

ISSN 2712-8628



ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ

STEPPE SCIENCE

2025

№4

**РЕЦЕНЗИРУЕМОЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЕ
НАУЧНОЕ СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ**

ИНСТИТУТ СТЕПИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
INSTITUTE OF STEPPE OF THE URAL BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ

STEPPE SCIENCE

4

2025

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ. 2025. № 4

Издание «Вопросы степеведения» основано по решению ученого совета Института степи УрО РАН в 1999 году.

Главный редактор академик РАН А.А. Чибилев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Науки о Земле

Тишков А.А., член-корр. РАН, д.г.н.
Васильев Д.Ю., д.г.н.
Герасименко Т.И., д.г.н.
Дмитриева В.А., д.г.н.
Зырянов А.И., д.г.н.
Колосов В.А., д.г.н.
Коронкевич Н.И., д.г.н.
Кочуров Б.И., д.г.н.
Левыкин С.В., проф. РАН, д.г.н.
Лисецкий Ф.Н., д.г.н.
Литовский В.В., д.г.н.
Мячина К.В., д.г.н.
Петрищев В.П., д.г.н.
Сивохиц Ж.Т., д.г.н.
Хорошев А.В., д.г.н.
Черных Д.В., д.г.н.
Ахмеденов К.М., к.г.н.
Вельмовский П.В., к.г.н.
Грошева О.А., к.г.н.
Дубровская С.А., к.г.н.
Павлейчик В.М., к.г.н.
Пашков С.В., к.г.н.
Рябинина Н.О., к.г.н.
Рябуха А.Г., к.г.н.
Святоха Н.Ю., к.г.н.
Филимонова И.Ю., к.г.н.
Чибилев А.А. (мл.), к.э.н.

Общая биология

Розенберг Г.С., член-корр. РАН, д.б.н.
Агафонов В.А., д.б.н.
Артемова Е.А., д.б.н.
Брагина Т.М., д.б.н.
Дарбаева Т.Е., д.б.н.
Куст Г.С., д.б.н.
Кучеров С.Е., д.б.н.
Литвинская С.А., д.б.н.
Намзалов Б.Б., д.б.н.
Нурушев М.Ж., д.б.н.
Самбуу А.Д., д.б.н.
Сафронова И.Н., д.б.н.
Силантьева М.М., д.б.н.
Суюндуков И.В., д.б.н.
Ширяев А.Г., д.б.н.
Бакиев А.Г., к.б.н.
Барбазюк Е.В., к.б.н.
Калмыкова О.Г., к.б.н.
Кин Н.О., к.б.н.
Спасская Н.Н., к.б.н.
Ткачук Т.Е., к.б.н.

Сельскохозяйственные науки

Кулик К.Н., академик РАН, д.с-х.н.
Гулянов Ю.А., д.с-х.н.
Мушинский А.А., д.с-х.н.
Савин Е.З., д.с-х.н.
Трофимов И.А., д.г.н., к.б.н.
Юферев В.Г., д.с-х.н.
Ярцев Г.Ф., д.с-х.н.

Издание «ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ» зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство – ЭЛ № ФС77-79189

ISSN – 2712-8628

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Учредитель издания:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Оренбургский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук.

Ответственный секретарь редакции:

к.г.н. Грошева О.А.

+7 (3532) 77-44-32

E-mail: steppescience@mail.ru

Адрес редакции: 460000, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. Пионерская, д. 11.

© Институт степи УрО РАН, 2025

Подписано к изданию – 19.12.2025

Дата выхода номера – 25.12.2025

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Лисецкий Ф.Н. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ И ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ	4
Лебедева Т.В., Чибилёв А.А. (мл.) ПРОГНОЗНЫЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ	19
Соколов А.А., Руднева О.С. АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ В ПРЕДЕЛАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РОССИИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ	38
Барышников С.Г. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ РЕКИ ИРТЫШ	48
Екимовская О.А., Белозерцева И.А. СВОЙСТВА ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОСТАГРАРНЫХ ЛАНДШАФТОВ КАБАНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ	61
Дедова И.С., Буруль Т.Н., Сурагина С.А., Попов А.В. СТЕПЕНЬ И ПОСЛЕДСТВИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПАМЯТНИК ПРИРОДЫ СТЕПНОЙ ЗОНЫ «АЛЕКСАНДРОВСКИЙ ГРАБЕН» В КОНТЕКСТЕ ТУРИСТИЧЕСКОГО И ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА	77

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Калмыкова О.Г., Дусаева, Н.В., Дусаева Г.Х. СТЕПИ ФОРМАЦИИ STIRETA PENNATAE НА ЗАПОВЕДНЫХ УЧАСТКАХ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ	93
Дебело П.В., Латыпов А.А., Федоренко Д.В. НЕКОТОРЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БУЗУЛУКСКИЙ БОР» И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ РЕГИОНА	105
Чимитдоржиева Э.О., Корсунова Ц.Д.-Ц., Чимитдоржиева Г.Д., Цыбенков Ю.Б., Аюрова Д.Б. СТЕПНЫЕ ПОЧВЫ ЗАБАЙКАЛЬЯ: МОРФОЛОГИЯ И СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ, С-БИОМАССЫ, ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ	123
Маряхин И.Н., Кузовенко А.Е., Корчиков Е.С. ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТЕПНОЙ ПИЩУХИ (<i>OSNOTONA PUSILLA</i>) В СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ	139

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Гулянов Ю.А. ОЦЕНКА КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА И ЕЕ ВЛИЯНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	151
Савин Е.З., Немцева Н.В., Березина Т.В., Чурилина Т.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОФУНГИЦИДОВ ПРОТИВ МИКОЗНОГО УВЯДАНИЯ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (<i>RIBES NIGRUM</i> L.)	170

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ И ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Ф.Н. Лисецкий^{1,2}

¹Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

²ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Россия, Белгород
e-mail: liset@bsuedu.ru

Представлены новые результаты исследования почвенно-растительного покрова целинных степей и на горно-металлургических объектах меднорудных комплексов Каргалинского центра, связанных с формированием отвалов в бронзовом веке и в Новое время. Выполнен сравнительный анализ величин коэффициента биологического поглощения по сопряженным данным содержания химических элементов в зеленой фитомассе и почвах трех типов степей на особо охраняемых территориях Восточно-Европейской равнины для установления специфики эталонных экосистем Оренбургского Предуралья.

Ключевые слова: зональные эталоны почв, целинные степи, Приуральский горно-металлургический центр, меднорудные комплексы, срубная культура, посттехногенные ландшафты, геохимия почв, микроэлементы растительного вещества, степная подстилка.

Введение

В последнее время в составе междисциплинарных исследований ландшафтов степной зоны стала активно разрабатываться проблематика гармонизации задач по охране биологического и ландшафтного разнообразия с охраной объектов и территорий историко-археологического наследия [1-3]. Современные подходы к всестороннему исследованию археологических объектов и территорий (ландшафтов) предполагают привлечение возможностей естественных наук (концепций, специальных методов) и разработанных ими методик и технологий [4-8], что обеспечивает мультидисциплинарность научного поиска. В древности почвенно-земельные ресурсы выступали средством производства, а также пространственным базисом для развития разнообразных отраслей хозяйственной деятельности, в том числе горнорудной [9, 10]. В частности, археологические исследования объектов и территориально распределенных функциональных и технологически связанных зон горно-металлургической деятельности прошлого определяют круг задач такого междисциплинарного направления, как горная археология [10]. Древние природно-хозяйственные системы под влиянием процессов ренатурирования представлены в современной структуре ландшафта неповторимыми посттехногенными геосистемами, нередко включающими новые варианты трансформации литогенной основы, материнских пород и почвенной матрицы с автогенными сукцессиями растительности и спектром биоразнообразия. Результатами экспедиций в 2021-2023 гг. в степном Приуралье, где отмечены давние разработки позднепермских медистых песчаников и сланцев, установлено порядка 300 рудопроявлений [11, с. 66, рис. 1], которые могут быть отнесены к особо охраняемым природным территориям, связанным с горнотехническими объектами.

Цель работы состояла в сравнительном анализе биогеохимического состава почв и фитоценозов в разновременных ландшафтах горно-перерабатывающих меднорудных комплексов Приуральского (Каргалинского) центра и на целинных участках с привлечением данных по особо охраняемым степным экосистемам Восточно-Европейской равнины.

Материалы и методы

Основными объектами почвенно-генетических исследований в Сакмарском районе Оренбургской области выступили местные эталоны степных экосистем, а также разновременные посттехногенные почвы в пределах двух горно-перерабатывающих комплексов (ГПК) Белоусовского и Михайловского рудников, которые ранее [12] были определены как наиболее перспективные для междисциплинарных исследований. Согласно современным представлениям о радиоуглеродной хронологии срубной культуры Оренбургского Предуралья, эти памятники горной археологии относятся к ее развитому этапу [13]. По шести почвенным разрезам в бассейне р. Сред. Каргалки выполнен отбор почвенных образцов по двум-трем отдельным подгоризонтам (слоям) в наиболее насыщенной корнями части гумусового горизонта до глубины 30-39 см с последующим расчетом средневзвешенных значений концентраций химических элементов (оксидов). Геохимическая оценка была выполнена, используя метод рентгенофлуоресцентного анализа на волнодисперсионном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV», по содержанию (в %) 10 макроэлементов (MnO, Fe₂O₃, Na₂O, MgO, Al₂O₃, SiO₂, P₂O₅, K₂O, CaO, TiO₂) и по содержанию (в мг/кг) 12 микроэлементов (Cr, Co, Ni, Cu, Zn, V, As, Pb, Ba, Sr, Rb, Zr). Отбор образцов зеленой фитомассы на пике продуктивности и подстилки в бассейне р. Сред. Каргалки проводили в июне 2025 г. в шести сопряженных по эдафотопу точках, почвы которых характеризовали режимы целины (разр. 4 и 5) и разновременной ренатурации в ареалах горнорудной активности Белоусовского и Михайловского рудников (на отвалах горняков срубной культуры (разр. 1, 2 и 11) и на объекте Нового времени – рубежа XIX-XX вв. (разр. 9)). Геохимическая оценка растительного вещества выполнена в порошковых пробах, подготовленных с помощью лабораторной мельницы ЛЗМ-1М, по содержанию (в %) 8 макроэлементов (Ca, Mg, Si, Al, K, P, S, Cl) и по содержанию (в мг/кг) 10 микроэлементов (Br, Ba, Fe, Mn, Cr, Zn, Ni, Rb, Ti, Sr). Для сравнительного биогеохимического анализа зональных эталонов почв и фитоценозов (по надземной зеленой фитомассе) в бассейне р. Сред. Каргалки с эталонами в иных биоклиматических условиях были привлечены данные, полученные в 2025 г. по трем заповедным участкам с разными типами степей Восточно-Европейской равнины. В этом блоке исследования использована аттестованная методика «Определение Mg, Al, Si, Zn, P, S, Cl, K, Ca, Ba, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Br, Rb, Sr в порошковых пробах растительных материалов рентгенофлуоресцентным методом с применением аппаратов рентгеновских для спектрального анализа» (М-049-РМ/12). Иерархическая классификация образцов зеленой фитомассы и подстилки проведена в программе IBM SPSS Statistics 27, использован метод Уорда и евклидова дистанция, при этом исходные данные предварительно были нормированы (Z-score). При расчете коэффициента биологического поглощения (КБП) данные по макроэлементам в почвах, выраженные в виде оксидов, были пересчитаны через переводные коэффициенты на содержание элементов. Интегральные оценки качества целинных почв и фитоценозов получены путем расчета среднегеометрического значения. Оценку климатических затрат энергии на почвообразование (Q) проводили по Волобуеву, используя многолетние данные годовых величин суммы осадков и радиационного баланса.

