. Нельзя не отметить, что часть прогнозов сбылась в первой четверти XXI века: возвращение пандемий, учащение негативных погодных явлений и аномалий (например, максимальное за всю историю половодье на р. Урал и крупных реках степей Западной Сибири и Казахстана в 2024 г.). Сильно обострилась международная обстановка, что обуславливает новые вызовы для мирового сообщества, перемены в правилах игры в торговле ресурсами, в т.ч. продовольственными, которые к 2020-м, казалось бы, давно устоялись.

На основании выше сказанного, учитывая огромное стратегическое и экономическое значение степной зоны Северной Евразии, именно для нее принципиально важны прогнозы и сценарии, разработанные на научной основе с учетом природной специфики, истории и сохранения степей. Сценарии развития степной зоны в нашем понимании – это совокупность природных предпосылок, данностей, факторов и планов, проектов, действий человека по их использованию. По сути, это более детальное описание сотворчества человека и природы в построении будущего, в т.ч. будущего ландшафтов (надеемся, оптимального).

Изложенные в монографии результаты исследований фактического состояния основных компонентов степной географической зоны положены в основу приведенных ниже сценариев развития степного природопользования на ближайшую перспективу до 2030 г. и среднесрочную до 2050 г. Сценарии построены, с одной стороны, по классической схеме вариантов (негативный, нейтральный, позитивный). В данном случае нейтральный – это скорее консервативный, в определенном смысле устойчивый. Все три варианта относятся к состоянию ландшафтных и биологических ресурсов степей, прежде всего природных степных и антропогенных аграрных титулов. В рамках этого подхода выделен целый ряд предопределяющих факторов, направляющих ситуацию к тому или иному сценарию, их действие логически выстраивается в саморазвивающуюся сценарную матрицу.

На данный момент в качестве примера приводим следующее: эпоха голоцена фактически сформировала степи на их современном месте, что считаем реализацией позитивного сценария развития степей самой природой. Особая земледельческая востребованность плодородных почв на ровных землях легкого освоения направила развитие степей к негативному сценарию, спровоцировав замену природных титулов зоны аграрными.

Поступательное эволюционное развитие освоения и заселения степной, если бы оно имело место, по нашим оценкам, направляло бы скорее к консервативному сценарию (без крупных кампаний и государственных мегапроектов). Что касается укоренившегося в обществе как минимум настороженного отношения к степи, то оно явно направляет ситуацию к негативному сценарию. Общественное мнение продолжает ассоциировать охрану природы с деятельностью по сохранению лесов, посадке деревьев, и т.п. Пока утрата степных экосистем, ликвидация степной растительности не вызывает ни сожаления, ни ностальгии по степям. Все крупные аграрно-социальные мегапроекты

степной зоне, которые мы рассматриваем как целинное движение, направлены по большей части на быструю масштабную распашку степей и склоняли к негативному сценарию. Как исключение, «Сталинский план преобразования природы» (по Докучаеву, Вильямсу, Костычеву), склонявший скорее к нейтральному, даже устойчивому развитию, т.к. упор был сделан на развитие травопольной системы, директивно закреплялась доля многолетних трав в севообороте не менее 20-30%.

Эволюция агротехнологий склоняет на данный момент скорее к негативному сценарию для степных титулов. Примитивные технологии времен трехпольного севооборота и технологии времен семипольных советских оборотов не показывали высоких результатов и провоцировали экстенсивный путь развития земледелия с вовлечением огромных массивов низкопродуктивных земель на юго-восточной периферии степной зоны, особенно при реализации масштабных аграрно-социальных мегапроектов. В 1990-е в условиях стагнации сельского хозяйства и экономического кризиса применялись т.н. «ресурсосберегающие» технологии с минимумом техники, финансовых и материальных ресурсов, это были скорее технологии выживания, резко снизилась культура земледелия, урожайность. Это особое время экспансии вредителей сельского хозяйства и сорняков, именно на него приходится т.н. блуждающее земледелие, формируется залежный клин по масштабам близкий к масштабам освоения в Целину 1950-х. Сегодня продолжается активное технологическое перевооружение степного земледелия, современные технологии, в т.ч. средства защиты растений и минеральные удобрения, позволяют рентабельно использовать малопродуктивные степные земли, ранее считавшиеся непахотопригодными или условно пахотопригодными.

Сегодня, в условиях Целины-2, современные технологии позволяют вовлекать в пашню не только вторичные степи и залежи на плакорах и бихолдерах, но и склоны, супесчаные земли, солонцово-степные комплексы и т.д. В этой связи можно прогнозировать, что к 2030 г. будут освоены все степные залежи, возможно, остатки целинных земель, и доля распаханности степной зоны выйдет на очередной исторический максимум, что вновь обострит проблему сохранения ландшафтного и биологического разнообразия степей. В плане территориальной охраны, роста степных заповедников и восстановления животных – биологических титулов степей на рубеже тысячелетий реализовался скорее позитивный сценарий, в какой-то мере консервативный. Всё-таки был создан ряд степных заповедников в России (Оренбургский, Даурский, Ростовский), был успешно реализован проект реинтродукции лошади Пржевальского на пятом участке ГПЗ «Оренбургский», где в настоящее время численность лошади Пржевальского на 16,5 тыс. га уже приближается к 150 особям.

В плане ресурсов сайгака, устойчивости и размера его популяции последние три десятилетия можно поделить между двумя крайними сценариями: в 1995-2015 гг. реализовывался негативный сценарий в крайней форме, который мог привести к вымиранию сайгака как вида, но с 2016 года начал реализовываться позитивный сценарий как в России, так и в Казахстане. Благодаря усилению мер охраны, климатическим тенденциям, прочим изученным и освещенным в монографии факторам численность сайгака не только стабилизировалась, но и в Республике Казахстан вышла на очередной исторический максимум. В России сайгак устойчиво увеличивает ресурсы и популяцию, в основном на двух смежных охраняемых территориях в Калмыкии и Астраханской области, численность уже превысила 40 тыс. голов. В РК наиболее крупная Волго-Уральская популяция сайгака уже превысила миллион голов, и сайгак из исчезающего вида в значительной степени превратился в ландшафтообразующий, а популяция вновь стала мигрирующей и трансграничной. В связи с этим даже возник ряд специфических проблем, на решение которых и были направлены исследования, представленные в монографии.

В целом можно считать проведенное за пятилетие исследование целостным и комплексным, позволяющим проанализировать и систематизировать ряд ключевых факторов, направляющих степное природопользование к тому или иному сценарию. Активно начатая проработка и обоснование среднесрочных и долгосрочных сценариев развития принесла определенный материал для фундаментальных обобщений и практических рекомендаций, работа над этим будет продолжена с акцентом на практический выход и реализацию разработок в рамках государственного задания на 2026-2030 гг., которым ставится задача разработать геоэкологические основы и выделить технологические аспекты оптимизации природопользования в степных регионах России и сопредельных территорий. По срокам завершения это задание совпадает с завершением, во-первых, многих известных среднесрочных прогнозов и перспективных планов развития и, во-вторых, действующих крупных аграрных и экологических государственных программ и проектов («Экология» и «Целина-2»). Надеемся, полученные результаты будут способствовать не только совместимости этих программ и ликвидации их противоречий, но и их успешной реализации.

Реализация результатов может быть направлена на улучшение экологической обстановки путем трансформации системы аграрного производства и внедрения новационных методов землепользования, формирования систем особо охраняемых природных территорий и нормирования отдельных видов природопользования. Полученные результаты могут быть применены при решении глобальных и макрорегиональных проблем и вызовов современности – сохранение биологического разнообразия, противодействие глобальному потеплению и достижение углеродного баланса атмосферы, предотвращение опустынивания и деградации сельхозугодий, решения проблемы продовольственной безопасности, развитие степного ревайлдинга, улучшение эколого-гидрологической обстановки и др. Результаты исследований эколого-географической и социально-экономической направленности могут быть использованы при разработке схем территориального планирования, позволят обосновать перспективные сценарии устойчивого развития степных и лесостепных регионов России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

40 лет освоению целинных и залежных земель Оренбургской области (1954-1993). Оренбург: Оренбургское областное управление статистики, 1994. 78 с.

Абатуров Б.Д., Горбунов С.С., Кошкина А.И. Особенности кормовой растительности как одна из возможных причин массовой гибели сайгаков на степных пастбищах // Аридные экосистемы. 2021. Т. 27. № 4 (89). С. 93-100.

Абатуров Б.Д., Лопатин В.Н. Влияние пастбищного удаления фитомассы на продуктивность растительности // Млекопитающие в наземных экосистемах. М.: Наука, 1985. С. 27-37.

Абеленцев В.И., Самош В.М., Модин Г.В. Современное состояние поселений байбака и опыт его реакклиматизации на Украине // Сурки, экология, эктопаразиты, природная очаговость чумы / Тр. Средне-Азиатского противочумн. ин-та. 1961. Вып. 7. С. 309-320.

Авдеев В.И. Критический анализ уровня и перспективы научных исследований по садоводству в Оренбуржье // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2013. № 4 (8). С. 44-49.

Агроклиматические ресурсы Оренбургской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 120 с.

Административное и территориальное деление Чкаловской области / Чкал. ОблУНХУ. Чкалов: Чкаловское обл. изд-во, 1939. 118 с.

Административное и территориальное деление Чкаловской области на 01 января 1949 г. Чкалов: Чкаловское изд-во, 1949. 106 с.

Азизхонов И.М., Тальгамер Б.Л., Усмонов Н.К. Оценка способов и результатов опробования эфелей и отвалов на рудном месторождении // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 1 (78). С. 80-89.

Акыш М., Туякбаев М. Новые номады и Великая степь. Как восстановить мобильное пастбищное животноводство Казахстана и сделать его эффективным и прибыльным. Екатеринбург: «Издательские решения», 2019. 128 с.

Алексеенко В.А. Геохимия ландшафтов и окружающая среда. М.: Недра, 1999. 142 с.

Алексеенко В.А., Юргенсон Г.А., Швыдкая Н.В., Пузанов А.В. Ландшафтно-геохимические изменения, вызванные разработкой рудных месторождений // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. № 25 (5). С. 6-17.

Алексеенко Л.Н. Продуктивность луговых растений, ее зависимость от условий среды. Л.: Изд-во Ленингр. гос. ин-та, 1967. 168 с.

Аналитики предупредили о риске хранения рекордного урожая зерна. Почему аграриям стало сложнее заработать на пшенице. URL: https://www.rbc.ru/business/07/02/2023/63e0f1529a794747498d0850 (дата обращения: 20.09.2024).

Антипова А.В., Кочуров Б.И. Научная школа по оценке и картографированию экологических ситуаций // Проблемы региональной экологии. 1999. № 3. С. 60-75.

Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. (Основы теории и логико-математические методы) / Под ред. В.В. Леонова. М.: Изд-во «Мысль», 1975. 288 с.

Артищев В.Е. Постселитебные территории как рефугиумы для охотничьих животных // Организация и самоорганизация общественных и природных систем: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Биробиджан: Биробиджанский филиал ФГБОУ ВПО «Амурский государственный университет», 2013. С. 5-10.

Артищев В.Е. Использование постселитебных геотопов для организации вольерного дичеразведения // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2019. Т. 43 (3). С. 294-306. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-3-294-306.

Архангельский В.Н., Бударина А.В., Буланов В.С. и др. Государственное регулирование рыночной экономики: Учебник / Под общ. ред. В.И. Кушлина. М.: Изд-во РАГС, 2002. 828 с.

Атлас плодов / Под общ. ред. А.С. Гребницкого. Вып. I, II, III и IV. СПб.: Экспедиция заготовления государственных бумаг, 1906. 589 с.

База данных сортов яблони / ФГБНУ ВНИИСПК. 2017. URL: http://www.vniispk.ru/apple.php (дата обращения: 07.08.2017).

Базилевич Н.И., Титлянова А.А., Смирнов В.В., Родин Л.Е., Нечаева Н.И., Левин Ф.И. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. 183 с.

Базовые принципы градостроительной политики. Новый облик Екатеринбурга. Благоустройство, дорожное хозяйство и городской транспорт: Научный доклад на Междунар. науч.-практ. конф. «Российский город на пороге XXI века: теория и практика стратегического управления». Екатеринбург: Академкнига, 2000. 172 с.

Бакланов П.Я., Романов М.Т., Каракин В.П., Егидарев Е.Г., Ланкин А.С., Ушаков Е.А. Сопряжения транспортных сетей Тихоокеанской России и сопредельных стран // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. Т. 84. № 2. С. 167-178. DOI: 10.31857/S258755662002003X.

Барашкова А.И. Динамика обсемененности шерстного покрова лошадей яйцами желудочных оводов (Gasterophilidae) в Центральной Якутии // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 47 (5). С. 77-78. DOI: 10.18411/lj-02-2019-108.

Барбазюк Е.В. Влияние метеорологических параметров на встречаемость семейных групп серых куропаток в Южном Предуралье // Принципы экологии. 2021а. № 3. С. 4-24. DOI: 10.15393/j1.art.2021.12022.

Барбазюк Е.В. Новые данные о гибели хищных птиц на линиях электропередач в районе оренбургско-казахстанской границы // Вопросы степеведения. 2021б. № 2. С. 48-56. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-2-59-67.

Барбазюк Е.В. Степная российско-казахстанская приграничная зона как территория повышенной гибели редких дневных хищных птиц на ЛЭП (на примере административных областей Волго-Уральского региона) // Принципы экологии. 2022. № 3. С. 4-16. DOI: 10.15393/j1.art.2022.12882

Барбазюк Е.В., Вельмовский П.В. Охраняемая авифауна Бузулукского бора: изменения за последние 90 лет и лимитирующие факторы // Вопросы степеведения. 2023. № 4. С. 128-145. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-4-128-145.

Барбазюк Е.В., Вельмовский П.В. Многолетние изменения качественного состава авифауны Бузулукского бора (Оренбургская область) по данным ретроспективных и современных наблюдений // Труды Зоологического института РАН. 2024. Т. 328. № 1. С. 3-19. DOI: 10.31610/trudyzin/2024.328.1.3

Бармин А.Н., Никулина Е.М. Роль ландшафтно-географического подхода в построении экологического каркаса городов // Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 4. С. 168-174.

Батуева Ю.М., Баханова М.В., Раченко М.А. Максимальная морозостойкость некоторых сортов яблони и форм Malus baccata в условиях Северо-восточной Азии // Инновационные направления развития сибирского садоводства: наследие академиков М.А. Лисавенко, И.П. Калининой: сб. ст. Барнаул: Концепт, 2018. С. 42-47.

Белая А. Битва с урожаем: огромный запас зерна в России не дает аграриям зарабатывать / Forbes. 26.02.2024. URL: https://www.forbes.ru/prodovolstvennaya-bezopasnost/506266-bitva-s-urozaem-ogromnyj-zapas-zerna-v-rossii-ne-daet-agrariam-zarabatyvat (дата обращения: 20.09.2024).

Беляков А.М., Кошелев А.В., Назарова М.В. Методика оценки экологической сбалансированности агроландшафтов сухостепной зоны каштановых почв Волгоградской области // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 1 (90). С. 125-130.

Березина Т.В. Влияние экологических условий на развитие и сохранность плодовых насаждений Заволжско-Уральского региона (на примере Оренбургской области): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2017. 20 с.

Беркович К.М., Завадский А.С., Чернов А.В. Анализ и учет русловых процессов при разработке СКИОВО // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. № 6. С. 83-95.