Результаты и обсуждение

Величины средней годичной продукции в широком диапазоне зональных фитоценозов во многом определяются условиями тепло- и влагообеспеченности, интегративно представляемыми климатическими затратами на почвообразование (Q), что математически выражается степенной зависимостью, показывающей наиболее значительный прирост продуктивности при величинах $Q > 900 \text{ МДж/м}^2 \text{ год}^{-1}$. Экосистемы в Сакмарском районе Оренбургской области в условиях более континентального климата, чем в расположенном южнее по широте юго-западном секторе Восточно-Европейской равнины, характеризуются более низким климатическим потенциалом почвообразования (табл. 1). Однако энергопотенциал современного климата в северо-степной подзоне черноземов обыкновенных

в долготном секторе ЕТР (31°20' ÷ 32°30' Е) составляет в среднем $Q=954 \text{ МДж/м}^2 \text{ год}^{-1}$ и вполне сопоставим с формированием таких же почв в оренбургских степях.

Таблица 1 – Объекты изучения почв и растительности степей в составе ООПТ Восточно-Европейской равнины и на целинных участках в Сакмарском районе Оренбургской области

№	Участки целинной степи*	Координаты	Тип растительности	Климатический потенциал почвообразования ($Q, \text{МДж/м}^2 \text{ год}^{-1}$)	Фоновые почвы**
1	Ямская степь	51°11'54.942" N 37°39'14.112" E	ковыльно-разнотравная луговая степь	1063	Чтип
2	Участок у с. Солнечное	45°1'13.7" N 34°6'18.1" E	типчаково-разнотравно-ковыльная ассоциация	1120	Чпредг
3	Заказник «Озеро Чокрак»	45°27'58.7" N 36°19'5.4" E	формация ковыля волосовидного	1050	Чюж
4	Нижняя терраса р. Сред. Каргалка (разр. 4)	52°11'22.549" N 54°47'48.314" E	ковыльно-разнотравная степь	966	Чоб
5	Верхняя терраса р. Сред. Каргалка (разр. 5)	52°11'18.074" N 54°48'16.859" E	формация ковыля волосовидного	966	Чоб

*1 – Ямская степь; 2 – участок у с. Солнечное; 3 – заказник «Озеро Чокрак»; 4, 5 – целинные почвы на террасах р. Сред. Каргалка (разр. 4 и 5 соответственно).

** Чтип – черноземы типичные мощные тучные; Чпредг – черноземы предгорной степи; Чюж – черноземы южные; Чоб – черноземы обыкновенные маломощные.

Специфика эталонных экосистем Оренбургского Предуралья проявляется при сравнении сопряженных данных по содержанию химических элементов в зеленой фитомассе, почвах и величинам коэффициента биологического поглощения с тремя типами степей на особо охраняемых территориях Восточно-Европейской равнины (табл. 2). При этом был установлен определенный парадокс, который проявляется в том, что по сравнению с заповедными экосистемами Восточно-Европейской равнины фитоценозы приуральских степей в биогеохимическом отношении более обеднены (по среднему содержанию семи микроэлементов и величинам коэффициента биологического поглощения по 12 микроэлементам (Si, Al, Mg, P, K, Zn, Ni, Mn, Cr, Sr, Ba, Ti)), тогда как целинные почвы Каргалинского района характеризуются геохимическим своеобразием за счет превышения концентраций по 10 макро- и микроэлементам (Cu, Mg, P, K, Mn, Zn, Ni, Cr, Sr, Ba) (рис. 1). Примечательно, что по содержанию химических элементов в зеленой фитомассе предгорные экосистемы наиболее близки (каргалинские степи и степи у с. Солнечное (Крым)).

Почвы, которые мы классификационно относим к определенному типу (подтипу), нельзя представлять как продукт современных климатических условий, особенно за такой короткий период, как последний век, когда накапливались мониторинговые метеоданные. Рассчитанные нами по данным метеостанции Оренбург за инструментальный период наблюдений ($n = 109$) годовые величины климатических затрат энергии на почвообразование (Q) (рис. 2) отличались сильным уровнем вариации (коэффициент вариации (V) в среднем

составлял 21 %) при размахе величин Q на 95 %-ном уровне вероятности 688 ± 27 ($661 \div 715$) МДж/м² год⁻¹. Как показывает опыт палеоклиматических реконструкций, при изменении климатической системы в прошлом в ту или иную сторону (в части аридности-гумидности) основные закономерности периодичности процесса для местности на той же широте сохраняются. С учетом корректировки климатических параметров для современного педогенеза в ареале распространения черноземов обыкновенных в бассейне р. Сред. Каргалка средние климатические затраты энергии на почвообразование (Q) можно оценить величиной 966 ± 14 МДж/м² год⁻¹ при $V = 21$ %.

Таблица 2 – Сопряженные данные по содержанию химических элементов в зеленой фитомассе, почвах и их соотношение (коэффициент биологического поглощения) для целинных степей

Химический элемент	Единицы измерения	Участки целинных степей*				
		1	2	3	4	5
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Зеленая фитомасса						
Ca	%	0,4	1,1	1,5	1,3	0,2
Si	%	1,8	3,2	2,8	1,3	2,8
Al	%	0,1	0,4	0,1	0,04	0,1
Mg	%	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2
P	%	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
K	%	1,4	0,5	1,3	1,2	1,4
Zn	мг/кг	19,3	35,2	18,4	19,9	19,6
Ni	мг/кг	2,0	4,4	2,2	2,0	2,7
Fe	мг/кг	0,01	0,28	0,16	0,01	0,01
Mn	мг/кг	0,004	0,015	0,007	0,003	0,005
Cr	мг/кг	1,4	5,1	5,4	1,3	0,9
Sr	мг/кг	26,9	72,1	44,1	41,8	14,0
Ba	мг/кг	27,9	46,3	41,7	37,5	17,5
Rb	мг/кг	6,9	10,7	22,9	6,9	4,1
Ti	мг/кг	0,004	0,023	0,004	0,002	0,002
Br	мг/кг	3,4	34,5	0,7	3,8	4,0
Почвы						
Ca	%	1,3	0,7	14,7	0,3	4,3
Si	%	29,3	32,4	18,0	32,3	22,3
Al	%	5,6	5,5	4,5	1,6	6,8
Mg	%	0,9	0,6	1,0	0,6	1,5
P	%	0,08	0,04	0,21	0,50	0,11
K	%	1,5	1,0	1,2	8,4	1,5
Fe	%	3,0	2,4	2,3	0,1	3,7
Ti	%	0,4	0,2	0,3	0,1	0,5
Mn	%	0,1	0,1	0,1	2,2	0,1
Zn	мг/кг	57,8	43,6	62,7	626,2	85,8
Ni	мг/кг	37,8	32,3	32,0	95,6	104,9
Cr	мг/кг	72,2	106,2	75,5	1665,6	145,0
Sr	мг/кг	95,3	48,1	900,1	1630,6	152,8
Ba	мг/кг	425,5	321,4	365,4	6749,8	539,7
Rb	мг/кг	11,6	16,2	20,2	2,2	11,5

1	2	3	4	5	6	7
Коэффициенты биологического поглощения						
Ca	–	30	167	10	468	5
Si	–	6	10	16	4	13
Al	–	1	8	2	3	1
Mg	–	17	39	30	22	10
P	–	137	368	47	25	117
K	–	90	51	105	14	90
Zn	–	33	81	29	3	23
Ni	–	5	14	7	2	3
Fe	–	0,3	12	7	21	0,3
Mn	–	5	13	5	0,1	5
Cr	–	2	5	7	0,1	1
Sr	–	28	150	5	3	9
Ba	–	7	14	11	1	3
Rb	–	60	66	114	310	36
Ti	–	1	9	1	3	0,4

*1 – Ямская степь; 2 – участок у с. Солнечное; 3 – заказник «Озеро Чокрак»; 4, 5 – целинные почвы на террасах р. Сред. Каргалка (разр. 4 и 5 соответственно).

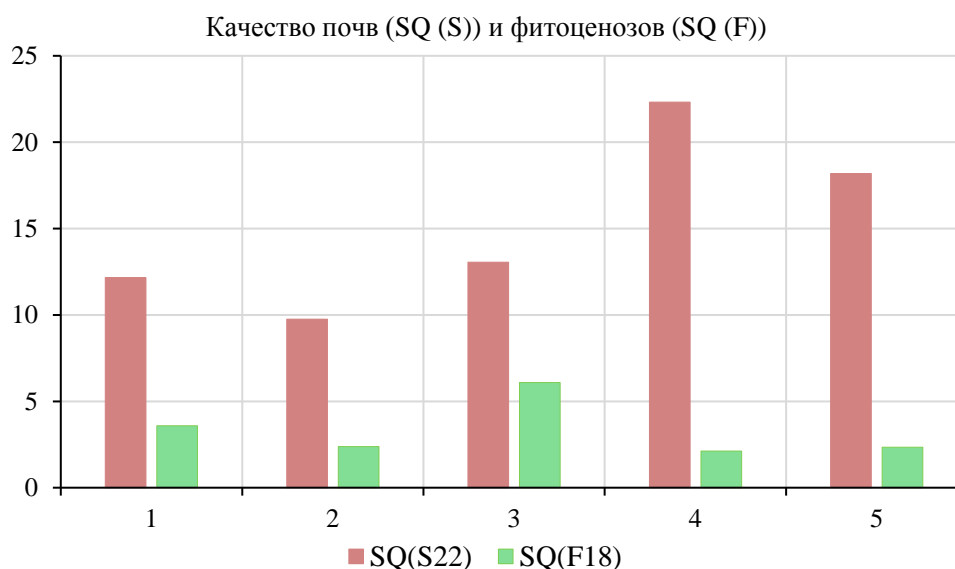


Рисунок 1 – Интегральные оценки качества целинных почв (SQ (S)) по 22 макро- и микроэлементам и зеленой массы растений (SQ (F)) по 18 макро- и микроэлементам

Номерами обозначены объекты: 1 – Ямская степь; 2 – участок у с. Солнечное; 3 – заказник «Озеро Чокрак»; 4, 5 – целинные почвы на террасах р. Сред. Каргалка (разр. 4 и 5 соответственно).

Годовая сумма осадков за период наблюдений с 1915 по 2024 гг. ($n = 110$) отличалась сильным уровнем вариации (величина V достигала 27 %) (рис. 3) при размахе величин на 95 %-ном уровне вероятности 345 ± 18 ($327 \div 362$) мм. Колебательный режим при 10-летнем способе сглаживания показывает, что пульсационный режим, когда суммы осадков по годам колеблются от 168 до 720 мм, мог способствовать такому признаку морфологического строения профиля как его языковатости с формированием заклинов в гор. В обыкновенных черноземах, что почвоведы отмечали как региональную специфику [14]. Встречавшиеся за период наблюдений (мтс. Оренбург) холодные по отношению к среднегодовой температуре ($4,8 \pm 0,1^\circ\text{C}$), но влажные годы (1928, 1945, 1969) в среднем приводили к росту энергозатрат на почвообразование на 17 % (с 688 до 804 (с максимумом 888) МДж/м² год⁻¹). Именно с такими

условиями климата, когда пополнение запасов почвенной влаги за счет атмосферных осадков происходило в холодный период года, могла формироваться затечная или языковатая граница перехода от гумусового горизонта к нижележащему.

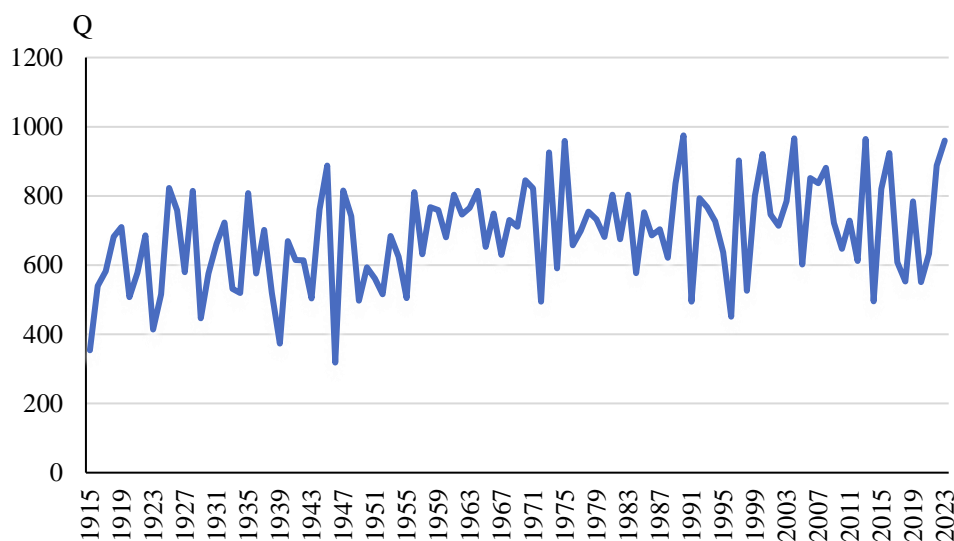


Рисунок 2 – Погоди́чное варьирование расчетных величин климатических затрат энергии на почвообразование (Q , МДж/м² год⁻¹) по метеостанции Оренбург

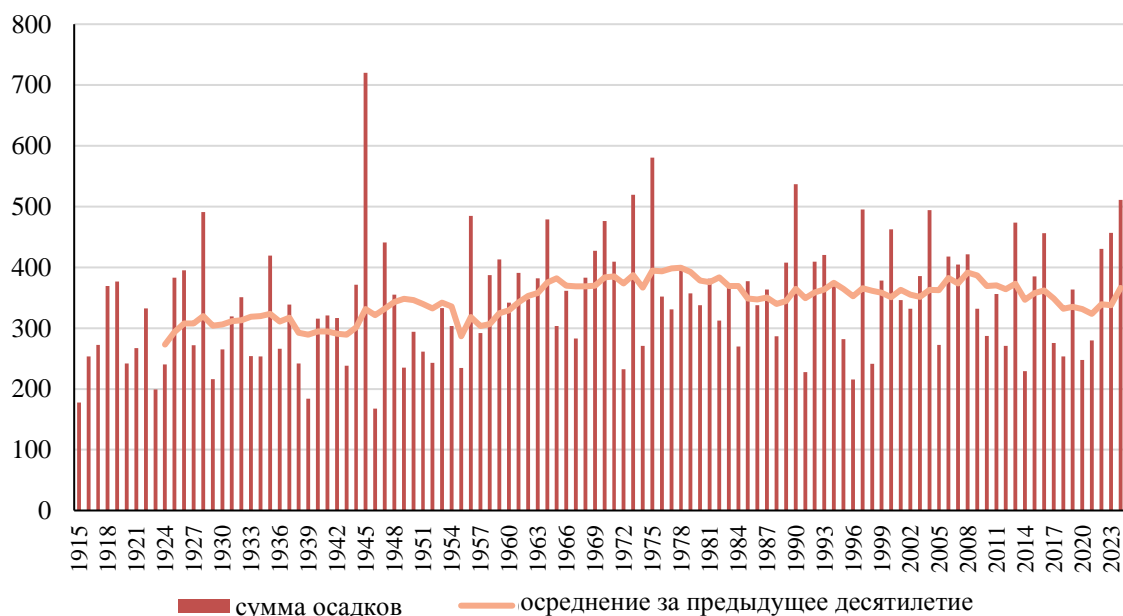


Рисунок 3 – Изменение годовых сумм осадков (мм) и динамика при 10-летнем способе сглаживания (данные метеостанции Оренбург)

Судя по почвенной карте [15], на фоне маломощных обыкновенных черноземов в бассейне р. Сред. Каргалка в верховье реки сформированы среднемощные виды. Эталонный почвенный разрез Оренбургской области для чернозема обыкновенного среднемощного тяжелосуглинистого характеризовался общей мощностью гумусового горизонта 46 см (при диапазоне 42-55 см), а ниже в профиле была отмечена языковатость [14]. Два опорных разреза чернозема обыкновенного среднесуглинистого целинного, заложенные нами вблизи Белоусовского рудника в автоморфной позиции (разр. 5) и на террасе левого борта долины р. Сред. Каргалка (разр. 4), имели строение гумусового горизонта: 0-20 (гор. А), 20-49,5 (гор. АВ) с языковатостью в гор. В от 50 до 59 см (разр. 5) и 0-29,5 (гор. А), 29,5-49,5 (гор. АВ) (разр. 4). Глубина вреза русла р. Сред. Каргалка относительно водораздела (300 м н. у. м.)

составляет 60 м. Зональные эталоны почв, которые сформировались на верхней и нижней террасе речной долины с абсолютными высотами 295 м и 280 м соответственно, имеют некоторые различия в морфологическом строении профиля. На автоморфной позиции (разр. 5) развит чернозем обыкновенный маломощный карбонатный на светло-коричневом среднем суглинке (слабо ксероморфный вид) при соотношении горизонтов А/В 0,68, а на нижней террасе сформировался чернозем обыкновенный маломощный выщелоченный на красном суглинке, подстилаемым с 80 см щебнем, при соотношении горизонтов А/В 1,5. Эти почвы по параметрам строения профиля соответствуют модальным вариантам и интегративно отражают биоклиматический потенциал голоценового педогенеза в данном регионе. В зоне горных выработок новообразованные почвы имели укороченные гумусовые профили: после нарушений в период бронзового века – 35-40 см, с конца XIX в. – 14-17 см. Рудное дело и металлообработка были значительными драйверами древних экономик, однако новации, приводившие к территориальным сдвигам в южном сегменте Восточно-Европейской равнины, были обусловлены как культурно-генетическими процессами, так и климатической сверхвековой ритмикой [16]. Как показали результаты моделирования скорости формирования гумусового профиля зональных почв во времени с использованием историко-археологических данных, при экспоненциальном тренде, общем для этого семейства почв, замедление педогенеза начинается с рубежа, характеризующего реализацию характерного времени этого процесса (по геохронологической шкале Блитта-Сернандера на переходе от SB-3 к SA-1, или на финальной стадии железного века) [17]. Это снижает точность датирования почв на памятниках бронзового века. Однако при проявляемой полигенетичности профиля почв, как это демонстрирует рисунок 4, онтогенетические закономерности роста существенно корректируются климатической обусловленностью педогенеза. Почвы, образовавшиеся после завершения горнорудной деятельности в эпоху бронзы, сформировали гумусовые горизонты мощностью 395 ± 10 мм ($V = 8\%$) (Белоусовский рудник) и 347 ± 15 мм ($V = 7\%$) (Михайловский рудник), что составляет в среднем 75 % от параметра полноголоценовой почвы. Интерпретируя указанные результаты как почвенно-климатический отклик, можно заключить, что биоклиматический потенциал педогенеза в районе Каргалинского рудника после бытования носителей срубной культурно-исторической общности был на 28-37 % ниже тех условий, которые характеризовали западный и центральный сегменты подзоны восточноевропейских степей с распространением черноземов обыкновенных (рис. 4).

Усредненная скорость формирования гумусового горизонта почв в новое время составляла 1 мм/год, а для почв, сформированных после этапа антропогенных нарушений бронзового века, на порядок меньше – 11 мм/100 лет. Это при климатической разнородности хроноинтервалов педогенеза объясняется, прежде всего, нелинейным характером становления гумусового профиля почв, для которого особенно значим этап замедления этого процесса после 26 веков [18].