Бердников В.В. Палеокриогенный микрорельеф Центра Русской равнины. М.: Наука, 1976. 124 с.

Бесалиев И.Н., Панфилов А.Л. Продуктивная влага в связи с приемами агротехники и урожайность яровой твердой пшеницы в Оренбургском Предуралье // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 21-27.

Бибиков Д.И. Горные сурки Средней Азии и Казахстана. М.: Наука, 1967. 199 с.

Бибиков Д.И. Сурки. М.: Агропромиздат, 1989. 255 с.

Бибиков Д.И., Дежкин А.В., Румянцев В.Ю. История и современное состояние байбака в Европе // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. 1990. Т. 95. Вып. 1. С. 15-30.

Блинова Т.В. Демографические угрозы и ограничения развития сельских территорий России // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2018. № 2 (71). С. 14-18.

Бобылев С.Н. Экономика сохранения биоразнообразия: (повышение ценности природы). М.: Наука, 1999. 88 с.

Богданович А.Ю., Павлова В.Н., Ранькова Э.Я., Семёнов С.М. Влияние изменений засушливости в России в XXI веке на пригодность территорий для возделывания зерновых культур // Фундаментальная и прикладная климатология. 2021. Т. 7. № 1. С. 20-35. DOI: 10.21513/2410-8758-2021-1-20-35.

Болгов М.В., Коробкина Е.А., Трубецкова М.Д., Филимонова М.К., Филиппова И.А. Современные изменения минимального стока на реках бассейна р. Волга // Метеорология и гидрология. 2014. № 3. С. 75-85.

Бородин Н.А. Уральское казачье войско. Статистическое описание в 2 томах. Т. 1. Уральск: типогр. Уральского Казачьего Войска, 1891. 947 с.

Боскис С.Г., Троцкий М.Н. Перспективы комплексного использования водно-земельных ресурсов бассейна реки Урал. М.; Ташкент: Сазгипровод, 1934. 271 с.

Бубин М.Н. Районирование территории по синхронности многолетних колебаний зимнего стока рек (на примере Челябинской области) // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 316. № 1. С. 137-142.

Будаговский В.И. Культура слаборослых плодовых деревьев. М.: Колос, 1976. 303 с.

Будрицкая И.А., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Агроэкологическая оценка почв сухостепной Кулунды // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 11 (133). С. 42-50.

Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. 171 с.

Бузулукский бор. Общий очерк и лесные культуры / Под ред. В.Г. Нестерова. Т. I. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1949. С. 5-13.

Буй К.З. Перспективы развития комплексного зондирования на горных предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № 11. С. 365-372.

Валовой сбор сельскохозяйственных культур / ЕМИСС. Государственная статистика. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/30950 (дата обращения: 03.03.2025).

Ванина Л.С., Вартапетян В.В. Дикорастущие яблони (Коллекция ботанического сада биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 73 с.

Ванисова Е.А. Видовая специфика стабильных элементов биологического сигнального поля сурков // Сурки Евразии: экология и практическое значение: Материалы XI Междунар. совещания по суркам специалистов стран бывшего Советского Союза. М., 2015. С. 24-28.

Васильев Д.Ю., Сивохип Ж.Т., Чибилёв А.А. Динамика климата и внутривековые колебания стока в бассейне реки Урал // Доклады Академии наук. Науки о Земле. 2016. Т. 469. № 1. С. 102-107.

Вацаев Ш.В., Черных О.Ю., Лысенко А.А., Тарамова Л.В., Арсаханова Х.М. Микст инвазии лошадей и меры борьбы с ними в Чеченской Республике // Наука и молодежь: Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Грозный, 2018. С. 225-229.

Веденькова Е.П., Дрогобыч Н.Е. Редкие, исчезающие и эндемичные виды цветковых (буклет). Аскания-Нова: изд-во «СКИФЫ», 1998.

Величко А.А. Криогенный рельеф позднеплейстоценовой перигляциальной зоны (криолитозоны) Восточной Европы / Четвертичный период и его история. М.: Наука, 1965. С. 104-120.

Величко А.А. Природный процесс в плейстоцене. М.: Наука, 1973. 256 с.

Викторов А.С. Рисунок ландшафта. М.: Мысль, 1986. 179 с.

Викторов А.С. Математическая морфология ландшафта. М.: Тратек, 1998. 180 с.

Виноградова В.В. Волны тепла на Европейской территории России в начале XXI века // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014. № 1. С. 47-55.

Виноградова В.В., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А. Динамика увлажнения и теплообеспеченности в переходных ландшафтных зонах по спутниковым и метеорологическим данным в начале XXI века // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 2. С. 162-172.

Витковский В.Л. Плодовые растения мира. СПб.: Лань, 2008. 592 с.

Вишневский А.Г. Россия: демографические итоги двух десятилетий // Мир России. 2012. № 3. С. 3-40.

Владимиров А.М. Минимальный сток рек СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 214 с.

Владимиров В.В. Город и ландшафт. М.: Мысль, 1986. 238 с.

Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Коротких Н.А. Разработка технологии No-till на черноземе выщелоченном лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2011. № 5. С. 20-22.

Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2018 году: статистический сборник / Под ред. Н.Г. Рыбальского, В.А. Омельяненко. М.: НИА-Природа, 2019. 274 с.

Водные ресурсы России и их использование / Под ред. проф. И.А. Шикломанова. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.

Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 16 ноября 1995 г. № 167-ФЗ. URL: https://duma.consultant.ru/documents/1160380?items=1&page=1 (дата обращения: 10.09.2024).

Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ. URL: https://www.meteorf.gov.ru/documents/6/30 (дата обращения: 10.09.2024).

Водопьянова Н.С. Зональность флоры Среднесибирского плоскогорья. Новосибирск: Наука, 1984. 156 с.

Войтенкович Н.С. Мичуринский сад в степи. Чкалов: ОГИЗ Чкаловское изд-во, 1949. 23 с.

Волкова Е.А., Рачковская Е.И., Садвокасов Р.А., Сафронова И.Н., Храмцов Е.Н. Ботанико-географическое районирование // Национальный атлас Республики Казахстан. Т. 1. Природные условия и ресурсы. Алматы, 2010. С. 110.

Воронов А.В., Цвирко О.В. Оренбуржье на подъеме. Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1975. 229 с.

Всероссийская сельскохозяйственная перепись 1916 г. Оренбург, 1916. С. 3-4.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: Росгидромет, 2014. 58 с. URL: https://voeikovmgo.ru/download/2014/od/od2.pdf (дата обращения: 23.01.2025).

Галактионова Л.В., Верхошенцева Ю.П. Пирогенная трансформация основных свойств почв участка «Буртинская степь» государственного заповедника «Оренбургский» // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тез. докл. VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всерос. с междунар. участием науч. конф. Ч. I. Москва-Белгород: Изд. дом «Белгород», 2016. С. 342-343.

Ганзей К.С. Оценка ландшафтного разнообразия вулканически активных островов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014. Т. 2. С. 61-70.

Ганзей К.С., Иванов А.Н. Ландшафтное разнообразие Курильских островов // География и природные ресурсы. 2012. № 2. С. 87-94.

Гареев А.М., Шакиров А.В. Природная среда и нефтегазовый комплекс Башкортостана. Географо-экологические аспекты взаимодействия. Уфа: «Китап», 2000. 220 с.

Гейде Г.М. О распространении сурка-байбака на территории госзаповедника «Оренбургский» // Степное природопользование: информ. материалы. Оренбург, 1991. С. 24-27.

Географический атлас Оренбургской области / науч. ред. и сост. А.А. Чибилёв. М.: Изд-во «ДИК»; Оренбург: Оренбург. кн. изд-во, 1999. 95 с.

Геокриологические условия Монгольской Народной Республики / Отв. ред. П.И. Мельников. М.: Наука, 1974. 197 с.

Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Кашутина Е.А., Милюкова И.П. О вкладе климатических и антропогенных факторов в изменения стока крупных рек Русской равнины и Сибири // Доклады Академии наук. 2019. Т. 488. № 5. С. 539-544.

Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Кашутина Е.А., Барабанова Е.А. Климатические и антропогенные изменения стока Волги и Дона // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. № 2. С. 55-78. DOI: 10.21513/2410-8758-2016-2-55-78 .

Георгиевский В.Ю., Грек Е.А., Грек Е.Н., Лобанова А.Г., Молчанова Т.Г. Оценка современных изменений максимального стока рек России // Метеорология и гидрология. 2019. № 11. С. 46-55.

Глаголев М.В., Шнырев Н.А. Динамика летне-осенней эмиссии CH_4 естественными болотами (на примере юга Томской области) // Вестник МГУ. 2007. № 1. С. 8-14.

Глазьева А.Б. Геоэкологическая оценка влияния нефтегазоносного хозяйства на окружающую среду Воронежской области. Воронеж, 2003. 24 с.

Годнев Е.Д. Опыты по разведению экзотов в Бузулукском бору // Бузулукский бор: Общий очерк и лесные культуры. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. Т. 1. С. 98-142.

Голунов С.В. Приграничное сотрудничество России и Казахстана: проблемы и пути развития // Мировая экономика и международные отношения. 2009. № 6. С. 84-91.

Горбунов Р.В., Табунщик В.А. О выделении городских ландшафтов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Т. 6(16). Вып. 2. С. 97-126.

Грекусис Д. Методы и практика пространственного анализа. Описание, исследование и объяснение с использованием ГИС [пер. с англ. А.Н. Киселева]. М.: ДМК Пресс, 2021. 540 с.

Грунин К.Я. Личинки оводов домашних животных СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953. 124 с.

Грунин К.Я. Желудочные оводы (Gasterophilidae). М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 97 с.

Губарь В.В., Дукельская Н.М., Корзинкина Е.М., Теплов В.П. Экология сурка и сурочий промысел. М.; Л.: Внешторгиздат, 1935. 29 с.

Гулянов Ю.А. Пути повышения зимостойкости и сохранности к уборке озимой пшеницы в степи Южного Урала // Земледелие. 2005. № 6. С. 24-25.

Гулянов Ю.А. Адаптация технологических приемов возделывания озимой пшеницы в степных районах Южного Урала // Агробиологические особенности, технологии возделывания и параметры моделей высокопродуктивных агроценозов полевых культур в засушливых условиях Южного Урала: сб. науч. тр. Оренбург, 2006. С. 10-23.

Гулянов Ю.А. Возможности интеллектуальных цифровых технологий в экологизации ландшафтно-адаптивного земледелия степной зоны // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019а. № 4 (78). С. 8-11.

Гулянов Ю.А. Стратегии новационного землепользования и роль природоподобных агротехнологий в экологической оптимизации степных ландшафтов // Сб. науч. трудов Государственного Никитинского ботанического сада. 2019б. Т. 148. С. 50-59. DOI: 10.25684/NBG.scbook.148.2019.05.

Гулянов Ю.А. Предпосылки и перспективы реализации природоподобных приемов обработки почвы в агротехнологиях степной зоны Оренбургского Предуралья // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 2 (22). С. 37-49.

Гулянов Ю.А. Изменение региональных климатических условий и продуктивность озимой пшеницы в степной зоне европейской России // Таврический вестник аграрной науки. 2021а. № 4 (28). С. 58-68. DOI:10.33952/2542-0720-2021-4-28-58-68.

Гулянов Ю.А. К анализу количественных показателей полеводства степной зоны Оренбургского Зауралья в условиях современных климатических вызовов // Вопросы степеведения. 2021б. № 1. С. 90-99. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-1-90-99.

Гулянов Ю.А. Устойчивость агроценозов яровой пшеницы к современным климатическим изменениям в земледелии степной зоны Южного Урала // Таврический вестник аграрной науки. 2021в. № 2 (26). С. 62-73. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-62-73.

Гулянов Ю.А. Адаптация агротехнологий к изменяющемуся климату в зоне черноземов южных Волгоградского Прихопёрья // Вопросы степеведения. 2022а. № 2. С. 47-59. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-2-47-59.

Гулянов Ю.А. Перспективы использования информационных ресурсов ДЗЗ для управления продукционным процессом полевых агроценозов // Земледелие. 2022б. № 2. С. 26-31.

Гулянов Ю.А. Опыт использования технологий спутникового мониторинга для решения прикладных задач степного земледелия России // Пермский аграрный вестник. 2023а. № 3 (43). С. 12-20.

Гулянов Ю.А. Роль природоподобных технологий и мелиоративных аграрно-технических мероприятий в улучшении экологической обстановки в бассейне реки Урал // Таврический вестник аграрной науки. 2023б. № 4 (36). С. 19-33. DOI: 10.5281/zenodo.10276752.

Гулянов Ю.А. Мониторинг состояния и обоснование приемов повышения продуктивности полевых агроценозов // Таврический вестник аграрной науки. 2024а. № 4 (40). С. 52-67.

Гулянов Ю.А. Новационные подходы к снижению природозатратности в высокопродуктивных агротехнологиях степной зоны России // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024б. № 4 (68). С. 6-16. DOI: 10.18286/1816-4501-2024-4-6-16.

Гулянов Ю.А. Природные и антропогенные факторы дестабилизации зернового производства в приграничных с Республикой Казахстан регионах Урала и Сибири // Таврический вестник аграрной науки. 2024в. № 2 (38). С. 31-43. DOI: 10.5281/zenodo.12177624.

Гулянов Ю.А. Роль природоподобных технологий в формировании экологически сбалансированных агроландшафтов в постцелинных регионах степной зоны России // Вопросы степеведения. 2024г. № 2. С. 106-120. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-2-106-120.

Гулянов Ю.А. Эффективность использования природно-климатических ресурсов в земледелии постцелинных степных регионов Урала и Сибири // Вопросы степеведения. 2024д. № 1. С. 101-113. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-101-113.

Гулянов Ю.А., Балдина Е.Ю. Эффективность использования ресурсного потенциала степных агроландшафтов при выращивании яровой пшеницы в Оренбургском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 22-26.

Гулянов Ю.А., Левыкин С.В., Казачков Г.В. Оптимизация сельскохозяйственного землепользования на основе природоподобных технологий // Вопросы степеведения. 2018. № 14. С. 57-61.

Гулянов Ю.А., Чибилёв (мл.) А.А., Чибилёв А.А., Левыкин С.В. Проблемы адаптации степного землепользования к антропогенным и климатическим изменениям (на примере Оренбургской области) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 1. С. 28-40.

Гуман О.М., Колосницына О.А., Макаров А.Б. Геоэкологическая оценка природно-технологических систем на регрессивной стадии техногенеза (на примере месторождения Яман-Касы) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2003. № 6 (155). С. 99.

Гурина Е.В. Источники парниковых газов, оказывающие наибольшее влияние на глобальное потепление // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2023. № 4. С. 23-31.

Давлетгалиев С.К. Оценка водных ресурсов Жайык-Каспийского бассейна по водохозяйственным участкам // Гидрометеорология и экология. 2011. № 1. С. 56-65.

Давлетгалиев С.К. Оценка водных ресурсов Жайык-Каспийского бассейна по водохозяйственным участкам // Гидрометеорология и экология. 2015. № 4. С. 73-80.

Давыдов М.М., Цунц М.З. Рассказ о великих реках. М.: Госкультпросветиздат, 1955. 184 с.

Данилкин А.А. Млекопитающие России и сопредельных регионов. Полорогие (Bovidae). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. 550 с.

Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Согласование стратегии трансграничного водопользования. М.: ООО «Издательство «Энциклопедия», 2016. 216 с.