Погребенные почвы, сформированные с началом финальной фазы срубной культуры (XVII-XVI вв. до н. э.), имеют сходное строение на двух рудниках: гор. А мощностью 27 см и гумусовый горизонт (А+В) 36-40 см. Что касается классификационного статуса этих почв, то по морфологическому строению это черноземы переходные от средне- к сильно ксероморфным видам. Они по данным из четырех разрезов по обоим рудникам характеризуются мощностью гор. А 22 см, гумусового горизонта (А+В) 37-40 см (при соотношении А/В 0,6). Окраска в сухом состоянии у почвы из гор. А темно-серовато-коричневая, из гор. В – темно- или серовато-коричневая. Эти почвы по наличию в профиле «языковатости» ниже гор. В, отсутствию в окраске темно-серого цвета, характерного для обыкновенных черноземов, близки современным южным черноземам мощностью гумусового горизонта до 30-45 см, описанным к югу от Оренбурга [14, с. 74]. Примечательно, что указанные выше параметры гумусового профиля совпадают со средними величинами по 4-м разрезам погребенных почв Каргалинских рудников в нашем исследовании (А1 – 21,5 см, А1/В – 36,8 см). Ранее [19] было показано, что за последние 5000 лет из пяти значительных

минимумов почвообразования, сопряженных с основными максимумами солнечной активности, выделяется период с датами экстремумов 3775-3700 лет назад, когда темпы педогенеза за счет денудации понижались до -0,50 мм/год. Характеристика морфологического строения почв суббореального периода, полученная по подкурганым почвам, погребенным около 4000 лет назад (A1 – 21 см, A1/B – 36 см), позволила их отнести к подтипу южных черноземов с присущей им языковатостью профиля [20, с. 35].

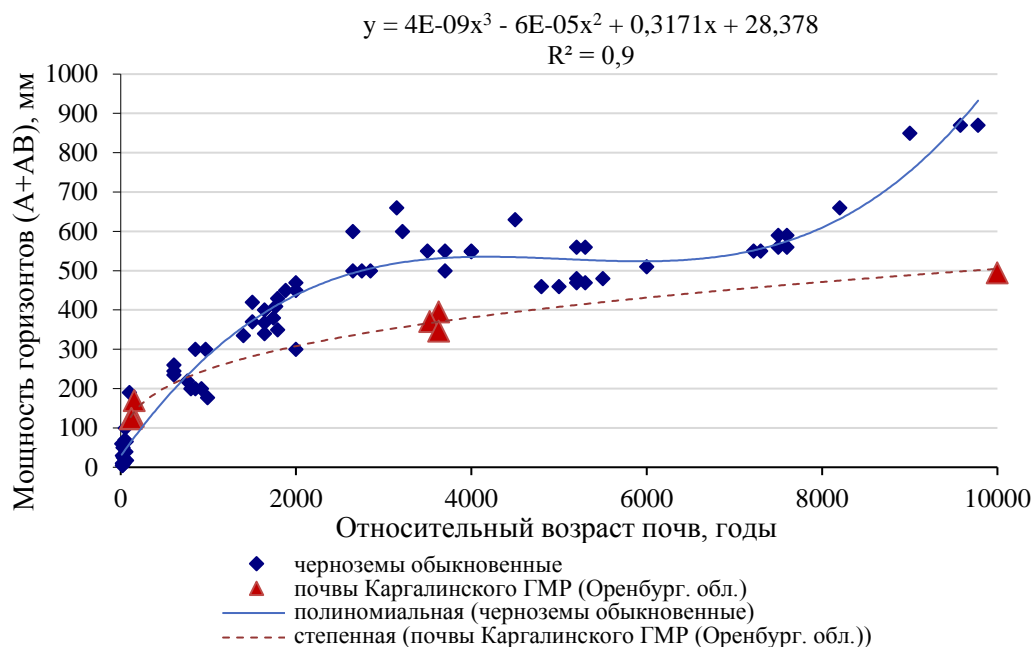


Рисунок 4 – Положение новообразованных почв Приуралья в общем массиве данных по черноземам обыкновенным восточноевропейских степей

Из-за того, что район исследования находится в 45 км от Оренбурга, вблизи которого проходит граница перехода от черноземов обыкновенных к черноземам южным [15], данные по метеостанции в этом городе применимы к бассейну р. Сред. Каргалка с поправкой на более гумидные климатические условия (обычно, это различие составляет по годовой сумме осадков около 20 мм, при уменьшении суммы температур выше 10° на 170°С). Если по оценкам за последние 6 десятилетий среднеголетная величина гидротермического коэффициента (ГТК) для рубежа перехода от обыкновенных к южным черноземам (по) составляет 0,56 (0,16 ÷ 1,18) [21], то подзону распространения черноземов обыкновенных маломощных малогумусных характеризует значение $ГТК_{V-IX}$ 0,68-0,75. Следует также учитывать, что на протяжении голоцена происходили территориальные сдвиги климатически обусловленных границ ландшафтных зон, что могло обусловить соответствующие «записи» в почвенной системе, определяя климатическую полигенетичность почв.

Результатами картографирования для территории юга Восточно-Европейской равнины индекса аридности за последние 60 лет выявлен тренд роста засухливости в начале XXI в. после более гумидного этапа во второй половине XX в., что отразилось в смещении границы степной зоны [22]. Период срубной культуры в общем климатическом контексте природной ритмики голоцена входит составной частью в эпоху ранней суббореальной аридизации, эпохи ранней и средней бронзы (XXVII/XXV-XVII/XVI вв. до н.э.) [23, с. 202], когда количество осадков было меньше на 30-60 мм, чем в современность и, к примеру, в восточноевропейских степях из-за сдвига к северу природных зон на подзону (на месте современных обыкновенных черноземов находились южные черноземы). Однако, если обратиться к региональным палеоклиматическим реконструкциям для более узкого интервала времени XVIII-XVII вв. до н.э., которые опираются на результаты изучения палеопочв на низкой (7 м) первой надпойменной террасе с местоположением Боголюбовского курганного могильника срубной

культуры (в Новосергиевском р-не Оренбургской области, в 105 км к северо-западу от областного центра), то считается, что с периодом функционирования могильника было связано усиление гумидизации климата [24, с. 115], притом что погребенная почва под одним из курганов, сооруженным по обряду срубной культуры раньше остальных в могильнике (предположительно на 75-100 лет), отражает время усиления аридизации [24, с. 114].

Перейдем к рассмотрению ключевых объектов в бассейне р. Сред. Каргалки. С целью выявления пространственно-временных различий формирования почвенно-растительного покрова в посттехногенных ландшафтах Белоусовского и Михайловского рудников сравнительный анализ проведен для сопряженных данных по растительности и почвам на горнорудных отвалах позднебронзового века (разр. 1, 2, 11) и Нового времени (разр. 9) в сравнении с зональными аналогами (разр. 4 и 5). Растительность, произрастающая на целинных почвах в бассейне р. Сред. Каргалка, наиболее значительно отличается от степных растений Восточно-Европейской равнины, представленных средними величинами, меньшей концентрацией ансамбля микроэлементов, который можно представить следующим ранжированным убывающим рядом: $Mn > Rb > (Al, Br, Cr) > Ti > Fe$, и только по содержанию калия отмечается некоторое превышение (в 1,2 раза). Напротив, целинные почвы Каргалинского района характеризуются значительной геохимической самобытностью, что отражает следующий (по нарастанию превышений концентраций) возрастающий ряд: $Mg (1,3) < Sr (2,6) < P (2,8) < Ni (2,9) < K (4,0) < Zn (6,5) < Ba (9,8) < Mn (10,1) < Cr (10,7)$. И только по содержанию кальция и рубидия эти почвы значительно уступают почвам восточноевропейских степей. Хотя территория исследования относится к Общесыртовской возвышенной степи, но, как было показано для сходных регионов, близко расположенных к Уральским горам, содержащих месторождения цветных металлов, в таких ландшафтах наблюдаются природные аномалии накопления в почвах меди, цинка, хрома и марганца [25]. Особенности транслокации, отражаемыми величинами КБП по 15 микроэлементам, объясняется тот факт, что фитоценозы коренных каргалинских степей уступают восточноевропейским степям по основным элементам (Si, Ti, Al, Mn, Mg, P, K, Zn, Ni, Cr, Sr, Ba), за исключением трех микроэлементов, ансамбль которых представлен ранжированным возрастающим рядом: $Fe (1,7) < Rb (2,2) < Ca (3,4)$. Однако, следует отметить некоторые различия целинных почв в бассейне р. Сред. Каргалка из-за различий их гипсометрического положения на террасах (295 м (разр. 4) и 280 м (разр. 5)), что отражается в интегральных оценках качества этих почв, показанных на рисунке 1. Почва верхней террасы в более автоморфных условиях – чернозем обыкновенный маломощный карбонатный на светло-коричневом среднем суглинке (слабо ксероморфный вид) (разр. 5) уступает чернозему обыкновенному маломощному выщелоченному на красном суглинке (разр. 4) по содержанию девяти микроэлементов, но характеризуется более высокой концентрацией Fe, Ca, Ti, Rb, Al, Mg. Ранее [26] было показано, что обусловленность содержания определенного химического элемента в растениях его содержанием в почве проявляется не всегда, поэтому целесообразно учитывать химические соотношения, которые проявляются в процессах внутреннего и внешнего антагонизма-синергизма (так, синергетические эффекты проявляются в парах Fe-Cr, Fe-Ni, Ni-Cr, Fe-Cu, Al-Cu и др). С другой стороны, феномен разнообразия микроэлементного состава в надземных органах растений в одном почвенном ареале предположительно объясняется возможностью растения поддерживать генотипически заданный «микроэлементный гомеостаз» за счет барьерной функции корневой системы [27].

Различия между растительными сообществами на шести ключевых объектах в бассейне р. Сред. Каргалки хорошо диагностирует большинство определявшихся макро- и микроэлементов, однако, судя по величине коэффициента вариации (V), менее информативными ($V < 20\%$) были по содержанию для зеленой фитомассы – калий и никель, а по подстилке – калий и сера. Результаты классификации геохимического состава растительного вещества надземного яруса, полученные путем кластерного анализа (рис. 5), показали принципиальное различие мортмассы (кластер 1) и зеленой фитомассы (кластер 2). Некоторую разнородность в кластер 2 вносит точка № 11, где на борту выработанного

древнего рудника был заложен разрез с новообразованным черноземом на пестрых по составу вскрышных породах (с меднорудными включениями) под ковыльно-разнотравной ассоциацией. Ее зеленая фитомасса содержала меньшее количество по 12 элементам, чем в остальных пяти объектах (особенно по железу и титану), однако отличалась более высокими концентрациями Cl (в 2,4 раза), S, P, Br (в 1,6-1,8 раза), Mg (в 1,2 раза), Rb (в 1,1 раза).

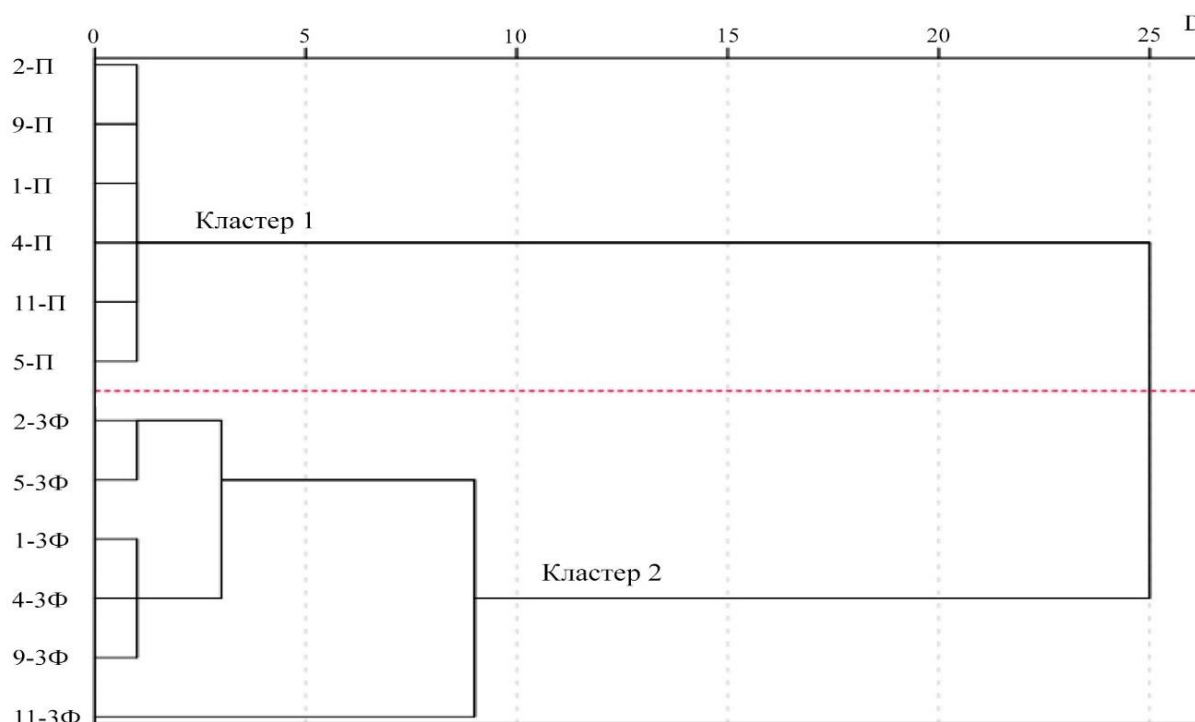


Рисунок 5 – Дендрограмма кластерного анализа образцов зеленой фитомассы (№-3Ф) и подстилки (№-П) в бассейне р. Сред. Каргалка

Формирование мортмассы (подстилки) определяется как поступлением ежегодного опада, так и процессами выщелачивания, управляемыми ресурсами тепла и влаги с ритмическими колебаниями в пределах 10 (11)-летнего цикла солнечной активности. После ежегодного отмирания фитомассы, частичного выщелачивания элементов из ветоши с дальнейшим ее превращением в подстилку именно ее минерализация с поступлением с водными массами зольных элементов (K, P, Ca, Mg, Mn) становится постоянно пополняемым источником биогеохимического влияния фитоценоза на почву. Расчеты соотношения концентраций элементов в подстилке по сравнению с надземной фитомассой позволили сформировать следующий ранжированный убывающий ряд аккумуляции: Fe (15,4) > Cr (8,4) > Ti (8,1) > Al (6,6) > Mn (2,6) > Ni (2,4) > Ba (2,2) > Si (2,1) > Ca (1,4) > Sr (1,2). Примечательно, что в этом ряду отмечается обогащение подстилки такими эссенциальными элементами, как Fe, Mn, Ni, но обеднение калием и фосфором в сравнении с зеленой фитомассой. Эти результаты отражают региональную специфику биогеохимии степных растений, для которых в эталонных условиях отмечается прежде всего накопление Si, Ca и K. Особое значение имеет оценка содержания меди, которая накапливается в подстилке растительных сообществ. Если в целинных условиях (разр. 4 и 5) содержание меди варьировало от 11 до 16 мг/кг, то на четырех объектах Белоусовского и Михайловского рудников содержание меди в подстилке увеличивалось от 109 мг/кг до 827 мг/кг (над почвенным разр. 2, расположенным в 1,2 м от края обжиговой ямы ГПК-1 Белоусовского рудника). При этом следует отметить, что в гумусовом горизонте новообразованной почвы разр. 2 содержание меди менялось от 109 мг/кг (0-6 см) до 410 мг/кг (6-11 см). Это свидетельствует о высокой роли биогенной аккумуляции меди в надземную фитомассу, отразившейся в депонирующей эффективности мортмассы.

Выводы

Транслокация макро- и микроэлементов в системе почва-растение зависит от многих факторов, но при сравнении посттехногенных геоэкосистем и целинных аналогов в одинаковых биоклиматических условиях появляется возможность определить вклад антропогенного фактора, связанного с трансформацией почвенно-растительного покрова и литогенной основы. Сравнение геохимического состава фитомассы степных растений на заповедных участках Восточно-Европейской равнины с целинными экосистемами Каргалинского района показало, что фитоценозы приуральских степей в биогеохимическом отношении более обеднены (по содержанию семи микроэлементов и величинам коэффициента биологического поглощения по 12 микроэлементам). Однако целинные почвы Каргалинского района, напротив, отличаются геохимическим своеобразием, характеризуемым превышением концентраций по 10 макро- и микроэлементам.

Степная подстилка в посттехногенных ландшафтах не только выступает источником зольных элементов, которые выщелачиваются в почву, но и депонирующей средой с повышенной концентрацией 11 химических элементов, из которых семь относятся к тяжелым металлам (Fe, Cr, Cu, Mn, Ni) и потенциально токсичным (Ba, Sr).

Помимо высокого содержания меди в почвах горнорудных комплексах (до 10 раз выше экологических нормативов (ОДК) на шламовых площадках), в этих условиях установлена высокая аккумуляция меди в подстилке (на порядок выше, чем в экосистемах зональных эталонов), что характеризует высокую эффективность этого элемента в процессе биогенного накопления.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-78-20015-II, <https://rscf.ru/project/21-78-20015/>.

Список литературы

1. Deak B., Valko O., Toth C.A., Botos A., Novak T.J. Legacies of past land use challenge grassland recovery – An example from dry grasslands on ancient burial mounds // *Nature Conservation*. 2020. Vol. 39. P. 113-132.
2. Poletaev A., Bunyaeva A., Burinchik A. An Analysis of the Preservation of Burial Mounds: A Case Study of the Steppe and Forest-Steppe Areas of the Belgorod Region and the Crimean Peninsula Using GIS Technology // *Conservation and Management of Archaeological Sites*. 2021. Vol. 22. No. 1-2. P. 52-73.
3. Bede A., Valko O., Czukor P., Deak B. Multidisciplinary Study of the Landscape, Cultural, and Natural Importance of Ancient Burial Mounds // *Human Ecology*. 2025. P. 1-14.
4. Демкин В.А., Ельцов М.В., Алексеев А.О., Борисов А.В. Палеопочвенные исследования курганного могильника «Илекшар» в Южном Приуралье // *Степи Северной Евразии: Материалы IV Междунар. симпоз.* Оренбург: ИПК Газпромнефть, 2006. С. 224-227.
5. Сулейманов Р.Р., Кунгурцев А.Я. Особенности формирования почвенного покрова на примере археологических памятников Предуралья и Зауралья // *Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК. Ч. I.* Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2017. С. 174-180.
6. Усманов Б.М., Гайнуллин И.И., Гафуров А.М., Иванов М.А., Хомяков П.В., Губайдуллин А.М., Ермолаев О.П., Абдуллин Х.М., Саламатина Н.С., Касимов А.В. Страна городов: комплексные исследования городищ Волжской Булгарии // *Региональные геосистемы*. 2021. Т. 45. № 4. С. 481-504.
7. Смекалова Т.Н., Кашуба М.Т., Мульд С.А., Лисецкий Ф.Н., Борисов А.В., Соломонова М.Ю., Каширская Н.Н., Бэван Б.У., Кулькова М.А., Очередной А.К. Междисциплинарные исследования поселений эпохи бронзы Северо-Западного Крыма. СПб.: Изд-во Алетея, 2020. 204 с.