Даркшевич Я.Н. Бузулукский бор (научно-популярная монография) / Под ред. И.Н. Старостенко. Чкалов: Чкаловское кн. изд-во, 1953. 87 с.

Дёжкин В.В. Концептуальные и методические основы восстановления и развития биологического природопользования в сельской России. М.: Изд-во МНЭПУ, 2002. 92 с.

Делиникайтис С.А. Борьба с засухой и преобразование природы в СССР. М.: Всесоюз. Общ-во по распр. полит. и науч. знаний, 1951. 31 с.

Демин А.П. Современные изменения водопотребления в бассейне Каспийского моря // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 3. С. 259-275.

Демин А.П., Болгов М.В., Шаталова К.Ю. Проблемы и решения для управления водными ресурсами трансграничных рек России // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Т. I. Ландшафты в XXI веке: анализ состояния, основные процессы и концепции исследований. М.: изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. С. 109-114.

Демин А.П., Зайцева А.В. Прогноз водопотребления в российской части бассейна Дона // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. № 5. С. 588-598.

Демченко Я.Г. О наводнении Арало-Каспийской низменности для улучшения климата прилежащих стран. Киев: тип. Киев. губ. упр., 1871. 138 с.

Джамалов Р.Г., Сафронова Т.И., Телегина Е.А. Внутригодовое распределение стока рек с оценкой роли зимней межени // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. № 6. С. 603-611.

Динесман Л.Г. К истории древесно-кустарниковой растительности междуречья Урала и Волги // Труды Института леса. М., 1958. Т. 38. С. 30-45.

Динесман Л.Г. Изучение истории биогеоценозов по норам животных. М.: Наука, 1968. 100 с.

Дмитриева В.А., Нефедова Е.Г. Гидрологическая реакция на меняющиеся климатические условия и антропогенную деятельность в бассейне Верхнего Дона // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 285-297.

Договор между Российской Федерацией и Республикой Казахстан о российско-казахстанской государственной границе (г. Москва, 18.01.2005). URL: https://docs.cntd.ru/document/901923590?ysclid=mfo0yghank237308969 (дата обращения: 04.04.2022).

Докучаев В.В. Избранные труды / Ред. акад. Б.Б. Полынова. М.: Изд-во и 2-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР, 1949. 644 с.

Докучаев В.В. Русский чернозем. М.: Сельхозгиз, 1952. 215 с.

Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. М.: Сельхозгиз, 1953. 152 с.

Долгополов К.В., Федорова Е.Ф. Вода – национальное достояние (географические проблемы использования водных ресурсов). М.: Мысль, 1973. 180 с.

Долгополова Н.В., Батраченко Е.А., Малышева Е.В. Влияние эрозионных процессов на устойчивость агроландшафтов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 11-16.

Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 10 августа 2019 г. № 1796-р). URL: https://mcx.gov.ru/upload/iblock/4cc/4ccb020acf06ff1823e0c06e8a6dfaa8.pdf (дата обращения: 09.09.2024).

Дубровская С.А. Система диагностических критериев урботехногенных комплексов на основе автоматизированной классификации мультиспектральных изображений // Современная экология: образование, наука, практика: материалы междунар. науч.-практ. конф. Воронеж, 2017. С. 37-41.

Дунаева Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Ёлкина Е.С., Барботкина Е.С., Вечерков В.В., Барталев С.А. Использование данных дистанционного зондирования для ранней диагностики наступления засушливых условий // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4 (20). С. 28-45.

Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты: [Учеб. для ун-тов по спец. «Гидрология»]. М.: Изд-во МГУ, 1990. 303 с.

Емлин Э.Ф. Техногенез – новейший этап геологической истории рудных месторождений Урала // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 1993. № 1. С. 43-126.

Ермолаев О.П., Шынбергенов Е.А., Мухарамова С.С. Геоинформационная система «Речные бассейны России» // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2023. Т. 29. № 1. С. 546-559. DOI: 10.35595/2414-9179-2023-1-29-546-559.

Естественно-научное обоснование создания Государственного природного резервата «Бокейорда». Проект. Астана: Филиал ТОО «ЭКОСЕРВИС-С», 2012. 258 с.

Жалилов А.Б., Андрейчев А.В. Антропогенное воздействие на степного сурка (Marmota bobak Müller, 1776) в Республике Мордовия // Охрана природной среды и эколого-биологическое образование: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. Елабуга: Издатель Леонтьев В.В., 2015. С. 202-203.

Железнов И.И. Уральцы. Очерки быта уральских казаков. Полное собрание сочинений. Т. 2. Изд. 3-е / под ред. Н.А. Бородина. СПб.: т-во «Общественная польза», 1910. 452 с.

Жирнов Л.В. Возвращение к жизни: Экология, охрана и использование сайгаков. М.: Лесная промышленность, 1982. 224 с.

Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи. 3-е изд. Л.: Колос, 1971. 752 с.

Жученко А.А. Биологизация, экологизация, энергосбережение, экономика современных систем земледелия // Вестник АПК Ставрополья. 2015. № 2. С. 9-13.

Забелин И.М. Путешествие в глубь науки. М.: «Мысль», 1976. 78 с.

Завадский А.С., Иванов В.В., Чалов Р.С. Геополитические аспекты русловых процессов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2010. № 6. С. 35-46.

Зайцева И.С. Роль природных факторов при антропогенном изменении водных ресурсов малых рек Русской равнины // Вопросы географии. Малые реки. Сб. 118. 1981. С. 93-97.

Закономерности гидрологических процессов / Под ред. Н.А. Алексеевского. М.: ГЕОС, 2012. 736 с.

Зворыкин К.В. Новые подходы к изучению земной природы // Географические исследования в Московском Государственном Университете. Традиции – перспективы. М.: изд-во МГУ, 1976. С. 35-41.

Зеньков И.В. Технологии рекультивации земель и формирования архитектуры техногенных ландшафтов для предприятий горнодобывающей промышленности с открытыми горными работами. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. 800 с.

Зеньков И.В., Нефедов Б.Н., Юронен Ю.П., Барадулин И.М., Кирюшина Е.В., Вокин В.Н. Результаты горно-экологического мониторинга техногенных ландшафтов на отработанной части Черногорского угольного месторождения с применением средств дистанционного зондирования // Уголь. 2015. № 2 (1067). С. 65-67.

Золотокрылин А.Н. Глобальное потепление, опустынивание/деградация и засухи в аридных регионах // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019. № 1. С. 3-13.

Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А. Увлажнение засушливых земель Европейской территории России: настоящее и будущее // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 2. С. 5-11.

Золотухин А.И., Супига Е.М. Сорные древесные растения // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах: междунар. межвед. сб. науч. тр. Самара: Самарский университет, 1999. С. 192-196.

Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий: для высших учебных заведений. Карта. М. 1:8000000 / Под ред. Г.Н. Огуреевой. М.: ТОО «ЭКОР», 1999а. 2 л.

Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий: пояснительный текст и легенда к карте. М. 1:8000000 / Под ред. Г.Н. Огуреевой. М.: Геогр. фак. МГУ, 1999б. 64 с.

Зубаревич Н.В. Региональные институты: российская специфика // Региональные исследования. 2010. № 2. С. 3-14.

Иванов В.В. Розоцветные Северного Прикаспия // Материалы по флоре и растительности Сев. Прикаспия. Вып. 5. Ч. 2. Л., 1971. С. 1-78.

Иванов В.В., Завадский А.С. Русловые процессы на пограничном участке р. Амур // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2012. № 3. С. 48-56.

Ивашутина Л.И., Николаев В.А. К анализу ландшафтной структуры физико-географических регионов // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 1969. Т. 4. С. 49-55.

Ильинская И.Н. Экологическая устойчивость агроландшафтов Ростовской области // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: материалы IV Всерос. конф. молодых ученых АПК. Ростов н/Д: ООО «АзовПринт», 2022. С. 261-266.

Исаев С.И. Практические итоги селекции яблони в средней зоне СССР // Пути интенсификации садоводства: тез. докл. Всесоюз. науч. конф. Мичуринск, 1981. С. 110-111.

Исаченко Г.А. Ландшафт XXI века: реальность, воспоминание, символ? // Геопространственные системы: структура, динамика, взаимосвязи: тр. XII съезда Русского географического общества. Т. 2. СПб., 2005. С. 17-22.

Исмагилов К.Р., Исмагилов Р.Р., Русаков И.А. Проявление глобального изменения агроклиматических ресурсов на территории Республики Башкортостан // Успехи современного естествознания. 2024. № 4. С. 85-91. DOI: 10.17513/use.38253

Ищенко Н.В. Особенности формирования и использования ресурсов плодовой продукции в России в пост санкционный период // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 3. С. 79-87.

Казяк Е.В., Давидович Ю.С., Шестаков Н.А. Результаты использования методов геоинформационного и статистического анализа для изучения спектрально-отражательных характеристик сельскохозяйственных культур Беларуси // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2022. № 2. С. 55-68.

Калмыкова О.Г. О растительном покрове Госзаповедника «Оренбургский» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1 (4). С. 1024-1026.

Каминский А. Сталинский план преобразования природы. Травопольная система земледелия. М.: Московский рабочий, 1951. 62 с.

Карамзин А.Н. Лесоразведение в с. Полибино Бугурусланского уезда Самарской губернии. СПб.: Т-во Р. Голике и А. Вильборг, 1913. 33 с.

Карелин Г.С. Путешествия Г.С. Карелина по Каспийскому морю. СПб.: Тип. Имп. Акад. наук, 1883. 497 с.

Карпов А.Б. Уральцы. Ч. 1. Яицкое войско (1550-1725). Уральск: войсковая типография, 1911. 904 с.

Кин Н.О. Флора Бузулукского бора (сосудистые растения) / Труды научного стационара-филиала Института степи УрО РАН «Бузулукский бор». Т. II. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 250 с.

Кириков С.В. В лесах и степях Южного Урала: путевые записки зоогеографа. Москва: Гос. изд-во геогр. лит., 1953. 167 с.

Кирюшин В.И. Проблема экологизации земледелия в России (Белгородская модель) // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 12. С. 3-9.

Кирюшин В.И. Состояние и проблемы развития адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2021. № 2. С. 3-7. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10201.

Клещенко Л.К. Мониторинг продолжительности солнечного сияния на территории России // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2018. № 182. С. 29-46.

Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Курбаковская А.В. Оценка геоэкологических функций зеленой инфраструктуры в городах Канады // География и природные ресурсы. 2016. № 2. С. 191-200.

Климентьев А.И. Почвенно-экологические основы степного землепользования (эрозионные процессы, мониторинг эродированных почв, ландшафтная адаптация систем земледелия Оренбургской области). Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 247 с.

Климентьев А.И., Чибилёв А.А., Блохин Е.В., Грошев И.В. Красная книга почв Оренбургской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 295 с.

Клюев Н.Н. Российские контрасты (межрегиональные различия по социально-экономическим параметрам) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2010. № 6. С. 25-39.

Коковин П.А. Демографический фактор на пути к устойчивому развитию территории // Аграрный вестник Урала. 2017. № 3 (157). С. 67-74.

Колтунова А.И., Кузьмин Н.И. Клен ясенелистный (Acer negundo L.) в Оренбуржье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 211-213.

Комлев А.М. Закономерности формирования и методы расчета речного стока. Пермь: Пермский ун-т, 2002. 163 с.

Компанеец М.К. Ученые агрономы России: из истории агрономической науки. М.: Колос, 1971. 184 с.

Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Хельсинки, 17 марта 1992 г. / ООН. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/watercourses_lakes (дата обращения: 09.09.2024).

Кондратьев К.Н. Оценка экологических ресурсов при размещении садоводства в Поволжье. М.: Центр научно-технической информации, пропаганды и рекламы, 1990. 22 с.

Кононенко О.В. Климатические изменения температурных факторов продуктивности, роста и развития зерновых культур на территории Российской Федерации // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2024. № 4 (78). С. 47-58. DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-47-58.

Кононов В.М., Кононова Н.Д. Земледелие и экологизация землепользования на Южном Урале – поиски компромисса // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2 (46). С. 17-21.

Контримавичюс В., Паулюкявичюс Г., Пакальнис Р. и др. Экологическая оптимизация агроландшафта. М.: Наука, 1987. 239 с.

Конуров И.Г. Травопольная система земледелия. (Комплекс Докучаева-Костычева-Вильямса). Барнаул: Краеведческое лекционное бюро Отдела культурно-просветительской работы Алтайского крайисполкома, 1950. 27 с.

Коронкевич Н.И. Влияние природных факторов на водопотребление // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1972. № 5. С. 54-63.

Кортунов С.В. Становление политики безопасности: Формирование политики национальной безопасности России в контексте глобализации. М.: Наука, 2003. 616 с.

Краснопёров А.Г., Буянкин Н.И. Фитосанитарные основы формирования сбалансированного агроландшафта со смешанными посевами для условий Калининградской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 3 (19). С. 118-125.

Кузин П.С. Циклические колебания стока рек Северного полушария. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 178 с.

Кузнецов О.В. Типология факторов социально-экономического развития регионов России // Вестник Московского университета. Серия. 5. География. 2014. № 2. С. 3-8.

Кузнецова Е.В., Перетолчина Т.Е., Рудиковский А.В., Щербаков Д.Ю. Видообразование in status nascendi у яблони сибирской Malus baccata (L.) Borkh // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. 2010. № 4. С. 76-79.

Кузьмин В. Крещение: у истоков российской государственности // Наука и жизнь. 2012. № 12. С. 3-10.

Кузьмина Е.Н., Грудинин Д.А. Анализ эпизоотической ситуации по саркоптоидозам Оренбургской области и степному стационару Института степи УрО РАН «Оренбургская Тарпания» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (86). С. 241-244. DOI 10.37670/2073-0853-2020-86-6-241-244.

Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Жиенгалиев А.Т., Кудеяров В.Н. Углеродный бюджет степных экосистем России // Доклады Академии наук. 2019. Т. 485. № 6. С. 732-735. DOI: 10.31857/S0869-56524856732-735.

Лангенфельд В.Т. Яблоня: Морфологическая эволюция, филогения, география, систематика. Рига: Зинатне, 1991. 234 с.

Ларин О.Н. Перспективы интеграции транспортных систем Евразийского экономического союза // Проблемы национальной стратегии. 2017. № 4. С. 152-170.

Лебедева Т.В., Чибилёв А.А. (мл.), Мелешкин Д.С., Григоревский Д.В. Дифференциация регионов степной зоны России по индикаторам устойчивого развития // Географический вестник. 2022. № 3 (62). С. 74-91. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-3-74-91.

Левыкин С.В., Казачков Г.В. Развитие теоретических основ оценки аграрного потенциала сельхозугодий для модернизации степного землепользования // Оптимизация структуры земельного фонда и развитие сети ООПТ в степной зоне России / Под науч. ред. А.А. Чибилёва. Оренбург: ИС УрО РАН, 2016. С. 9-37.

Левыкин С.В., Казачков Г.В. Новая парадигма ковыльных степей постцелинного пространства: суть, управление, сосуществование // Охрана природы и региональное развитие: гармония и конфликты (к Году экологии в России): материалы междунар. науч.-практ. конф. и школы-семинара молодых ученых-степеведов «Геоэкологические проблемы степных регионов». Т. 1. Оренбург: Институт степи УрО РАН, 2017. С. 23-26.

Левыкин С.В., Казачков Г.В., Нурушев М.Ж. Ландшафтная матрица ковыльных степей постцелинного пространства // Степи Северной Евразии: материалы VIII междунар. симпозиума / под науч. ред. А.А. Чибилёва. Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. С. 561-564.