8. Prikhodko V., Savelev N., Kotov V., Nikolaev S., Ruslanov E., Rumyantsev M., Manakhova E. Complex study of settlements dating from the Paleolithic to Medieval Period in the Ural Mountains on the border of Europe and Asia // *Geosciences*. 2025. Vol. 15. No. 1. Art. 31.
9. Лисецкий Ф.Н. Землеустроительная практика и почвенные ресурсы в истории греческой колонизации Северного Причерноморья // *Проблемы истории, методологии и социологии почвоведения: Материалы III Всерос. науч. конф. с междунар. участием*. 2017. С. 334-339.
10. Шубин Ю.П. Проблемы и перспективы исследований объектов древней горно-металлургической деятельности методами геоархеологии и горной археологии (на примере древних рудников Донбасса) // *Геоархеология и археологическая минералогия*. 2017. Т. 4. С. 146-149.
11. Дронов Н.С. Исторические медные рудники степного Приуралья в структуре особо охраняемых природных территорий Оренбургской области // *Вопросы степеведения*. 2024. № 3. С. 63-73.
12. Ткачев В.В. Трансграничная зона срубной и алакульской культур в степном Приуралье: физико-географический и горно-металлургический аспекты // *Поволжская Археология*. 2020. № 3 (33). С. 116-128.
13. Купцова Л.В., Моргунова Н.Л., Салугина Н.П., Хохлова О.С. Периодизация срубной культуры Западного Оренбуржья по археологическим и естественно-научным данным // *Археология, этнография и антропология Евразии*. 2018. Т. 46. № 1. С. 100-107.
14. Климентьев А.И., Блохин Е.В. Почвенные эталоны Оренбургской области: Материалы для Красной книги почв Оренбургской области. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1996. 90 с.
15. Соколов А.А., Чибилев А.А., Руднева О.С., Барбазюк Е.В., Дубровская С.А., Кин Н.О., Климентьев А.И., Левыкин С.В., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А., Петрищев В.П., Поляков Д.Г., Рябуха А.Г., Сивохиц Ж.Т., Чибилев А.А. Географический атлас Оренбургской области. Оренбург: Институт степи УрО РАН; РГО, 2020. 160 с.
16. Мимоход Р.А., Гак Е.И., Хомутова Т.Э., Рябогина Н.Е., Борисов А.В. Палеоэкология – культурогенез – металлопроизводство: причины и механизмы смены эпох в культурном пространстве юга Восточной Европы в конце средней – начале поздней бронзы // *Российская археология*. 2022. № 1. С. 24-38.
17. Лисецкий Ф.Н. Изучение закономерностей зонального почвообразовательного процесса // *Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях: Тез. докл. четвертой всесоюз. науч. конф. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. С. 194-195.*
18. Голеусов П.В., Лисецкий Ф.Н. Черноземообразование на лёссовых отвалах, рецетный онтогенез и скорость регенерации почв // *Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв*. М.: ООО «Издательство ГЕОС», 2015. С. 469-479.
19. Иванов И.В., Лисецкий Ф.Н. Сверхвековая периодичность солнечной активности и почвообразование // *Биофизика*. 1995. Т. 40. № 4. С. 905-910.
20. Иванов И.В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М.: Наука, 1992. 144 с.
21. Языкбаев Э.Р. Изменение гидротермического коэффициента на фоне потепления климата в Оренбурге // *Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры*. Оренбург: ОГУ, 2024. С. 2733-2736.
22. Ельцов М.В., Овчинников А.Ю., Митенко Г.В., Алексеев А.О. Отклик почв на изменение климата в степной зоне европейской части России за последние десятилетия // *Почвоведение*. 2021. № 12. С. 1437-1448.
23. Иванов И.В., Васильев И.Б. Человек, природа и почвы Рын-песков Волго-Уральского междуречья в голоцене. М.: Интеллект, 1995. 264 с.
24. Моргунова Н.Л., Гольева А.А., Евгеньев А.А., Крюкова Е.А., Купцова Л.В., Рослякова Н.В., Салугина Н.П., Турецкий М.А., Хохлов А.А., Хохлова О.С. Боголюбовский

курганый могильник срубной культуры в Оренбургской области. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2014. 172 с.

25. Приходько В.Е., Савельев Н.С., Котов В.Г. Почвенно-геохимическое изучение черноземов и культурных слоев (возрастом от палеолита до средневековья) поселений горнорудного Урала // Почвы и окружающая среда. 2025. Т. 8. № 2. с290.

26. Sindireva A.V., Boev V.A., Erdenetsogt E., Saizhaa N., Boev V.V., Ieronova V.V. Geochemical assessment of macro- and microelements content in the soil-plant system in the conditions of the Selenga Aimag in northern Mongolia // Bulletin of KSAU. 2025. No. 7. P. 57-73.

27. Еремченко О.З., Чудинова Л.А. Микроэлементный состав почв и растительности заповедной лесостепи в условиях техногенеза // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. С. 279-279.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 16.10.2025

Принята к публикации 12.12.2025

GEOCHEMICAL FEATURES OF THE FORMATION AND REPRODUCTION OF SOIL AND VEGETATION COVER IN VARIOUS NATURAL AND POST-TECHNOGENIC LANDSCAPES OF THE STEPPE ZONE

F. Lisetskii^{1,2}

¹Orenburg Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg

²Belgorod State National Research University, Russia, Belgorod
e-mail: liset@bsuedu.ru

The article presents the new results from a study of the soil and vegetation cover of virgin steppes and mining and metallurgical sites of the Kargalinsky copper ore complexes, associated with the formation of waste heaps during the Bronze Age and modern times. A comparative analysis of the values of biological absorption coefficient was conducted based on the conjugated data on the chemical elements' content in the green phytomass and soils of three steppe types in specially protected areas of the East European Plain to establish the specifics of the reference ecosystems of the Orenburg Cis-Urals.

Key words: zonal soil standards, virgin steppes, Priuralsky mining and metallurgical center, copper ore complexes, Srubnaya culture, post-technogenic landscapes, soil geochemistry, microelements of plant matter, steppe litter.

References

1. Deak B., Valko O., Toth C.A., Botos A., Novak T.J. Legacies of past land use challenge grassland recovery – An example from dry grasslands on ancient burial mounds. *Nature Conservation*. 2020. Vol. 39. P. 113-132.

2. Poletaev A., Bunyaeva A., Burinchik A. An Analysis of the Preservation of Burial Mounds: A Case Study of the Steppe and Forest-Steppe Areas of the Belgorod Region and the Crimean Peninsula Using GIS Technology. *Conservation and Management of Archaeological Sites*. 2021. Vol. 22. No. 1-2. P. 52-73.

3. Bede A., Valko O., Czukor P., Deak B. Multidisciplinary Study of the Landscape, Cultural, and Natural Importance of Ancient Burial Mounds. *Human Ecology*. 2025. P. 1-14.

4. Demkin V.A., El'tsov M.V., Alekseev A.O., Borisov A.V. Paleopochvennyye issledovaniya kurgannogo mogil'nika "Ilekshar" v Yuzhnom Priural'e. Stepi Severnoi Evrazii: Materialy IV Mezhdunar. simpoz. Orenburg: IPK Gazprompechat', 2006. S. 224-227.
5. Suleimanov R.R., Kungurtsev A.Ya. Osobennosti formirovaniya pochvennogo pokrova na primere arkheologicheskikh pamyatnikov Predural'ya i Zaural'ya. Sovremennoe sostoyanie, traditsii i innovatsionnyye tekhnologii v razvitiі APK. Ch. I. Ufa: Bashkirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2017. S. 174-180.
6. Usmanov B.M., Gainullin I.I., Gafurov A.M., Ivanov M.A., Khomyakov P.V., Gubaidullin A.M., Ermolaev O.P., Abdullin Kh.M., Salamatina N.S., Kasimov A.V. Strana gorodov: kompleksnyye issledovaniya gorodishch Volzhskoi Bulgarii. Regional'nye geosistemy. 2021. T. 45. N 4. S. 481-504.
7. Smekalova T.N., Kashuba M.T., Mul'd S.A., Lisetskii F.N., Borisov A.V., Solomonova M.Yu., Kashirskaya N.N., Bevan B.U., Kul'kova M.A., Ocherednoi A.K. Mezhdistsiplinarnye issledovaniya poselenii epokhi bronzy Severo-Zapadnogo Kryma. SPb.: Izd-vo Aleteiya, 2020. 204 s.
8. Prikhodko V., Savelev N., Kotov V., Nikolaev S., Ruslanov E., Rumyantsev M., Manakhova E. Complex study of settlements dating from the Paleolithic to Medieval Period in the Ural Mountains on the border of Europe and Asia. Geosciences. 2025. Vol. 15. No. 1. Art. 31.
9. Lisetskii F.N. Zemleustroitel'naya praktika i pochvennyye resursy v istorii grecheskoi kolonizatsii Severnogo Prichernomor'ya. Problemy istorii, metodologii i sotsiologii pochvovedeniya: Materialy III Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem. 2017. S. 334-339.
10. Shubin YU.P. Problemy i perspektivy issledovaniy ob'ektov drevnei gorno-metallurgicheskoi deyatel'nosti metodami geoarkheologii i gornoj arkheologii (na primere drevnikh rudnikov Donbassa). Geoarkheologiya i arkheologicheskaya mineralogiya. 2017. T. 4. S. 146-149.
11. Dronov N.S. Istoricheskie mednye rudniki stepnogo Priural'ya v strukture osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii Orenburgskoi oblasti. Voprosy stepovedeniya. 2024. N 3. S. 63-73.
12. Tkachev V.V. Transgranichnaya zona srubnoi i alakul'skoi kul'tur v stepnom Priural'e: fiziko-geograficheskii i gorno-metallurgicheskii aspekty. Povolzhskaya Arkheologiya. 2020. N 3 (33). S. 116-128.
13. Kuptsova L.V., Morgunova N.L., Salugina N.P., Khokhlova O.S. Periodizatsiya srubnoi kul'tury Zapadnogo Orenburzh'ya po arkheologicheskim i estestvenno-nauchnym dannym. Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii. 2018. T. 46. N 1. S. 100-107.
14. Kliment'ev A.I., Blokhin E.V. Pochvennyye etalony Orenburgskoi oblasti: Materialy dlya Krasnoi knigi pochv Orenburgskoi oblasti. Ekaterinburg: Izd-vo UrO RAN, 1996. 90 s.
15. Sokolov A.A., Chibilev A.A., Rudneva O.S., Barbazyuk E.V., Dubrovskaya S.A., Kin N.O., Kliment'ev A.I., Levykin S.V., Pavleichik V.M., Padalko YU.A., Petrishchev V.P., Polyakov D.G., Ryabukha A.G., Sivokhip Zh.T., Chibilev A.A. Geograficheskii atlas Orenburgskoi oblasti. Orenburg: Institut stepi UrO RAN; RGO, 2020. 160 s.
16. Mimokhod R.A., Gak E.I., Khomutova T.E., Ryabogina N.E., Borisov A.V. Paleoekologiya – kul'turogenez – metalloproduktivnost': prichiny i mekhanizmy smeny epokh v kul'turnom prostranstve yuga Vostochnoi Evropy v kontse srednei – nachale pozdnei bronzy. Rossiiskaya arkheologiya. 2022. N 1. S. 24-38.
17. Lisetskii F.N. Izuchenie zakonornostei zonal'nogo pochvoobrazovatel'nogo protsessa. Zakonornosti proyavleniya erozionnykh i ruslovykh protsessov v razlichnykh prirodnykh usloviyakh: Tez. dokl. chetvertoi vsesoyuz. nauch. konf. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1987. S. 194-195.
18. Goleusov P.V., Lisetskii F.N. Chernozemoobrazovanie na lessovykh otvalakh, retsentnyi ontogenez i skorost' regeneratsii pochv. Evolyutsiya pochv i pochvennogo pokrova. Teoriya, raznoobrazie prirodnoi evolyutsii i antropogennykh transformatsii pochv. M.: OOO "Izdatel'stvo GEOS", 2015. S. 469-479.
19. Ivanov I.V., Lisetskii F.N. Sverkhvekovaya periodichnost' solnechnoi aktivnosti i pochvoobrazovanie. Biofizika. 1995. T. 40. N 4. S. 905-910.
20. Ivanov I.V. Evolyutsiya pochv stepnoi zony v golotsene. M.: Nauka, 1992. 144 s.

21. Yazykbaev E.R. Izmenenie gidrotermicheskogo koeffitsienta na fone potepleniya klimata v Orenburge. Universitetskii kompleks kak regional'nyi tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury. Orenburg: OGU, 2024. S. 2733-2736.
22. El'tsov M.V., Ovchinnikov A.Yu., Mitenko G.V., Alekseev A.O. Otklik pochv na izmenenie klimata v stepnoi zone evropeiskoi chasti Rossii za poslednie desyatletiya. Pochvovedenie. 2021. N 12. S. 1437-1448.
23. Ivanov I.V., Vasil'ev I.B. Chelovek, priroda i pochvy Ryn-peskov Volgo-Ural'skogo mezhdurech'ya v golotsene. M.: Intellect, 1995. 264 s.
24. Morgunova N.L., Gol'eva A.A., Evgen'ev A.A., Kryukova E.A., Kuptsova L.V., Roslyakova N.V., Salugina N.P., Turetskii M.A., Khokhlov A.A., Khokhlova O.S. Bogolyubovskii kurgannyi mogil'nik srubnoi kul'tury v Orenburgskoi oblasti. Orenburg: Izd-vo OGPU, 2014. 172 s.
25. Prihod'ko V.E., Savel'ev N.S., Kotov V.G. Pochvenno-geokhimicheskoe izuchenie chernozemov i kul'turnykh sloev (vozrastom ot paleolita do srednevekov'ya) poselenii gornorudnogo Urala. Pochvy i okruzhayushchaya sreda. 2025. T. 8. N 2. e290.
26. Sindireva A.V., Boev V.A., Erdenetsogt E., Saizhaa N., Boev V.V., Ieronova V.V. Geochemical assessment of macro- and microelements content in the soil-plant system in the conditions of the Selenga Aimag in northern Mongolia. Bulletin of KSAU. 2025. No. 7. P. 57-73.
27. Eremchenko O.Z., Chudinova L.A. Mikroelementnyi sostav pochv i rastitel'nosti zapovednoi lesostepi v usloviyakh tekhnogeneza. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. N 5. S. 279-279.

Сведения об авторе:

Лисецкий Федор Николаевич

Д.г.н., старший научный сотрудник, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук; профессор кафедры природопользования и земельного кадастра, Институт наук о Земле, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

ORCID 0000-0001-9019-4387

Lisetskii Fedor

Doctor of Geographical Sciences, Senior Researcher, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Professor of the Department of Nature Management and Land Cadastre, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University

Для цитирования: Лисецкий Ф.Н. Геохимические особенности формирования и воспроизводства почвенно-растительного покрова в различных природных и посттехногенных ландшафтах степной зоны // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 4-18. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-4-18

ПРОГНОЗНЫЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ

Т.В. Лебедева, *А.А. Чибилёв (мл.)

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: *economgeo-is@mail.ru

В статье предложена методика для оценки влияния различных факторов на природно-хозяйственные системы степных регионов. Используются методы экспертных оценок, статистического наблюдения, кластерного анализа, корреляционного и регрессионного анализа.

Субъекты степных регионов разделены на 2 кластера, которые отличаются по социально-экономическим и экологическим показателям. Разработаны три варианта прогноза для ключевых показателей, таких как плотность населения, уровень безработицы, выбросы загрязняющих веществ, площадь сельскохозяйственных угодий и др. Показано, что субъекты первого кластера имеют более благоприятные прогнозы по большинству показателей, точность которых высока (ошибка не превышает 10 %).

Значимость работы заключается в комплексном подходе к прогнозированию, который объединяет природные и хозяйственные факторы, что особенно актуально для степных регионов, подверженных значительным антропогенным и климатическим воздействиям.

Ключевые слова: природно-хозяйственные системы, степные регионы, кластерный анализ, природа, население, хозяйственные ресурсы.

Введение

Природно-хозяйственные системы (ПХС) представляют собой сложные комплексы, в которых осуществляется взаимодействие природных компонентов и хозяйственной деятельности человека. Изучение характера этих взаимодействий, выявление возникающих проблем и разработка путей их решения приобретают особую актуальность с социально-экономической и экологической точек зрения [1].

Особый интерес представляют степные регионы России, где, несмотря на относительную однородность природно-климатических условий, наблюдается значительное разнообразие хозяйственно-экономических моделей. Эти территории являются ключевыми аграрными регионами страны, однако их устойчивое развитие сталкивается с комплексом серьезных вызовов.

Среди основных угроз степным ПХС следует выделить прогрессирующую деградацию природной среды, нерациональное землепользование, последствия климатических изменений, проблемы социального благополучия и экономической стабильности.

Цель работы – предложить методику разработки прогнозных сценариев, основанную на поэтапном анализе взаимодействия подсистем «природа – население – хозяйственные ресурсы».

Материалы и методы

Взаимосвязи пространственных, природных и социально-экономических факторов в формировании и эволюции территориальных природно-хозяйственных систем (ТПХС) ранее исследовались отечественными авторами. Бабурин В.Л. в своей работе демонстрирует, что ТПХС – результат сложного взаимодействия природных рамок и социально-экономических инноваций. Их развитие носит циклический и неравномерный характер, требующий

интеграции географического и экономического подходов для прогнозирования и регулирования [2].

Работа Лебедевой М.А. посвящена исследованию роли природно-хозяйственных систем в экономике регионов с акцентом на необходимость баланса между экологическими и экономическими аспектами развития [3].

В работах Краснойяровой Б.А., Назаренко А.Е. и других соавторов исследуется устойчивость ПХС степных регионов Сибири к внешним воздействиям, а уязвимость территорий классифицирована по четырем категориям (влияние изменения климата, загрязнение окружающей среды, сельскохозяйственное производство, доступность водных ресурсов), разработан метод ее определения. В рамках исследования была выполнена оценка распределения ПХС в зависимости от их восприимчивости к природным явлениям и социоэкономическим воздействиям, принимая во внимание возможные экологические и экономические тенденции развития [4, 5, 6].

Статьи Чибилёва А.А. (мл.), Григорьевского Д.В. и Мелешкина Д.С. посвящены исследованию современных вызовов пространственному развитию регионов степной зоны России. Проведен анализ социально-экономических, экологических и геополитических проблем, с которыми сталкиваются природно-хозяйственные системы этих регионов [7, 8].

Разработанная нами поэтапная схема оценки прогнозных сценариев развития природно-хозяйственных систем с учетом влияния факторов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Этапы разработки прогнозных сценариев развития природно-хозяйственных систем с учетом влияния факторов

Этап	Методы
1. Определение объекта прогнозирования	Экспертные методы
2. Выявление факторов, влияющих на объект прогнозирования	Экспертные методы
3. Сбор и обработка эмпирических данных по объекту прогнозирования и факторам, влияющих на него	Статистическое наблюдение, сводка и группировка
4. Исследование вариации объекта прогнозирования и формирование однородной совокупности	1. Показатели вариации 2. Кластерный анализ (метод k-средних)
5. Оценка прогностической модели с учетом влияния факторов	Корреляционный и регрессионный анализ
6. Разработка прогнозных сценариев	Вариантный прогноз по модели регрессии
7. Проверка надежности, точности полученных прогнозов	Относительная ошибка прогноза

На первом этапе, опираясь на матрицу отношений подсистем региональной природно-хозяйственной системы, представленной в исследовании Плякина А.В., а также имеющуюся официальную статистическую информацию по субъектам Российской Федерации за 2023 год, нами сформирована система показателей отношений подсистем региональных природно-хозяйственных комплексов (рис. 1) [9].

Показатели блока «Природа – население» характеризуют расселение населения (PN_1 – PN_3) и этнокультурные традиции хозяйствования (PN_4 – PN_9); в блок «Природа – хозяйственные ресурсы» включены показатели, характеризующие комфортность окружающей среды (PX_6), а также геоэкологическую ситуацию (PX_1 – PX_5); показатели блока «Население – хозяйственные ресурсы» отражают ресурсопотребление (NX_1), а также условия труда и качество жизни населения (NX_2 – NX_4).

Природа - Население

- PN₁ - доля муниципальных образований с численностью населения более 10 тыс. чел.
 PN₂ - плотность населения, чел/км²
 PN₃ - удельный вес городского населения в общей численности населения, %
 PN₄ - индексы промышленного производства, %
 PN₅ - индексы производства продукции растениеводства, %
 PN₆ - индексы производства продукции животноводства, %
 PN₇ - объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство», млрд рублей
 PN₈ - индексы физического объема оборота розничной торговли, %
 PN₉ - индексы физического объема платных услуг населению, %

Природа - Хозяйственные ресурсы

- PX₁ - выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, тыс. т
 PX₂ - сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн куб. м
 PX₃ - сельскохозяйственные угодья, тыс. га
 PX₄ - лесные земли, тысяч га
 PX₅ - поверхностные воды, включая болота, тыс. га
 PX₆ - удельный вес площади ООПТ в общей площади территории, %

Население - Хозяйственные ресурсы

- NX₁ - валовой региональный продукт на душу населения, рублей
 NX₂ - медианная заработная плата работников организаций, рублей
 NX₃ - общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, кв. м
 NX₄ - уровень безработицы, %

Рисунок 1 – Показатели отношений подсистем региональных природно-хозяйственных комплексов

Результаты и обсуждение

По выделенным показателям проведен кластерный анализ. Методом k-средних выделены 2 кластера (табл. 2).