Левыкин С.В., Казачков Г.В., Чибилёва В.П. Современная парадигма целины: распашка новых степей или агровозрождение Нечерноземья? Оценка с позиций конструктивной модели степи // Проблемы региональной экологии. 2015. № 2. С. 170-177.

Левыкин С.В., Казачков Г.В., Яковлев И.Г. К развитию целинного пространства: факторы, закономерности, контрасты, осцилляция // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3. С. 61-67. DOI: 10.54398/20776322_2023_3_61.

Левыкин С.В., Казачков Г.В., Яковлев И.Г., Грудинин Д.А. Сайгак – Saiga tatarica L. в Оренбургском крае // Содержание и разведение сайгака (Saiga tatarica L.) в искусственных условиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ростов н/Д: Изд-во D&V, 2013. С. 33-42.

Левыкин С.В., Казачков Г.В., Яковлев И.Г., Грудинин Д.А. Сайгак в Оренбуржье: история, легенды, перспективы возвращения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. № 4. С. 174-178.

Левыкин С.В., Казачков Г.В., Яковлев И.Г., Грудинин Д.А. К перезагрузке степного землепользования: от кредитно-пахотного консерватизма и невостребованности земель к сотворчеству природы и человека ответственного // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности: сб. стат. Краснодар: КубГАУ, 2018. С. 360-363.

Левыкин С.В., Нурушев М.Ж., Казачков Г.В., Яковлев И.Г., Грудинин Д.А. Специфика, проблемы и перспективы самовосстановления ландшафтно-биологического разнообразия степей на постцелинном пространстве Заволжско-Уральского экорегиона // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 11 (211). С. 98-101.

Леса Оренбуржья. Оренбург: Оренбургское кн. изд-во, 2000. 244 с.

Лихонос Ф.Д., Туз А.С., Лобачев А.Я. Культурная флора СССР. Т. XIV. Семечковые. М.: Колос, 1983. 320 с.

Лужков Ю.М. Вода и мир. М.: Московские учебники и картолитография, 2008. 154 с.

Лунц Л.Б. Городское зеленое строительство: учебное пособие. М.: Стройиздат, 1974. 275 с.

Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: учебник. М.: КДУ, 2008. 423 с.

Лысов А.К., Корнилов Т.В. Цифровые технологии дистанционного мониторинга для дискретного внесения средств защиты растений // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 1 (98). С. 17-26.

Магрицкий Д.В., Евстигнеев В.М., Юмина Н.М., Торопов П.А., Кенжебаева А.Ж., Ермакова А.Ж. Изменения стока в бассейне р. Урал // Вестник Московского университета. Серия. 5. География. 2018. № 1. С. 90-101.

Магрицкий Д.В., Ефимова Л.Е., Гончаров А.В., Кенжебаева А.Ж. Особенности современного водопользования в нижнем течении р. Урал, его проблемы и гидроэкологические последствия // Вопросы степеведения. 2022. № 1. С. 28-49.

Магрицкий Д.В., Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Кисебаев В.К. Научно-прикладное изучение стока рек в бассейне Урала в XX – начале XXI века. Часть 1. Стоки и водный режим. Многолетние изменения // Вопросы степеведения. 2023. № 1. С. 21-44.

Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. 600 с.

Макаренко С.А. Условия зимних периодов и факторы, лимитирующие продуктивность яблони на юге Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 6. С. 29-33.

Макаренко С.А. Сила роста гибридов яблони и перспективные элитные формы для низкогорья Алтая // Плодоводство и ягодоводство России. 2017а. Т. 51. С. 168-174.

Макаренко С.А. Сорта яблони Горноалтайской селекции в сортименте Сибири // Садоводство и виноградарство. 2017б. № 6. С. 13-18.

Макаренко С.А. Устойчивость к парше гибридных популяций Malus baccata // Плодоводство и ягодоводство России. 2017в. Т. 48. № 2. С. 177-182.

Макаренко С.А. Основы селекции яблони на юге Западной Сибири // Инновационные направления развития сибирского садоводства: наследие академиков М.А. Лисавенко, И.П. Калининой; сб. ст. Барнаул: Концепт, 2018. С. 167-173.

Макаренко С.А., Калинина И.П. Генетический потенциал в селекции яблони на юге Западной Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016. Т. 177. № 1. С. 91-109.

Макаренко С.А., Котов Л.А. Декоративная яблоня на Урале и в Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179. № 4. С. 17-27.

Макаров А.Б., Хасанова Г.Г., Талалай А.Г. Техногенные месторождения: особенности исследований // Известия Уральского государственного горного университета. 2019. № 3 (55). С. 58-62.

Максютов Н.А., Зоров А.А., Скороходов В.Ю., Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Зенкова Н.А., Воропаев С.Б. Особенности погодных условий и урожайности полевых культур в степной зоне Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 24-29. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-24-29.

Малыченко В.В. Рекомендации по созданию маточных подвойно-семенных садов в Поволжье: методические рекомендации. М.: ЦНТИ пропаг. и рекл., 1987. 26 с.

Малышев Л.И. Зависимость флористического богатства от внешних условий и исторических факторов // Ботанический журнал. 1969. № 8. С. 1137-1147.

Малышев Л.И. Количественная характеристика флоры Путорана // Флора Путорана / ред. Л.И. Малышев. Новосибирск, 1976. С. 163-186.

Маркин В.Н. Определение экологически допустимого воздействия на малые реки // Мелиорация и водное хозяйство. 2005. № 4. С. 8-11.

Марцинкевич Г.И., Счастная И.И. Закономерности и тенденции формирования полифункциональной структуры городских ландшафтов Белоруссии // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 1. С. 99-108.

Махныкина А.В., Прокушкин А.С., Меняйло О.В., Верховец С.В., Тычков И.И., Урбан А.В., Рубцов А.В., Кошурникова Н.Н., Ваганов Е.А. Влияние климатических факторов на эмиссию CO_2 из почв в среднетаежных лесах центральной Сибири: эмиссия как функция температуры и влажности почвы // Экология. 2020. № 1. С. 51-61.

Машкин В.И. Европейский байбак: экология, сохранение и использование. Киров: Кировская областная типография, 1997. 160 с.

Машкин В.И., Челинцев Н.Г. Инструкция по организации и проведению учета сурков в СССР. М., 1989. 26 с.

Медведева С.А. Экологический риск. Общие понятия, методы оценки // XXI век. Техносферная безопасность. 2016. № 1 (1). С. 67-81.

Медноколчеданные месторождения Урала: геологические условия размещения / В.А. Прокин, В.М. Нечеухин, П.Ф. Сопко и др. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. 288 с.

Межбассейновая переброска стока рек: реализованные и нереализованные проекты. Ташкент: Научно-информационный центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии, 2020. 96 с.

Мережко О.Е. Биологические особенности и хозяйственно-ценные признаки сортов яблони (Malus domestica Borkh.) в условиях степной зоны Оренбургской области: дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2008. 149 с.

Мехдиев Э.Т. Евроазиатские транспортные коридоры и ЕАЭС // Международная аналитика. 2018. № 2(24). С. 47-56. DOI: 10.46272/2587-8476-2018-0-2-47-56.

Мильков Ф.Н. Чкаловские степи. Чкалов: Чкаловское кн. изд-во, 1947. 92 с.

Мильков Ф.Н. От горы Вишневой до Каспийского моря (географический очерк). Чкалов: Чкаловское изд-во, 1950. 64 с.

Мильков Ф.Н. Леса Чкаловской области // Очерки физической географии Чкаловской области. Чкалов: Чкаловское кн. изд-во, 1951. С. 102-139.

Мильков Ф.Н. Человек и ландшафты: Очерки антропогенного ландшафтоведения. М.: Мысль, 1973. 224 с.

Мильков Ф.Н. Природные зоны СССР. М.: Мысль, 1977. 293 с.

Мильков Ф.Н. Экография как новый раздел современного ландшафтоведения // Теоретические и практические вопросы ландшафтной экологии и заповедного дела: Сб. науч. трудов. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. С. 3-7.

Миноранский В.А., Толчеева С.В. Вольерное содержание сайгака (Saiga tatarica L.). Ростов н/Д: Изд-во Ковчег, 2010. 288 с.

Мичурин И.В. Сочинения. Т. 2. Помологические описания. М., 1948. 620 с.

Мишанина Е.В. Оренбургское поместное дворянство: история, быт, культура. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2017. 336 с.

Мищенко А.В., Мищенко В.А., Караулов А.К. Проблема массовой гибели сайгаков // Ветеринария сегодня. 2016. № 4. С. 40-45.

Многолетние колебания и изменчивость водных ресурсов и основных характеристик стока рек Российской Федерации: научно-прикладной справочник. СПб.: ООО «РИАЛ», 2021. 190 с.

Морозова Г.Ю., Дебелая И.Д. Анализ проблем озеленения современного города (на примере Хабаровска) // Вестник ДВО РАН. 2018. № 4. С. 38-48.

Морозова О.В. Натурализовавшиеся чужеродные виды во флорах средней полосы европейской России: гомогенизация или дифференциация? // Российский журнал биологических инвазий. 2018. № 3. С. 52-62.

Мусихин Г.Д. Почвообразующие породы Оренбургской области // Проблемы степного природопользования. Оренбург: ДиМур, 1996. С. 70-78.

Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.

Мячина К.В. Анализ космических изображений с расчетом NDVI для изучения динамики ландшафтного покрова территории нефтяного месторождения в Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (42). С. 206-209.

Мячина К.В. Исследование динамики ландшафтной структуры нефтедобывающих территорий степной зоны Предуралья с применением ГИС-технологий на основе спутниковых данных // Геоинформатика. 2016. № 2. С. 2-13.

Мячина К.В., Малахов Д.В. Опыт применения данных дистанционного зондирования среднего пространственного разрешения для выделения объектов нефтепромыслов в условиях техногенно-модифицированного ландшафта (на примере Оренбургской области) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3 (7). С. 2341-2345.

Мячина К.В., Чибилёв А.А. Геоэкологическое районирование нефтегазоносной территории Оренбургской области // Поволжский экологический журнал. 2005. № 2. С. 147-157.

Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1-6. Вып. 12. Татарская АССР, Ульяновская, Куйбышевская, Пензенская, Оренбургская, Саратовская области. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 648 с.

Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России // Биология. 2004. № 27-32, 34, 35.

Небытов В.Г. Пространственное варьирование агрохимических свойств и урожая зерновых культур в условиях неоднородности почвенного покрова стационарных полевых опытов // Аграрная Россия. 2016. № 10. С. 13-19.

Немцев С.Н., Шарипова Р.Б. Оценка агрометеорологических показателей атмосферных засух и урожайности зерновых культур в изменяющихся условиях регионального климата // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Т. 5. № 1. С. 10-17.

Нестеренко В.С. Закономерности техногенеза на месторождениях медных руд Урала // Горный журнал. 2012. № 7. С. 110-114.

Неуструев С.С. Естественные районы Оренбургской губернии. Оренбург: Народное дело, 1918. 186 с.

Нигматянова С.Э. Биоморфологические особенности перспективных видов и сортов яблони для зеленого строительства на примере степной и лесостепной зоны Южного Урала: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Оренбург, 2012. 23 с.

Николаев В.А. Ландшафты азиатских степей. М.: Изд-во МГУ, 1999. 288 с.

Никольский А.А., Савченко Г.А. Структура семейных групп и использование территории степным сурком // Сурки Голарктики как фактор биоразнообразия. М.: Изд-во ABF, 2002. С. 308-315.

О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731. URL: https://docs.cntd.ru/document/603604725 (дата обращения: 09.10.2023).

О развитии природоподобных технологий в Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 02.11.2023 г. № 818. URL: http://publication.pravo.gov.ru/document/000120231102002 (дата обращения: 10.01.2024).

О реестре (перечне) административно-территориальных единиц (населенных пунктов) Оренбургской области: Постановление Правительства Оренбургской области от 10.01.2008 г. № 4-п (ред. от 24.01.2023 г.). URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/5600202301270004 (дата обращения: 20.01.2024).

О травопольной системе земледелия: В.В. Докучаев, П.А. Костычев, К.А. Тимирязев, В.Р. Вильямс, В.С. Дмитриев. Избранные произведения / Сост. В.С. Дмитриев. М.: Учпедгиз, 1949. 375 с.

Оренбургская область в цифрах. Статистический сборник. Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1974. 184 с.

Оренбургская область. Статистико-экономический справочник 1935 года. Оренбург: Оренбургская областная плановая комиссия, 1935. 52 с.

Оренбургская область: административно-территориальное деление по состоянию на 01 сентября 1960 г. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1960. 334 с.

Оренбургская область: административно-территориальное деление по состоянию на 01 сентября 1974 г. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1974. 157 с.

Оренбургская область: административно-территориальное деление по состоянию на 01 января 1981 г. Оренбург, 1981. 156 с.

Отчет Оренбургского казачьего войска за 1857 год / Государственный архив Оренбургской области. Ф. 6, оп. 8, ед. хр. 92.

Охрана окружающей среды в Республике Казахстан 2015-2019: Статистический сборник / Гл. ред. Н.С. Айдапкелов. Нур-Султан, 2020. 253 с.

Охрана окружающей среды в Республике Казахстан 2017-2021: Статистический сборник. Астана, 2022. 138 с.

Охрана окружающей среды и устойчивое развитие Казахстана 2011-2015: Статистический сборник. Астана, 2016. 125 с.

Павлейчик В.М., Чибилёв А.А. Степные пожары в условиях заповедного режима и изменяющегося антропогенного воздействия // География и природные ресурсы. 2018. № 3. С. 38-48.

Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Пирологическая обстановка в степях Северной Евразии // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2022. Т. 505. № 2. С. 213-220. DOI: 10.31857/S268673972208014X.

Павлейчик В.М., Языкбаев Э.Р., Сивохип Ж.Т., Падалко Ю.А. Особенности формирования и реализации пожароопасных обстановок в Урало-Каспийском регионе в аномально жаркие и засушливые годы // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 43. С. 62-78. DOI: 10.26516/2073-3402.2023.43.62.

Павлова В.Н., Варчева С.Е. Оценка климатических рисков при производстве зерновых культур в Приволжском федеральном округе // Агрофизика. 2017. № 2. С. 1-8.

Паллас П.С. Путешествие по разным провинциям Российской Империи. СПб., 1773. 657 с.

Панков С.В. Принципиальные подходы к изучению сельских населенных пунктов // Вестник Тамбовского университета: естественные и технические науки. 2009. Т. 14. № 1. С. 177-179.

Паспорт федерального проекта «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма». Приложение к протоколу заседания проектного комитета по национальному проекту «Экология» от 21.12.2018 г. № 3. URL: http://www.kerzhenskiy.ru/upload/biblioteka/Био_Паспорт.pdf?ysclid=mfz0gicyn57821608 (дата обращения: 11.06.2022).

Пашинцева Н.И. Экологические факторы в российской экономике и качество жизни населения // Вопросы статистики. 2017. № 6. С. 19-30.

Переведенцев Ю.П., Аухадеев Т.Р., Шанталинский К.М. Пространственно-временная изменчивость атмосферного давления и температуры воздуха в северном полушарии // Глобальные и региональные изменения климата. 2016. № 3. С. 3-9.

Переведенцев Ю.П., Васильев А.А. Изменение климата и его влияние на сельское хозяйство // Метеорология и гидрология. 2023. № 9. С. 5-13. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-9-5-13.

Петренко А.З. Древесно-кустарниковая растительность Аккумов // Материалы по флоре и растительности Сев. Прикаспия. Вып. 3. Ч. 1. Л., 1968. С. 47-58.

Петрищев Б.И. Пустыне нужны сайгаки. М.: Мысль, 1987. 125 с.

Петрищев В.П. Географические и земельные информационные системы. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009. 114 с.

Пилатов П.Н. Степи СССР как условие материальной жизни общества: к проблеме – природа и человек. Ярославль: Верх.-Волж. кн. изд-во, 1966. 287 с.

План-прогноз социально-экономического развития Александрово-Гайского муниципального района на 2022 г. и на период до 2024 г.: Постановление Администрации Александрово-Гайского муниципального района Саратовской области № 448 от 27.10.2021 г. URL: http://algay.sarmo.ru/byudzhet-ekonomika-finansy/byudzhet-dokumenty.php (дата обращения: 23.11.2022).

Поварницына А.В., Савин М.И. Влияние изменения климата на мировое сельское хозяйство // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 84-1. С. 152-167. DOI: 10.18411/tmio-04-2022-39

Подойницына Д.С. Критический анализ концепции «Зеленая инфраструктура» // Architecture and Modern Information Technologies. 2016. № 1 (34). С. 1-8.

Поляков В.А., Узаков У.Я., Веселкин Г.А. Ветеринарная энтомология и арахнология. М.: Агропромиздат, 1990. 239 с.

Понамарев Н.М., Некрасов В.Д., Тихая Н.В. Экология желудочных оводов у лошадей на юге Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (137). С. 118-121.

Пономарева Г.А. Платиноиды золотосульфидных месторождений черносланцевых формаций Восточной части Оренбуржья // Горный журнал. 2024. № 4. С. 14-19.

Пономаренко В.В. Видовой состав дикорастущих яблонь СССР и центры их генетического разнообразия // Ботанический журнал. 1977. Т. 62. № 6. С. 820-831.

Пономаренко В.В. К истории происхождения рода Malus Mill. // Сб. тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 131. Л., 1990. С. 3-8.

Пономаренко В.В. Дикорастущие виды рода Malus Mill. Европы, Кавказа, Сибири и Средней Азии: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 1992. 38 с.

Пономаренко В.В., Пономаренко К.В. История происхождения клоновых подвоев яблони // Сады будущего: Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию В.И. Будаговского. Мичуринск, 2011. С. 200-303.

Попова О.П. История развития садоводства в Оренбургском крае // Проблемы степного природопользования и сохранения природного разнообразия: сб. материалов науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР А.С. Хоментовского. Оренбург: Печ. Дом «Димур», 1998. С. 35-41.

Постановление СНК СССР, ЦК ВКП(б) от 26.10.1938 г. № 1169 «О мерах обеспечения устойчивого урожая в засушливых районах юго-востока СССР» // СПиР СССР. 1938. № 48, ст. 278.

Постановление Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20.10.1948 г. № 3960 «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР». URL: https://istmat.org/node/17970 (дата обращения: 02.11.2022).

Постолов В.Д., Зотова К.Ю., Тарбаев В.А. Структурная оптимизация агроландшафтов в адаптивном землепользовании // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (50). С. 302-307.

Потапов В.А. Бонитировка садов на основе таксации: методич. рекоменд. Мичуринск, 1999. 11 с.

Приказ Департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области от 02 июля 2015 г. № 241 «К развитию и размещению планируемых к организации особо охраняемых природных территорий областного значения Воронежской области». URL: https://pravo.govvrn.ru/content/приказ-департамента-природных-ресурсов-и-экологии-воронежской-области-от-02072015-№-241 (дата обращения: 05.08.2021).

Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Мичуринск, 1973. 495 с.

Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: Изд. ВНИИСПК, 1999. 606 с.

Программно-методические записки по биокомплексному и геоботаническому изучению степей и пустынь Центрального Казахстана. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 96 с.

Пряхина С.И., Гужова Е.И., Смирнова М.М. Климатические риски в сельскохозяйственном производстве и некоторые пути их преодоления // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия науки о Земле. 2011. Т. 11. № 2. С. 35-41.

Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Алещенко Г.М. Разнообразие ландшафта и методы его измерения // География и мониторинг биоразнообразия. 2008. С. 98.

Развитие сельского хозяйства в основных районах освоения целинных и залежных земель. М.: Республиканский информационно-издательский центр, 1994. 32 с.

Расписание погоды. URL: https://rp5.ru/ (дата обращения: 05.03.2025).

Распопов П.Н. Справочная книжка по Оренбургской губернии на 1884 г. Оренбург, 1983. 147 с.

Растительность степей Северного Казахстана / Труды ботанического института имени В.Л. Комарова. Серия 3. Геоботаника. Вып. 13. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. 526 с.

Раченко М.А. Особенности плодоношения яблони в стланцевой культуре в условиях Южного Предбайкалья // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 3. С. 52-55.

Раченко М.А., Раченко А.М. Генетическая коллекция яблони СИФИБР СО РАН: состояние и перспективы использования // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 73. С. 174-179.

Реестр зарегистрированных в АГКГН географических названий населенных пунктов на 15.12.2022. Оренбургская область. URL: https://cgkipd.ru/upload/iblock/ae3/ivc0ko95chusq8vuxlvo9g6z9whdo36e.pdf (дата обращения: 17.10.2024).

Республика Казахстан: 50-лет начала освоения целинных и залежных земель. Стат. сб. / Под ред. Б. Тортаева. Алматы: Агентство Республики Казахстан по статистике, 2003. 127 с.

Речные бассейны Европейской России: геопортал / Казанский федеральный ун-т: офиц. сайт. 2021. URL: https://kpfu.ru/ecology/nauchno-issledovatelskaya-rabota/rechnye-bassejny-evropejskoj-rossii (дата обращения: 14.03.2021).

Рогачева О.А. Сопоставление социального и экономического развития регионов СФО с помощью обобщающего рейтинга // Современные тенденции в социально-экономических и гуманитарных науках: теория и практика: сб. науч. тр. 2017. С. 193-197.

Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1968. 143 с.

Родионов В.З. Влияние хозяйственной деятельности на сток р. Урала // Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы и водный режим / Под ред. И.А. Шикломанова; Труды ГГИ. Вып. 239. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. С. 109-122.

Рожкова А.Ю. Устойчивое развитие региона как предмет исследования // Вестник Таганрогского института управления и экономики. 2011. № 1. С. 11-15.

Розенберг А.Г., Рянский Ф.Н., Розенберг Г.С. Экотопия: к чему стремиться? (сценарии устойчивого развития – сравнительные социологические опросы студентов, школьников и научных сотрудников-экологов) // Вестник Нижневартовского государственного гуманитарного университета. 2009. № 1. С. 68-86.

Романовский Н.Н. Формирование полигонально-жильных структур. Новосибирск: Наука, 1977. 215 с.

Ронкин В.И. Особенности питания степного сурка (Marmota bobak Müll.) на северо-востоке Украины: автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.00.08. М., 2003. 24 с.

Россия 1917 года в эго-документах. М.: РОССПЭН, Политическая энциклопедия, 2017. 677 с.

Руди В.Н. Антропогенная трансформация ландшафтов и ее влияние на динамику степного сурка на Южном Урале // Сурки Палеарктики: биология и управление популяциями: Тез. докл. III междунар. (VII) совещания по суркам стран СНГ. М.: Диалог-МГУ, 1999. С. 84-85.

Руднева О.С., Соколов А.А. Динамика численности населения регионов степной зоны России: предпосылки и прогноз // Вопросы региональной экономики. 2018. № 4 (37). С. 96-101.

Руковский Н.Н. Убежища четвероногих. М.: ВО «Агропромиздат», 1991. 143 с.

Румянцев И.Н., Смирнова А.А. Дистанционный анализ сельских населенных пунктов без населения Тверской области // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2018. № 4. С. 73-81.

Русанов А.М. Концепция пахотопригодности земель: содержание и значение // Экономико-правовые и экологические проблемы землепользования в условиях рыночной экономики России и стран СНГ: материалы междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. Оренбург: ОГАУ, 2003. С. 114-118.

Русановский В.А. Демографический фактор долгосрочного экономического роста: возможности, ограничения, асимметрия // Вестник СГСЭУ. 2015. № 5. С. 41-47.

Рыбаковский О.Л. Депопуляция в регионах России: итоги за 1992-2022 гг. и компоненты // Народонаселение. 2023. Т. 26. № 2. С. 4-17.

Рыбкина И.Д. Оценка и прогноз водообеспеченности Омской области // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2016. № 1. С. 115-122.

Рыбкина И.Д., Курепина Н.Ю. Прогноз целевого использования водных ресурсов в регионах Верхней Оби на средне- и долгосрочную перспективу // Известия АО РГО. 2019. № 1 (52). С. 5-16.

Рычков А.В. Освоение целины и поиск новых внедренческих форм // Омский научный вестник. 2013. № 5 (122). С. 26-29.

Рычков П.И. Топография Оренбургская, то есть обстоятельное описание Оренбургской губернии. СПб., 1762. Ч. 1. 331 с; Ч. 2. 262 с.

Рычков П.И. Топография Оренбургской губернии. 1762 год. Оренбург, 1887. 405 с.

Рябинина З.Н. Конспект флоры Оренбургской области. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 164 с.

Рябинина З.Н., Князев М.С. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2009. 758 с.

Рябинина З.Н., Вельмовский П.В. Древесно-кустарниковая флора Оренбургской области: иллюстрированный справочник. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. 128 с.

Рябуха А.Г. Наследие плейстоценовой криолитозоны в ландшафтах Заволжско-Уральского региона // Успехи современного естествознания. 2019. № 10. С. 164-170. URL: http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37231 (дата обращения: 17.10.2024).

Рябуха А.Г., Стрелецкая И.Д., Поляков Д.Г. Морфология, генезис и современная динамика полигональных меловых ландшафтов в долине реки Итчашкан // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 3. С. 57-68. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/3/57-68.

Савин Е.З. Садоводство на Южном Урале. Оренбург: Оренбургское кн. изд-во, 2004. 488 с.

Савин Е.З. Плодово-ягодные культуры в Оренбургской области: распространение, изучение, проблемы сохранения биоразнообразия // Степи Северной Евразии: Материалы V междунар. симпозиума. Оренбург, 2009. Т. I. С. 600-602.

Савин Е.З., Авимова Л.Д. Состояние плодово-ягодных насаждений после зимы 1993-1994 года в условиях Оренбургской области и перспективы развития садоводства // Проблемы степного природопользования. Оренбург, 1996. С. 113-118.

Савин Е.З., Березина Т.В. Методические рекомендации изучения плодово-ягодных культур // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5. С. 1796-1801.

Савин Е.З., Березина Т.В., Азаров О.И., Деменина Л.Г. Результаты селекции клоновых подвоев яблони в условиях Среднего Поволжья // Инновационные тенденции и сорта для устойчивого развития современного садоводства: сб. тр. науч.-практ. конф. Самара, 2015. С. 196-230.

Савченко Е.С. Губернатор Белгородской области Евгений Савченко: «Дело столыпинского масштаба». URL: https://abireg.ru/newsitem/29498 (дата обращения: 23.05.2023).

Самигуллина Н.С. Практикум по селекции и сортоведению плодовых и ягодных культур: учеб. издание. Мичуринск, 2006. 197 с.

Сафронова И.Н., Калмыкова О.Г. Вопросы зональности и роль заповедников в их решении // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1 (6). С. 1638-1641.

Сельскохозяйственные районы и земельные нормы Оренбургской губернии / Под ред. Л.Л. Ловырева. Оренбург: Оренбургское губернское земельное управление, Оренполиграфпром, 1927. 267 с.

Семакин В.П., Седов Е.Н., Краснова Н.Г., Малыченко В.В., Наумова Л.С., Кандаурова Е.Ф., Скривеле М.П. Определитель сортов яблони европейской части СССР: справочник. М.: Агропромиздат, 1991. 320 с.

Семенова-Тян-Шанская А.М. Накопление и роль подстилки в травяных сообществах. Л.: Наука, 1977. 191 с.

Сергалиев Н.Х., Ахмеденов К.М. Русловые процессы на реке Урал // Новости науки Казахстана. 2013. № 3 (117). С. 201-205.

Середнева Т.А. Пространственные и временные колебания плотности населения монгольского и степного сурка // Биология, экология, охрана и рациональное использование сурков: Материалы Всесоюз. совещ. М., 1991. С. 125-131.

Сивкова Е.И., Федорова О.А. Вклад исследователей в изучение желудочных оводов (сем. Gasterophilidae.) Азиатской части России // Эпоха науки. 2018. № 15. С. 161-165.

Сивохип Ж.Т., Падалко Ю.А. Географо-гидрологические факторы опасных гидрологических явлений в бассейне реки Урал // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014. № 6. С. 53-61.

Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М. Современные тенденции внутригодового распределения речного стока в бассейне р. Урал // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2020. Т. 33. С. 112-123.

Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М. Современное состояние и использование водных ресурсов трансграничных рек степной зоны // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 2. С. 95-110.

Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М. Современные изменения максимального стока рек бассейна реки Урал // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2024. № 2. С. 88-96.

Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А. Изменение минимального стока в бассейне реки Урал // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2021. № 6. С. 900-913.

Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А. Проблемы гарантированного обеспечения водными ресурсами в бассейне реки Урал // Вопросы географии. Сб. 157. Водные проблемы и их решение. 2023. С. 250-273.

Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А. Изменения водного режима рек бассейна реки Урал // Доклады Академии наук. Науки о Земле. 2019. Т. 488. № 5. С. 545-549.

Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Проблемы устойчивого водопользования в трансграничном бассейне р. Урал // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. № 4. С. 504-516.

Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Современные изменения водного режима рек бассейна р. Урал // Вопросы географии. 2018. № 145. Гидрологические изменения. С. 298-313.

Скорупскас Р. Основные методологические аспекты оптимизации ландшафта // Степи Северной Евразии: материалы VIII междунар. симпозиума. Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. С. 112-115.

Слепнева Т.Н. Научное обеспечение садоводства на Урале // Нива Урала. 2018а. № 2. С. 24.

Слепнева Т.Н. Современное состояние научного обеспечения садоводства на Урале в аспекте импортозамещения // Инновации, технологии, импортозамещение в агропромышленном комплексе УФО: сб. материалов конф. Тюмень: Гос. аграрный ун-т Северного Зауралья, 2018б. С. 63-69.

Слепнева Т.Н., Чеботок Е.М., Макаренко С.А. Основные результаты научной деятельности Свердловской селекционной станции садоводства за 2017 год // Современное садоводство. 2018. № 3 (27). С. 103-113.

Смелянский И., Кирилюк В., Титова С. Сайгак вернулся в российское Заволжье // Saiga News. Бюллетень Альянса по сохранению сайгака. 2022/23. Вып. 28. С. 23-25.

Соболин Г.В., Сатункин И.В., Гулянов Ю.А., Коровин Ю.И. Эколого-экономические проблемы орошаемого земледелия // Экономика сельского хозяйства России. 2003. № 4. С. 37.

Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан о совместном использовании и охране трансграничных водных объектов: от 7 сентября 2010 г. URL: https://faolex.fao.org/docs/pdf/bi-110899.pdf (дата обращения: 04.04.2022).

Соколов А.А. Сравнительно-экономический анализ стран Таможенного союза ЕврАзЭС // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (45). С. 227-230.

Соколов А.А. Пространственные изменения численности населения в степной зоне России // Народонаселение. 2016. № 3 (73). С. 57-63.

Соколов В.Е., Гиляров М.С., Правдин Ф.Н. Жизнь животных. Т. 3. Членистоногие: трилобиты, хелицеровые, трахейнодышащие. Онихофоры. М.: Просвещение, 1984. 463 с.

Соколов Д.Н. Опыт виноградарства в Оренбургском уезде // Известия Оренбургского отдела Императорского Русского географического общества. Вып. XXI. Оренбург, 1909. С. 103-104.

Соколов Д.Н. Оренбургская губерния: географический очерк. М.: Мысль, 1916. 100 с.

Соловьёв В.С. Враг с Востока. 1892 // Собрание сочинений Владимира Сергеевича Соловьёва, Т. 5. СПб.: Просвещение, 1914. С. 452-465.

Сорока О.В. Влияние факторов окружающей среды на динамику сезонной активности степного сурка (Marmota bobak Müll., 1776) // Биология сурков Палеарктики: сб. науч. тр. М.: МАКС Пресс, 2000. С. 145-158.

Сорока О.В. Основные черты пространственной структуры популяций степного сурка в государственном природном заповеднике «Оренбургский» // Бюллетень Московского о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2001. Т. 106. Вып. 1. С. 50-55.

Сошникова Л.А., Тамашевич В.Н., Уебе Г., Шефер М. Многомерный статистический анализ в экономике. Минск: ЮНИТИ, 1999. 598 с.

Стариков Ф. Историко-статистический очерк Оренбургского казачьего войска с приложением статьи о домашнем быте оренбургских казаков, рисунков со знамен и карты. Оренбург: типолитография Б. Бреслина, 1891. 351 с.

Статистические сведения о землепользовании в Оренбургской губернии. 1895 / Государственный архив Оренбургской области. Ф. 164, оп. 1, ед. хр. 125б.

Степной заповедник «Оренбургский»: Физико-географическая и экологическая характеристика. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 167 с.

Стратегия и программа действий по сохранению биоразнообразия Волгоградской области (утв. постановлением Волгоградской областной Думы от 28.06.2001 г. № 12/219). URL: https://docs.cntd.ru/document/441520349 (дата обращения: 10.09.2024).

Стратегия сохранения биологического разнообразия Нижегородской области (утв. постановлением Губернатора Нижегородской области от 20.12.2000 г. № 320). URL: https://docs.cntd.ru/document/944911423 (дата обращения: 10.09.2024).

Стратегия сохранения степей России: позиция неправительственных организаций. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2006. 36 с.

Такунов И.П., Слесарева Т.Н., Баринов В.Н., Дёмина Н.А. Смешанные посевы с люпином в земледелии Нечерноземной зоны. М.: ООО «Столичная типография», 2008. 160 с.

Тарасов Ф.В. Городские ландшафты // Вопросы географии. 1977. Сб. 106. С. 58-64.

Тархов С.А. Изменение авиатранспортной связности городов России в 1990-2015 гг. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2018. № 2. С. 5-26. DOI: 10.7868/S2587556618020024.

Технико-экономическое обоснование создания государственного природного резервата «Бокейорда» и Ащиозекского государственного природного заказника (зоологического). Астана: Филиал ТОО «ЭКОСЕРВИС-С», 2013. 158 с.

Тикунов В.С., Черешня О.Ю. Индекс загрязнения и индекс напряженности экологической ситуации в регионах Российской Федерации // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 34-38.

Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Снытко В.А, Дубынина С.С., Копотева Т.А., Магомедова Л.Н., Миронычева-Токарева Н.П., Нефедьева Л.Г., Семенюк Н.В., Тишков А.А., Ти Тран, Хакимзянова Ф.И., Шатохина Н.Г., Шмакова Е.И. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Новосибирск: Наука, 1988. 134 с.

Титлянова А.А., Самбуу А.Д. Сукцессии в травяных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. 191 с.

Титлянова А.А., Шибарева С.В. Продуктивность травяных экосистем: справочник. М.: ООО «Издательство МБА», 2020. 100 с.

Тишков А.А. Проблемы формирования адвентивной флоры староосвоенных регионов России // Адвентивная флора Воронежской области: Исторический, биогеографический, экономический аспекты: Монография / А.Я. Григорьевская, Е.А. Стародубцева, Н.Ю. Хлызова, В.А. Агафонов. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. С. 5-12.

Тишков А.А. Биогеография антропоцена Северной Евразии: к методологии оценки актуального биоразнообразия // Сборник трудов Зоологического музея МГУ. 2016. Т. 54. С. 405-440.

Тленбеков О.К. Распределение стока воды по водотокам и будущее дельты Урала // Труды ГОИН. 1967. Вып. 89. С. 125-139.

Токарский В.А., Ронкин В.И., Савченко Г.А. Европейский степной сурок: история и современность. Харьков, 2011. 256 с.

Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенезиса. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1986. 195 с.

Толстопятова О.С., Голованова Е.В., Толстопятов С.Н. Зависимость урожайности основных сельскохозяйственных культур Белгородской области от климатических показателей // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 11 (21). С. 141-147.

Томирдиаро С.В. Вечная мерзлота и освоение горных стран и низменностей: на примере Магаданской области и Якутской АССР. Магадан: Кн. изд-во, 1972. 174 с.

Томирдиаро С.В. Лёссово-ледовая формация Восточной Сибири в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1980. 184 с.

Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. СПб.: Росгидромет, 2022. 676 с.

Трофимова Л.С., Трофимов И.А., Яковлева Е.П. Оценка агроландшафтов, вызовы их мониторинга и управления в России // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. 2018. Т. 1. С. 114-118.

Трухачев В.И., Толоконников В.П., Лысенко И.О., Балега А.А. Оводовые болезни животных. Ставрополь: «АГРУС», 2011. 168 с.

Туктамышева Л.М., Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Мелешкин Д.С. Оценка репродуктивного поведения и рождаемости на примере степных регионов России // Народонаселение. 2023. Т. 26. № 1. С. 39-54.

Тупицын Д.И. Плодовые древесные растения умеренной климатической зоны Евразии и их использование (проблемы и поиски). Нальчик, 2003. 87 с.

Тюлюлюкин Е.Ф. Российские немцы в истории Оренбуржья (конец XIX-XX вв.). Оренбург: Пресса, 2006. 194 с.

Тюменев С.Д. Водные ресурсы и водообеспеченность территории Казахстана. Алматы: КазНТУ, 2008. 267 с.

Удачин В.Н., Аминов П.Г., Лонщакова Г.Ф., Дерягин В.В. Распределение физико-химических параметров в карьерных озерах Блявинского и Яман-Касинского колчеданных месторождений (Южный Урал) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 5. С. 65-71.

Фадеев В.А., Слудский А.А. Сайгак в Казахстане: (Экология, хозяйственное значение). Алма-Ата: Наука, 1982. 160 с.

Фаузер В.В., Лыткина Т.С., Смирнов А.В. Устойчивое развитие северных регионов: демографическое измерение // Экономика региона. 2018. Т. 14. № 4. С. 1370-1382.

Федеральный закон от 06.10.2003 г. № 131-ФЗ (ред. от 01.07.2021 г.) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.09.2021). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW44571/3ff3239716f9e6605133f/ (дата обращения: 17.10.2024).

Федоров Ю.А., Сухоруков В.В., Трубник Р.Г. Аналитический обзор: эмиссия и поглощение парниковых газов почвами. Экологические проблемы // Антропогенная трансформация природной среды. 2021. № 1. С. 6-34.

Фирсов Г.А., Ткаченко К.Г., Васильев Н.П., Волчанская А.В. Некоторые итоги и перспективы интродукции видов рода Malus Mill. в Ботаническом саду Петра Великого // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2015. Вып. 13. С. 17-33.

Флора Восточной Европы. Т. X / Отв. ред. Н.Н. Цвелев. СПб.: Мир и семья; Изд-во СПХФА, 2001. 670 с.

Флора средней полосы России: Атлас-определитель / Под ред. проф. В.С. Новикова. М.: ЗАО «Фитон+», 2010. 544 с.

Флора СССР (Росянковые, камнеломковые, розоцветные) / Гл. ред. акад. В.Л. Комаров. Т. IX. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. 540 с.

Фридман А.А. Модели экономического управления водными ресурсами. М.: Высшая школа экономики, 2012. 284 с.

Харченко Н.Н., Леженин А.Ю. Промежуточные итоги опыта по восстановлению популяции сурка-байбака (Marmota bobak Müller) в северной части среднерусской лесостепи // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 75 (01). С. 1-11.

Хомич В.А. Экология городской среды: Учеб. пособие для вузов. Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. 267 с.

Хорошев А.В. Полимасштабность структуры географического ландшафта // Вопросы географии. 2014. Т. 138. С. 101-122.

Цыценко К.В., Владимирова Т.И. Водные ресурсы бассейна р. Урал и их изменения // Гидрометеорология и экология. 2011. № 1. С. 75-82.

Чалов Р.С. О классификации речных русел // Геоморфология. 1996. № 1. С. 3-15.

Черемшанский В.М. Описание Оренбургской губернии в хозяйственно-статистическом отношении за 1859 г. Уфа, 1859. 472 с.

Чехович К. Оренбургский отдел Российского общества садоводов. О состоянии садоводства // Оренбургский листок. 1892. № 37.

Чибилёв А.А. Зеленая книга степного края. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1983. 156 с.

Чибилёв А.А. Лик степи (Эколого-географические очерки о степной зоне СССР). Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 192 с.

Чибилёв А.А. Северные и южные пределы распространения некоторых видов деревьев и кустарников в Оренбургской области и прилегающих территориях // Редкие виды растений и животных Оренбургской области. Оренбург, 1992а. С. 14-15.

Чибилёв А.А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Екатеринбург: Наука, 1992б. 172 с.

Чибилёв А.А. Ландшафтная экология и основное содержание экологической оптимизации ландшафтов // Теоретические и практические вопросы ландшафтной экологии и заповедного дела: Сб. науч. трудов. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. С. 8-18.

Чибилёв А.А. Зеленая книга Оренбургской области. Оренбург: Печ. Дом «ДиМур», 1996а. 257 с.

Чибилёв А.А. Природное наследие Оренбургской области. Оренбург: Оренбургское кн. изд-во, 1996б. 380 с.

Чибилёв А.А. Первомайский район Оренбургской области. Оренбург: ООО «Союз-реклама», 2008. 43 с.

Чибилёв А.А. Степные шедевры. Антология. Оренбург: ООО «Оренбургское книжное издательство», 2009. 320 с.

Чибилёв А.А. Степной мир Евразии от Венгрии до Монголии. Оренбург: Рус. геогр. общ-во, Институт степи УрО РАН, 2013. 118 с.

Чибилёв А.А., Гулянов Ю.А., Левыкин С.В., Силантьева М.М., Овчарова Н.В., Соколова Л.В., Яковлев И.Г., Казачков Г.В. Новационные природоподобные технологии степного землепользования и природные предпосылки к их разработке. Барнаул: Изд-во Алтайского гос. ун-та, 2023. 72 с.

Чибилёв А.А., Дебело П.В. Ландшафты Урало-Каспийского региона. Оренбург: Печатный дом «Димур», 2006. 264 с.

Чибилёв А.А., Левыкин С.В., Казачков Г.В. Степное землепользование и перспективы его модернизации в современных условиях // Вызовы XXI века: природа, общество, пространство. Ответ географов стран СНГ. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2012. С. 156-182.

Чибилёв А.А., Мячина К.В., Дубровская С.А. Техногенное воздействие на ландшафты степной зоны: типизация, последствия и ограничения // Проблемы региональной экологии. 2014. Т. 6. С. 20-26.

Чибилёв А.А. (мл.). Социально-экономические критерии оценки ландшафтного и биологического разнообразия степных экосистем // Проблемы изучения и охраны биоразнообразия и природных ландшафтов Европы: Сб. материалов междунар. симпозиума. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2001. С. 38-40.

Чибилёв А.А. (мл.). Административно-территориальная характеристика степной зоны РФ // Степи Северной Евразии: материалы VII междунар. симпозиума. Оренбург: ИС УрО РАН, 2015. С. 920-924.

Чибилёв А.А. (мл.). Особенности и динамика процессов развития урбанизированного каркаса регионов степной зоны европейской части России // Успехи современного естествознания. 2017. № 11. С. 146-152.

Чибилёв А.А. (мл.). Оценка современного состояния социально-экономического каркаса степных регионов европейской части России // Географические исследования Сибири и сопредельных территорий: материалы Междунар. геогр. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. академика Владимира Васильевича Воробьева. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2019. С. 234-237.

Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Мелешкин Д.С. Пространственная оценка уровня антропогенной нагрузки степных регионов России // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2019. Т. 161, кн. 4. С. 590-606.

Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Мелешкин Д.С. Теоретические и методические подходы к выявлению современных вызовов пространственному развитию регионов степной зоны России // Вопросы степеведения. 2021. № 3. С. 69-84.

Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Чибилёв А.А., Свиридов И.С. Пространственная связность поселений регионов степной зоны России в условиях современных вызовов // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 49-62.

Чибилёв А.А. (мл.), Мелешкин Д.С., Григоревский Д.В. Пространственная оценка социально-экономического каркаса степных регионов России // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 3. С. 53-65. DOI: 10.18470/19921098202035365.

Чибилёв А.А. (мл.), Лебедева Т.В. Использование природно-ресурсного потенциала и межрегиональная асимметрия устойчивого развития субъектов степной зоны России // Географический вестник. 2024. № 2 (69). С. 59-68.

Чибилёв А.А. (мл.), Падалко Ю.А., Семёнов Е.А., Руднева О.С., Соколов А.А., Григоревский Д.В., Мелешкин Д.С. Очерки экономической географии Оренбургского края. Т. II. Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. 144 с.

Чибилёв А.А. (мл.), Семёнов Е.А., Григоревский Д.В. Региональные особенности использования природных ресурсов охраняемых территорий в Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 10. С. 455-460.

Чибилёв А.А. (мл.), Чибилёв А.А. Современное состояние и проблемы модернизации природно-экологического каркаса регионов степной зоны Европейской России // Юг России: экология, развитие. 2019. № 1. С. 117-125. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-117-125.

Чивилихин В.А. Память. М.: Алгоритм, 2007. 670 с.

Шаталин О.А., Добролюбов А.Н., Леонова Н.А. Влияние жизнедеятельности степного сурка на видовой состав растительности заповедного участка «Островцовская лесостепь» // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2020. № 3 (31). С. 103-114.

Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 301 с.

Шикломанов И.А., Бабкин В.И., Балонишникова Ж.А. Водные ресурсы, их использование и водообеспеченность в России: современные и перспективные оценки // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. № 2. С. 131-141.

Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю., Бабкин В.И., Балонишникова Ж.А. Проблемы изучения формирования и оценки изменений водных ресурсов и водообеспеченности России // Метеорология и гидрология. 2010. № 1. С. 23-32.

Шинкаренко С.С. Оценка динамики площадей степных пожаров в Астраханской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15 (1). С. 138-146. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-1-138-146.

Шинкаренко С.С., Берденгалиева А.Н. Анализ многолетней динамики степных пожаров в Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16 (2). С. 98-110. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-2-98-110.

Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Берденгалиева А.Н., Иванов Н.М. Пространственно-временной анализ горимости пойменных ландшафтов Нижней Волги // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 1. С. 143-157. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-1-143-157.

Шинкаренко С.С., Дорошенко В.В., Берденгалиева А.Н. Динамика площади гарей в зональных ландшафтах юго-востока европейской части России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 1. С. 122-133. DOI: 10.31857/S2587556622010113.

Шинкаренко С.С., Иванов Н.М., Берденгалиева А.Н. Пространственно-временная динамика выгоревших площадей на федеральных ООПТ юго-востока Европейской России // Заповедная наука. 2021. Т. 6 (3). С. 23-44. DOI: 10.24189/ncr.2021.035.

Ширяева А.В., Ширяев М.В., Семенов В.А. Изменения продолжительности устойчивых теплого и холодного сезонов на территории России в начале XXI века // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2018. Т. 481. № 2. С. 207-210. DOI: 10.31857/S086956520001206-9.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии: сб. науч. тр., посвящ. памяти А.И. Баканова. Тольятти, 2005. С. 91-192.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

Шитт П.Г. Биологические основы агротехники плодоводства. М.: Сельхозгиз, 1952. 360 с.

Шубин И.Г., Абеленцев В.И., Семихатова С.Н. Байбак // Сурки. Распространение и экология. М.: Наука, 1978. С. 10-38.

Шульц К.К. Некоторые результаты нивелировочных исследований, произведенных между Оренбургом, Аральским морем и Кара-Тугаем. СПб.: Тип. Императорской академии наук, 1882. 42 с.

Эверсман Э.А. Естественная история Оренбургского края. Ч. 1. Оренбург, 1840. 99 с.

Юмина Н.М., Козлов М.О. Анализ многолетней изменчивости стока рек бассейна р. Урал // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2021. № 1 (82). С. 9-12.

Языкбаев Э.Р., Павлейчик В.М. Пространственно-временная изменчивость продолжительности солнечного сияния и показателей атмосферного давления в Поволжье и на Южном Урале // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2021. № 1. 11 с. URL: http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2021-1/Articles/YER-2021-1.pdf. DOI: 10.24411/2304-9081-2021-11001.

Яковлев И.Г., Петрищев В.П. Роль природно-хозяйственной кластеризации в развитии систем регионального планирования // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: материалы IV Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. проф. В.А. Дементьева. Минск, 2008. С. 333-334.

Яковлев И.Г., Петрищев В.П. Особенности структуры природопользования в Оренбургской области // Степи Северной Евразии: Материалы V междунар. симпозиума. Оренбург: Институт степи УрО РАН, 2009. С. 757-759.

Янсиярова Г.Ф. Современная флора и растительность усадебных садово-парковых комплексов на примере старинных усадеб Оренбургской губернии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Оренбург, 2013. 22 с.

Ясинский С.В., Вишневская И.А. Зональные особенности динамики водопользования в бассейне Волги в постсоветский период // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2018. № 1. С. 75-89.

Abass K., Buor D., Afriyie K., Dumedah G., Segbefi Alex Yao, Guodaar L., Garsonu E.K., Adu-Gyamfi S., Forkuor D., Ofosu A., Mohammed A., Gyasi R.M. Urban sprawl and green space depletion: Implications for flood incidence in Kumasi, Ghana // International Journal of Disaster Risk Reduction. 2020. Vol. 51. P. 101915. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2020.101915.

Archibald S., Lehmann C., Gomez-Dansd J., Bradstocke R. Defining pyromes and global syndromes of fire regimes // PNAS. 2013. Vol. 110. No. 16. P. 6442-6447. DOI: 10.1073/pnas.1211466110.

Ariza-Sentis M., Velez S., Martinez-Pena R., Baja H., Valente J. Object detection and tracking in Precision Farming: a systematic review // Computers and Electronics in Agriculture. 2024. Vol. 219. P. 108757.

Arora N.K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions // Environmental Sustainability. 2019. №. 2. P. 95-96. DOI: 10.1007/s42398-019-00078-w.

Aryal Y., Evans S. Dust emission response to precipitation and temperature anomalies under different climatic conditions // Science of The Total Environment. 2023. Vol. 874. P. 162335. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162335 .

Bakar N.I.A., Mansor M., Harun N.Z. Vertical Greenery System as Public Art? Possibilities and challenges in Malaysian urban context // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2014. Vol. 153. P. 230-241. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.10.057.

Barbazyuk E.V. Effects of the Russian-Kazakh frontier zone: Increased mortality of red-listed diurnal birds of prey on overhead power lines in the Orenburg Region frontier steppe // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 817. P. 012011. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012011.

Bassano B., Grimod I., Peracino V. Distribution of Alpine marmot (Marmota marmota) in the Aosta Valley and suitability analysis // First International Symposium on Alpine marmot (Marmota marmota) and on genus Marmota. Italy, 1992. P. 111-116.

Brinkert A., Hölzel N., Sidorova T.V., Kamp J. Spontaneous steppe restoration on abandoned cropland in Kazakhstan: grazing affects successional pathways // Biodiversity and conservation. 2016. Vol. 25(12). P. 2543-2561. DOI: 10.1007/s10531-015-1020-7.

Cameron R., Blanuša T., Taylorc J., Salisburyb A., Halstead A., Henricot B., Thompson K. The domestic garden – Its contribution to urban green infrastructure // Urban Forestry & Urban Greening. 2012. Vol. 11. P. 129-137. DOI: 10.1016/j.ufug.2012.01.002.

Chai N., Guo S., Chen Yu., Wei H., Li F.M., Huang Y., Zhang F. Climate and breeding determined below-ground biomass allocation strategy in wheat // Field Crops Research. 2023. Vol. 304. P. 109177.

Chen J., Fan W., Li D. et al. Driving factors of global carbon footprint pressure: Based on vegetation carbon sequestration // Applied Energy. 2020. Vol. 267. P. 114914.

Chibilyov A.A., Levykin S.V., Chibilyov A.A. (jr.) Megaprojects of the Twentieth Century and Recent Spatial Developments in Agricultural Regions in Russia's European and Ural Parts // Advances in Natural, Human-Made, and Coupled Human-Natural Systems Research. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer Nature Switzerland AG, 2023. Vol. 252. P. 191-200. DOI: 10.1007/978-3-030-78105-7_19.

Colwell D.D. The oestrid flies: biology, host-parasite relationships, impact and management. London, 2006. 77 p.

Crichfield W.B., Little Jr. E.L. Geographic distribution of the pines of the world. U.S. Department of agriculture forest service. N.Y.: Miscellaneous publication 991, 1966. 64 p.

Din H.S.E., Shalaby A., Farouh H.E., Elariane S.A. Principles of urban quality of life for a neighborhood // HBRC Journal. 2013. Vol. 9. P. 86-92. DOI: 10.1016/j.hbrcj.2013.02.007.

Dubinin M., Lushchekina A., Radeloff V. Climate, Livestock, and Vegetation: What Drives Fire Increase in the Arid Ecosystems of Southern Russia? // Ecosystems. 2011. Vol. 14. P. 547-562. DOI: 10.1007/s10021-011-9427-9.

Dubinin M., Potapov P., Lushchekina A., Radeloff V. Reconstructing long time series of burned areas in arid grasslands of southern Russia by satellite remote sensing // Remote Sensing of Environment. 2010. Vol. 114. P. 1638-1648.

Dusaeva G.Kh., Kalmykova O.G. The Long-Term Dynamics of Stocks of the Live Above-ground Phytomass in a Steppe Phytocoenosis after a Fire (Based on the Example of the Burtinskaya Steppe Site of the Orenburgsky Reserve) // Arid Ecosystems. 2023. Vol. 13. No. 2. P. 180-188. DOI: 10.1134/S2079096123020051.

EarthExplorer: USGS Spatial Information Database. Available at: http://www//earthexplorer.usgs.gov. (date of access: 25.09.2024).

Egger S. Determining a sustainable city model // Environmental Modelling & Software, 2006. Vol. 21, Is. 9. P. 1235-1246. DOI: 10.1016/j.envsoft.2005.04.012.

Einaudi G. Khrushchev reported planning to give up Virgin-Land Farms. New York Times, 1964. p. 2. February 23.

Freese C.H., Aune K.E., Boyd D.P., Derr J.N., Forrest S.C., Gates C.C., Gogan P.J.P., Grassel S.M., Halbert N.D., Kunkel K., Redford K.H. Second chance for the plains bison // Biological Conservation. 2007. 136 (2). P. 175-184. DOI: 10.1016/j.biocon.2006.11.019.

Gelybó Gy., Barcza Z., Kern A., Kljun N. Effect of spatial heterogeneity on the validation of remote sensing based GPP estimations // Agricultural and Forest Meteorology. 2013. Vol. 174-175. P. 43-53.

Gleckler P.J., Durack P.J., Stouffer R.J., Johnson G.C., Forest C.E. Industrial-era global ocean heat uptake doubles in recent decades // Nature Climate Change. 2016. Vol. 6. No. 4. P. 394-398.

Grimmond C.S.B., Roth M., Oke T.R., Au Y.C., Beste M., Betts R., Carmichael G., Cleugh H., Dabberdt W., Emmanuel R., Freitas E., Fortuniak K., Hanna S., Klein P., Kalkstein L.S., Liu C.H., Nickson A., Pearlmutter D., Sailor D., Voogt J. Climate and More Sustainable Cities: Climate Information for Improved Planning and Management of Cities (Producers/Capabilities Perspective) // Procedia Environmental Sciences. 2010. Vol. 1. P. 247-274. DOI: 10.1016/j.proenv.2010.09.016.

Grosse-Heilmann M., Cristiano E., Deidda R., Viola F. Durum wheat productivity today and tomorrow: A review of influencing factors and climate change effects // Resources, Environment and Sustainability. 2024. Vol. 17. P. 100170. DOI: 10.1016/j.resenv.2024.100170.

Gulyanov Yu.A. Scientific bases of principles estimating a state of the vegetation cover in steppe agroceses using in vative methods of smart agriculture // IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci. 2021. Vol. 817. P. 012039.

Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. Rain-fed agriculture in the steppe and forest-steppe zone of the Ural River basin and the adaptation of agricultural technologies to changing moisture availability as a way to preserve surface water resources // South of Russia: Ecology, Development. 2023. No. 18 (1). P. 117-125.

Gulyanov Yu.A., Chibilyov A.A., Levykin S.V., Yakovlev I.G. Modern climatic resources of the farming post-virgin land regions in Ural and West Siberia and their agricultural assessment // IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci. 2021. Vol. 624. P. 012226. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012226.

Guo D., Wang J., Fu H., Wen H., Luo Y. Cropland has higher soil carbon residence time than grassland in the subsurface layer on the Loess Plateau, China // Soil and Tillage Research. 2017. Vol. 174. P. 130-138.

Hall J.V., Loboda T.A., Giglio L., McCarty G.W. A MODIS-based burned area assessment for Russian croplands: Mapping requirements and challenges // Remote Sensing of Environment. 2016. Vol. 184. P. 506-521.

Heinsch F., Reeves M., Votava P., Kang S., Milesi C., Nemani R. User's guide GPP and NPP (MOD17A2/A3) products NASA MODIS land algorithm. Version 2.0. 2003. P. 1-57.

Huang H., Zhang B., Chu H., Zhang D., Li K. Gasterophilus (Diptera, Gasterophilidae) infestation of equids in the Kalamaili Nature Reserve, China // Parasite. 2016. Vol. 23. P. 36. DOI: 0.1051/parasite/2016036.

Ibrayev B., Lider L., Bauer C. Gasterophilus spp. infections in horses from northern and central Kazakhstan // Veterinary Parasitology. 2015. Vol. 207 (1-2). P. 94-98. DOI: 10.1016/j.vetpar.2014.11.015.

Jia Y., Tang L., Xu M., Yang X. Landscape pattern indices for evaluating urban spatial morphology – A case study of Chinese cities // Ecological Indicators. 2019. Vol. 99. P. 27-37. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.12.007.

Jones N.F., Pejchar L. Comparing the Ecological Impacts of Wind and Oil & Gas Development: A Landscape Scale Assessment // PLoS One. 2013. Vol. 8. No. 11. P. e81391. DOI: 10.1371/journal.pone.0081391.

Kaldarova M., Akanova A., Naizagarayeva A., Kazanbayeva A., Ospanova N. Modelling a neural network for analysing the results of segmentation of satellite images // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. 2024. Vol. 36. No. 1. P. 614.

Kamp J., Koshkin M.A., Bragina T.M., Katzner T.E., Milner-Gulland E.J., Schreiber D., Sheldon R., Shmalenko A., Smelansky I., Terraube J., Urazaliev R. Persistent and novel threats to the biodiversity of Kazakhstan's steppes and semi-deserts // Biodiversity and conservation. 2016. Vol. 25(12). P. 2521-2541. DOI: 10.1007/s10531-016-1083-0.

Kienast F., Frick J., van Strien M., Hunziker M. The Swiss Landscape Monitoring Program – A comprehensive indicator set to measure landscape change // Ecological Modelling. 2015. Vol. 295. P. 136-150.

Kira T., Shidei T. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific // Jap J Ecol. 1967. No. 17. P. 70-87.

Kiryanov-Greff F.K., Khoroshev A.V., Anatskaya K.A. Factors of intra-field phytomass variability in steppe agricultural landscapes of Kazakhstan // Bulletin of the Karaganda University. Biology, Medicine, Geography series. 2024. Vol. 113. No. 1. P. 150-158. DOI: 10.31489/2024BMG1/150-158

Kohonen T. Self-Organizing Maps (Third Extended Edition). New York, 2001. 501 p.

Kohonen T. Essentials of the self-organizing map // Neural Networks. 2013. Vol. 37. P. 52-65. DOI: 10.1016/j.neunet.2012.09.018.

Kovda I., Polyakov D., Ryabukha A., Lebedeva M., Khaydapova D. Microrelief and spatial heterogeneity of soils on limestone, SubUral plateau, Russia: attributes and mechanism of formation // Soil Till. Res. 2021. Vol. 209. P. 104931. DOI: 10.1016/j.still.2021.104931.

Kross A., Seaquist J.W., Roulet N.T. et al. Estimating carbon dioxide exchange rates at contrasting northern peatlands using MODIS satellite data // Remote Sensing of Environment. 2013. Vol. 137. P. 234-243.

Lal R. Carbon sequestration // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2007. Vol. 363. P. 815-830.

Lazariev D. Current state of the steppe marmot (Marmota bobak) population in Striltsivskyi Steppe (East of Ukraine) // Theriologia Ukrainica. 2020. Vol. 19. P. 122-129.

Lewis S.L., Maslin M.A. Defining the Anthropocene // Nature. 2015. Vol. 519 (7542). P. 171-180.

Léznicki M., Lewandowska A. Implementation of sustainable development on the example of the concept of eco-city // Ecological Questions. 2014. P. 91-96. DOI: 10.2478/ecoq-2014-0010.

Li X., Pape T., Zhang D. Taxonomic review of Gasterophilus (Oestridae, Gasterophilinae) of the world, with updated nomenclature, keys, biological notes, and distributions // ZooKeys. 2019a. No. 891. P. 119-156. DOI:10.3897/zookeys.891.38560.

Li X.-Y., Pape T., Zhang D. Gasterophilus flavipes (Oestridae: Gasterophilinae): A horse stomach bot fly brought back from oblivion with morphological and molecular evidence // PLoS One. 2019b. Vol. 14. DOI: 10.1371/journal.pone.0220820.

Living Planet Report 2002 / World Wide Fund for Nature. Gland, 2002. 35 p.

Lv Z., Shi Y., Zang S., Sun L. Spatial and Temporal Variations of Atmospheric CO2 Concentration in China and Its Influencing Factors // Atmosphere. 2020. Vol. 11 (3):231.

Manyailo O., Huwe B.C. N-mineralization and denitrification as function of temperature and water potential in organic and mineral horizons of forest soil // J. of Plant Nutrition and Soil Science. 1999. Vol. 162. P. 527-531.

Marelign M.A., Mekonen D.T. Estimating and mapping woodland biomass and carbon using Landsat 8 vegetation index: A case study in Dirmaga Watershed, Ethiopia // Computational Ecology and Software. 2022. Vol. 12 (2). P. 67-79.

Margalef R. Information Theory in Ecology // International Journ. of General Systems. 1958. P. 36-71.

Matkarimov S., Matkarimov Z., Berdiyarov B. Method of Heap Leachıng of Copper from off-balance ore dumps // Conference: Fourth International Conference on Inventive Material Science Applications ICIMA. 2021. P. 1-8.

McDonald J.L. Bison Restoration in the Great Plains and the Challenge of Their Management // Great Plains Research. 2001. Vol. 11(1). P. 103-122.

McKinney M.L., Lockwood J.L. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction // Trends in Ecology and Evolution. 1999. Vol. 14. P. 450-453.

Miller J.O., Mondal P., Sarupria M. Sensor-based measurements of NDVI in small grain and corn fields by tractor, drone, and satellite platforms // Crop and Environment. 2024. Vol. 1. No. 1. P. 33-42.

Mouratidis K. Compact city, urban sprawl, and subjective well-being // Cities. 2019. Vol. 92. P. 261-272. DOI: 10.1016/j.cities.2019.04.013.

Nasira R.A., Ahmada S.Sh., Zain-Ahmedc A., Adapting N.I. Human Comfort in an Urban Area: The role of tree shades towards urban regeneration // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2015. Vol. 170. P. 369-380. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.01.047.

Neirotti P., De Marco A., Cagliano A.C., Mangano G., Scorrano F. Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts // Cities. 2014. Vol. 38. P. 25-36. DOI: 10.1016/j.cities.2013.12.010.

Nguyen H., Wheeler M.C., Hendon H.H., Lim E.P., Otkin J.A. The 2019 flash droughts in subtropical eastern Australia and their association with large-scale climate drivers // Weather and Climate Extremes. 2021. Vol. 32. P. 100321.

Olden J.D., Poff N.L. Toward a mechanistic understanding and prediction of biotic homogenization // Am. Nat. 2003. Vol. 162 (4). P. 442-460.

Opekunova M.G., Opekunov A.Yu., Papyan E.E., Somov V.V. Phytoindicational properties of the vegetation in landscape transformation studies on Sibay chalcopyrite deposits (Southern Urals) // Contemporary Problems of Ecology. 2017. Vol. 10. No. 3. P. 301-314.

Opekunova M., Opekunov A., Somov V. et al. Transformation of metals migration and biogeochemical cycling under the influence of copper mining production (the Southern Urals) // Catena. 2020. Vol. 189. P. 12.

Padalko Yu.A. An assessment and prognosis of water resources use in regions of the transboundary basin of the Ural River in the medium term // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. Vol. 817. P. 012080.

Pavleichik V.M. Space and Time Regularities and Factors of Development of Grass Fires in the Volga-Urals Region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 381. P. 012073. DOI: 10.1088/1755-1315/381/1/012073.

Pavleichik V.M. The current climatic trends and meteorological conditions of the fire dangerous situation formation in the Ural-Caspian region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ninth International Symposium «Steppes of Northern Eurasia» 07-11 June 2021, Orenburg, Russian Federation. 2021. Vol. 817. P. 012082. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012082.

Pavleichik V.M., Padalko J.A. The Pyrological Situation in the Steppe Regions of North Eurasia and Adjacent Territories: FIRMS Data Analysis for the Multi-year Period // Advances in Natural, Human-Made, and Coupled Human-Natural Systems Research. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. Vol. 252. DOI: 10.1007/978-3-030-78105-7_9.

Pavleichik V.M., Padalko J.A., Sivohip Zh.T. Natural Fires in the Steppe Regions of Russia: Causing Factors and Detection Experience // Advances in Natural, Human-Made, and Coupled Human-Natural Systems Research. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. Vol. 250. DOI: 10.1007/978-3-030-78083-8_6.

Pavleichik V.M., Yazykbaev E.R. Spatial and temporal trends of atmospheric humidification in the steppe part of the Trans-Volga-Ural region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ninth International Symposium «Steppes of Northern Eurasia» 7-11 June 2021, Orenburg, Russian Federation. 2021. Vol. 817. P. 012083. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012083.

Pazur R., Prishchepov A.V., Myachina K., Verburg P. Restoring steppe landscapes: patterns, drivers and implications in Russia's steppes // Landscape Ecol. 2021. Vol. 36. P. 407-425. DOI: 10.1007/s10980-020-01174-7.

Pilo C., Altea A., Fois M.P., Scala A. Equine Gasterophilosis in Sardinia: annual trend of bot eggs laying in different topographic regions of the horse // Vet Res. 2009. Vol. 33. P. 149-151. DOI: 10.1007/s11259-009-9261-0.

Plank S., Mager A., Schoepfer E. Monitoring of Oil Exploitation Infrastructure by Combining Unsupervised Pixel-Based Classification of Polarimetric SAR and Object-Based Image Analysis // Remote Sens (Basel). 2014. Vol. 6. No. 12. P. 11977-12004.

Potravny I., Novoselov A., Novoselova I., Gassiy V., Nyamdorj D. The Development of Technogenic Deposits as a Factor of Overcoming Resource Limitations and Ensuring Sustainability (Case of Erdenet Mining Corporation SOE in Mongolia) // Sustainability. 2024. Vol. 15. P. 15807.

Powell J.P., Reinhard S. Measuring the effects of extreme weather events on yields // Weather and Climate Extremes. 2016. No 12. P. 69-79. DOI: 10.1016/j.wace.2016.02.003.

Qian H., Ricklefs R.E. The role of exotic species in homogenizing the North American flora // Ecology Letters. 2006. Vol. 9. P. 1293-1298.

Qian M., Li Y., Zhao Yu., Yu X. Prior Knowledge-Based Deep Convolutional Neural Networks for Fine Classification of Land Covers in Surface Mining Landscapes // Sustainability. 2022. Vol. 14. No. 19. P. 12563.

Raich J.W., Schlesinger W.H. The global carbon-dioxide flux in soil respiration to vegetation and climate // Tellus, Series B. 1992. Vol. 44 (2). P. 81-99.

Rainbow R., Derpsch R. Advances in No-Till Farming Technologies and Soil Compaction Management in Rainfed Farming Systems // Rainfed Farming Systems. 2011. P. 991-1014.

Ramezani H. A Note on the Normalized Definition of Shannon's Diversity Index in Landscape Pattern Analysis // Environment and Natural Resources Research. 2012. Vol. 2. No. 4. P. 54-60.

Reshetnikov A.D., Barashkova A.I., Prokopyev Z.S. Infestation of horses by the causative agents of gasterophilosis (Diptera: Gasterophilidae): The species composition and the north-eastern border of the area in the Republic (Sakha) of Yakutia of the Russian Federation // Life Science Journal. 2014. No. 11. P. 587-590.

Ronkin V.I., Savchenko G.A., Atemasov A.A. Home range types, condition and outlook of the steppe marmot settlement in the chalky landscape of «Dvorichanskyi» NNP // The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series «Biology». 2017. Vol. 29 (2). P. 167-174.

Rouse J.W., Haas R.H., Scheel J.A., Deering D.W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS // Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium. 1974. No. 1. P. 48-62.

Rybnikova L.S., Rybnikov P.A., Navolokina V.Y. Rehabilitation of man-made formation of abandoned copper pyrite deposits on the example of Levikhinsky mine (Middle Urals) // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2024. Vol. 334. No. 8. P. 137-150.

San Martin Saldias D., McGlade J., Guzman-Aguayo L., Reinke K. Evaluation and interpretation of landscapes from satellite imagery // GeoJournal. 2024. Vol. 89. P. 166. DOI: 10.1007/s10708-024-11183-7.

Saveliev A.A., Dobrinin D.V. Hierarchical Multispectral Classification Based on Self Organized Maps // International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Hamburg, Germany. 1999. P. 2510-2512.

Sax D.F., Gaines S.D. Species diversity: from global decreases to local increases // Trends in Ecology and Evolution. 2003. Vol. 18. No. 11. P. 561-566.

Schramm P. Prairie restoration: a twenty-five year perspective on establishment and management // Recapturing a vanishing heritage: proceedings of the twelfth North American Prairie Conference (5-9 August 1990, Cedar Falls, Iowa). Cedar Falls: University of Northern Iowa, 1992. P. 169-177.

Schubert P., Eklundh L., Lund M., Nilsson M. Estimating northern peatland CO_2 exchange from MODIS time series data // Remote Sensing Environment. 2010. Vol. 114. No. 6. P. 1178-1189.

Segal D. Theoretical Basis for Differentiation of Ferric-Iron Bearing Minerals, Using Landsat MSS Data // Proceedings of Symposium for Remote Sensing of Environment, 2nd Thematic Conference on Remote Sensing for Exploratory Geology, Fort Worth, TX, 1982. P. 949-951.

Shannon C.E. The mathematical theory of communication // Bell Syst. Techn. J. 1948. Vol. 27. P. 379-423.

Shao H. Agricultural greenhouse gas emission, fertilizer consumption, and technological innovation: A comprehensive quantile analysis // Science of The Total Environment. 2024. Vol. 926. P. 171979.

Sharafi S., Nahvinia M.J. Sustainability insights: Enhancing rainfed wheat and barley yield prediction in arid regions // Agricultural Water Management. 2024. Vol. 299. P. 108857.

Sivokhip Zh.T., Pavleychik V.M. Water resources use of transboundary rivers in the steppe zone under modern hydroclimatic conditions // Advances in Natural, Human-Made, and Coupled Human-Natural Systems Research. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. Vol. 250. P. 3-15.

Sivokhip Zh.T., Pavleychik V.M., Chibilev A.A. Changes in River Runoff during Winter Low Water Periods in the Basin of the Ural River // Doklady Earth Sciences. 2021. Vol. 499 (2). P. 703-707.

Soroka O.V. Spatial structure of Steppe Marmot populations under protection regime in the Southern Cis-Urals // Arid Ecosystems. 2023. Vol. 13. No. 3. P. 314-320. DOI: 10.1134/S2079096123030137.

Tang J., Luyssaert S., Richardson A.D., Kutsch W., Janssens I.A. Steeper declines in forest photosynthesis than respiration explain age-driven decreases in forest growth // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2014. Vol. 111. No. 24. P. 8856-8860.

Threats Classification Scheme (Version 3.3) // IUCN Red List assessments. 2024. URL: https://www.iucnredlist.org/resources/threat-classification-scheme (Accessed 12 November 2024).

Tiana Y., Jim C.Y., Wanga H. Assessing the landscape and ecological quality of urban green spaces in a compact city // Landscape and Urban Planning. 2014. Vol. 121. P. 97-108. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2013.10.001.

Trubilov V.S., Klepikov A.S. Copper-containing dumps as a prospective source of copper obtaining // Tsvenye Metally. 2014. Vol. 11 (863). P. 31-36.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, World Urbanization Prospects: the 2018 Revision, United Nations, New York, 2018. URL: https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-PressRelease.pdf. (Accessed 18 January 2021).

Walker B.A., Dixon C., Drobney P., Jacobi S., Hunt V.M., McColpin A., Viste-Sparkman K., Straw L. The Prairie Reconstruction Initiative Database: Promoting Standardized Documentation of Reconstructions // Ecological Restoration. 2018. Vol. 36(1). P. 3-5. DOI: 10.3368/er.36.1.3.

Walz U. Indicators to monitor the structural diversity of landscapes // Ecological Modelling. 2015. Vol. 295. P. 88-106.

Wani A.A., Bhat A.F., Gatoo A.A., Zahoor S., Mehraj B., Najam, N., Joshi P.K. Assessing relationship of forest biophysical factors with NDVI for carbon management in key coniferous strata of temperate Himalayas // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2021. Vol. 26. No. 1. P. 1-22.

Winter M., Kühn I., La Sorte F.A., Schweiger O., Nentwig W., Klotz S. The role of non-native plants and vertebrates in defining patterns of compositional dissimilarity within and across continents // Global Ecology and Biogeography. 2010. P. 1-11.

Yermolaev O.P., Mukharamova S.S., Maltsev K.A. Geography and Geoecology of Russia in the Mosaic of River Basins // Geography and Natural Resources. 2023. Vol. 44, Iss. 3. P. 208-214. DOI: 10.1134/s1875372823030046.

Yusandi S., Jaya I.N.S., Mulia F. Biomass estimation model for mangrove forest using medium-resolution imageries in BSN Co Ltd concession area, West Kalimantan // International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences. 2018. Vol. 15. No. 1. P. 37-50.

Zhang K., Huang H., Zhou R., Zhang B., Wang C., Ente M., Li B., Zhang D., Li K. The impact of temperature on the life cycle of Gasterophilus pecorum in northwest China // Parasites and Vectors. 2021. Vol. 14. P. 129. DOI: 10.1186/s13071-021-04623-7.

Zolotova E. Studies of Soils and Vegetation on Non-ferrous Metallurgy Slag Dumps // International Journal of Bio-Resource & Stress Management. 2021. Vol. 12. No. 1. P. 40-46.

Zumpt F. Myiasis in man and animals in the old world: a textbook for physicians. London, 1965. 267 p.

Zvegintsova N.S. Parasites of Przewalski's horses (Equus ferus Przewalskii) in Askania Nova biosphere reserve (Ukraine) and Orenburg state nature reserve (Russia) // Nature Conservation Research. 2019. Vol. 4 (S2). P. 83-88. DOI: 10.24189/ncr.2019.030.

Научное издание

А.А. Чибилёв, С.В. Левыкин, В.М. Павлейчик, Е.В. Барбазюк, Р.М. Безбородникова, Т.В. Березина, Д.В. Григоревский, О.А. Грошева, Ю.А. Гулянов, С.А. Дубровская, Г.Х. Дусаева, Н.В. Дусаева, Г.В. Казачков, О.Г. Калмыкова, Н.О. Кин, Е.Н. Кузьмина, Т.В. Лебедева, Н.П. Левыкина, Д.С. Мелешкин, К.В. Мячина, Ю.А. Падалко, В.П. Петрищев, Д.Г. Поляков, О.С. Руднева, А.Г. Рябуха, Р.В. Ряхов, Е.З. Савин, Ж.Т. Сивохип, А.А. Соколов, О.В. Сорока, Л.М. Туктамышева, А.А. Чибилёв (мл.), А.Н. Щавелев, Э.Р. Языкбаев, И.Г. Яковлев

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИИ И СТЕПЕВЕДЕНИЯ

Том V

Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем

Рекомендовано к изданию учёным советом ИС УрО РАН и
Объединенным учёным советом по наукам о Земле УрО РАН

Редакторы: О.А. Грошева, В.М. Павлейчик, П.В. Вельмовский
Дизайн и компьютерная вёрстка: П.В. Вельмовский

ISBN 978-5-6051209-3-3

Подписано к изданию 28.10.2025
Усл. печ. л. 24,75

Электронная версия опубликована и находится в свободном доступе:
https://orensteppe.org/sites/default/files/problemi_geoekologii_i_stepevedeniy_tom_5_2025.pdf

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук
4600000, Оренбург, ул. Пионерская, 11