Как видно по данным таблицы 3, в 2023 году в субъектах, вошедших в 1 кластер, средние значения 12 из 19 анализируемых показателей превышали средние по субъектам 2 кластера. Более чем в 2 раза наблюдалось превышение по показателям «доля муниципальных образований с численностью населения более 10 тыс. чел.», «объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» и «выбросы загрязняющих веществ в

атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников». При этом средний уровень безработицы в субъектах 1 кластера на 31 % ниже, чем в субъектах 2 кластера.

Таблица 2 – Результаты кластерного анализа субъектов степных регионов по показателям отношений подсистем региональных природно-хозяйственных комплексов

№ кластера	Число субъектов	Состав кластера
1	9	Области: Белгородская, Воронежская, Ростовская, Оренбургская, Самарская, Челябинская, Новосибирская; Краснодарский край; Республика Башкортостан
2	9	Области: Волгоградская, Саратовская, Курганская, Омская; Края: Алтайский, Ставропольский; Республики: Адыгея, Калмыкия, Крым
Итого	18	-

Таблица 3 – Соотношений средних значений показателей отношений подсистем региональных природно-хозяйственных комплексов в выделенных кластерах

Показатель	1 кластер	2 кластер	Показатели 1 кластера ко 2 кластеру
<i>Природа – население</i>			
доля муниципальных образований с численностью населения более 10 тыс. чел.	34,6	15,3	2,26
плотность населения, чел/км ²	41,4	29,5	1,40
удельный вес городского населения в общей численности населения, %	69,2	62,0	1,12
индексы промышленного производства, %	102,6	105,0	0,98
индексы производства продукции растениеводства, %	95,1	96,0	0,99
индексы производства продукции животноводства, %	98,5	99,5	0,99
объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство», млрд рублей	268,6	113,1	2,38
индексы физического объема оборота розничной торговли, %	109,4	117,2	0,93
индексы физического объема платных услуг населению, %	104,2	105,9	0,98
<i>Население – хозяйственные ресурсы</i>			
валовой региональный продукт на душу населения, рублей	697342,1	442419,3	1,58
медианная заработная плата работников организаций, рублей	45098,1	37459,4	1,20
общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, м ²	30,9	27,3	1,13
уровень безработицы, %	2,7	3,9	0,69
<i>Природа – хозяйственные ресурсы</i>			
выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, тыс. т	268,7	94,4	2,85
сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн м ³	139,8	81,6	1,71
сельскохозяйственные угодья, тыс. га	6114,2	5973,5	1,02
лесные земли, тысяч га	1907,7	1373,8	1,39
поверхностные воды, включая болота, тыс. га	667,3	605,9	1,10
удельный вес площади ООПТ в общей площади территории, %	7,5	7,9	0,95

Исходя из сущности анализируемых показателей, при оценке линейных регрессионных уравнений в качестве экзогенных переменных нами использованы показатели, приведенные на рисунке 1, а также дополнительные показатели, обозначенные « x_i ». Условные обозначения всех экзогенных переменных приведены после таблиц 4-6.

Экзогенными переменными в уравнениях регрессии для показателей блока «Природа – население» выступили показатели блока «Население – хозяйственные ресурсы», два показателя из блока «Природа – хозяйственные ресурсы», а также дополнительные показатели, характеризующие природные условия (X_2 и X_3) и социально-экономическое развитие субъектов (X_5 , X_6 , X_8 , X_9 , X_{10} , X_{13} , X_{14}) (табл. 4). При этом только для четырех эндогенных переменных (плотность населения; удельный вес городского населения в общей численности населения; индексы производства продукции растениеводства; индексы физического объема оборота розничной торговли) в уравнения для разных кластеров вошли одинаковые экзогенные переменные.

Таблица 4 – Оценка уравнений линейной регрессии для показателей блока «Природа – население»

Эндогенная переменная	Оценка уравнения регрессии	
	1 кластер	2 кластер
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
доля муниципальных образований с численностью населения более 10 тыс. чел. (%)	$\widehat{PN}_1 = -8,8 + 2,72 \cdot x_8$	$\widehat{PN}_1 = 0,58 + 0,002 \cdot x_{13} + 0,05 \cdot x_{10}$
плотность населения (чел./км ²)	$\widehat{PN}_2 = -7,6 + 0,25 \cdot x_{10}$	$\widehat{PN}_2 = 108,2 + 0,0002 \cdot NX_1 + 0,18 \cdot x_{10}$
удельный вес городского населения в общей численности населения (%)	$\widehat{PN}_3 = -41,2 + 0,002 \cdot NX_2$	$\widehat{PN}_3 = -84,2 + 0,004 \cdot NX_2$
индексы промышленного производства (в процентах к предыдущему году)	$\widehat{PN}_4 = 272,6 - 0,23 \cdot x_5 - 4,63 \cdot x_3$	$\widehat{PN}_4 = 99,95 + 0,04 \cdot x_{10}$
индексы производства продукции растениеводства (в хозяйствах всех категорий; в сопоставимых ценах; в процентах к предыдущему году)	$\widehat{PN}_5 = 106,3 - 0,003 \cdot PX_4 - 9,44 \cdot x_3$	$\widehat{PN}_5 = 103,2 - 16,01 \cdot x_3$
индексы производства продукции животноводства (в хозяйствах всех категорий; в сопоставимых ценах; в процентах к предыдущему году)	$\widehat{PN}_6 = 69,1 - 0,0002 \cdot x_{14}$	$\widehat{PN}_6 = 28,9 + 0,67 \cdot PN_4$

1	2	3
объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» (в фактически действовавших ценах; миллионов рублей)	$\widehat{PN}_7 = 57410,2 + 13244,7 \cdot x_8$	$\widehat{PN}_7 = 28724,6 + 10221,0 \cdot x_9 + 3796,0 \cdot PN_1$
индексы физического объема оборота розничной торговли (в сопоставимых ценах; в процентах к предыдущему году)	$\widehat{PN}_8 = 126,8 - 6,32 \cdot NX_4$	$\widehat{PN}_8 = 39,2 - 9,96 \cdot NX_4$
индексы физического объема платных услуг населению (в процентах к предыдущему году)	$\widehat{PN}_9 = 80,2 + 0,0009 \cdot NX_2 + 0,60 \cdot NX_3$	$\widehat{PN}_9 = 125,7 + 0,67 \cdot PX_6 - 0,06 \cdot x_6$

где:

NX_1 – валовой региональный продукт на душу населения (рублей);

NX_2 – медианная заработная плата работников организаций (без субъектов малого предпринимательства; по данным выборочных обследований; за апрель; рублей);

NX_3 – общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, м²;

NX_4 – уровень безработицы (по данным выборочных обследований рабочей силы; в процентах);

PX_4 – лесные земли (тысяч га);

PX_6 – удельный вес площади ООПТ в общей площади территории (%);

X_2 – сумма осадков в июле (мм);

X_3 – отклонение от нормы 1991-2020 гг. температуры воздуха в июле (°C);

X_5 – коэффициенты демографической нагрузки – всего (промилле);

X_6 – коэффициенты демографической нагрузки населением старше трудоспособного возраста (промилле);

X_8 – выпуск специалистов среднего звена (тысяч человек);

X_9 – выпуск бакалавров, специалистов, магистров (тысяч человек);

X_{10} – плотность железнодорожных путей общего пользования (км путей на 10000 км² территории);

X_{13} – отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования (тысяч человек);

X_{14} – инвестиции в основной капитал на душу населения (в фактически действовавших ценах; рублей).

Также существенно различается состав экзогенных переменных в уравнениях регрессии для разных кластеров по блоку эндогенных переменных «Природа – хозяйственные ресурсы» (табл. 5). При этом в уравнениях регрессии для 1 кластера объясняющими переменными выступили три показателя из блока «Природа – население» (PN_5 , PN_6 , PN_9) и дополнительные показатели (X_{11} , X_{15}), характеризующие развитие экономики субъектов, а также два показателя, характеризующие состояние окружающей среды (X_1 , X_{16}). В уравнения регрессии для 2 кластера также вошли три показателя из блока «Природа – население» (PN_1 , PN_2 , PN_3), но характеризующие население; дополнительные показатели, характеризующие состояние природы (X_1 , X_2), и два показателя, отражающие развитие экономики (NX_1 , X_{12}).

Таблица 5 – Оценка уравнений линейной регрессии для показателей блока «Природа – хозяйственные ресурсы»

Эндогенная переменная	Оценка уравнения регрессии	
	1 кластер	2 кластер
выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (тыс. тонн)	$\widehat{PX}_1 = 958,2 - 7,25 \cdot PN_5$	$\widehat{PX}_1 = -267,5 + 0,06 \cdot X_{12} + 0,001 \cdot NX_1$
сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (млн м ³)	$\widehat{PX}_2 = -4,4 + 0,03 \cdot X_{15}$	$\widehat{PX}_2 = -122,9 + 3,3 \cdot PN_3$
сельскохозяйственные угодья (на конец года; тыс. га)	$\widehat{PX}_3 = 10367,7 - 12,27 \cdot X_{11}$	$\widehat{PX}_3 = 8885,9 - 98,6 \cdot PN_2$
лесные земли (на конец года; тыс. га)	$\widehat{PX}_4 = 23767,9 + 14,49 \cdot X_1 - 238,16 \cdot PN_6$	$\widehat{PX}_4 = -1306,9 + 24,59 \cdot X_1 + 16,82 \cdot X_2$
поверхностные воды, включая болота (на конец года; тыс. га)	$\widehat{PX}_5 = -26850,8 + 264,1 \cdot PN_9$	$\widehat{PX}_5 = -633,3 + 14,91 \cdot X_2 + 5,63 \cdot X_1$
удельный вес площади ООПТ в общей площади территории, %	$\widehat{PX}_6 = 13,95 + 0,005 \cdot x_{16}$	$\widehat{PX}_6 = 13,37 - 0,36 \cdot PN_1$

где: NX_1 - валовой региональный продукт на душу населения (рублей);
 PN_1 - доля муниципальных образований с численностью населения более 10 тыс. чел. (%);
 PN_2 - плотность населения (чел/км²);
 PN_3 - удельный вес городского населения в общей численности населения (%);
 PN_5 - индексы производства продукции растениеводства (%);
 PN_6 - индексы производства продукции животноводства, %;
 PN_9 - индексы физического объема платных услуг населению (%);
 X_1 - количество осадков в январе, отношение к норме 1991-2020 (%);
 X_2 - количество осадков в июле (мм);
 X_{11} - плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием (на конец года; км путей на 1000 км² территории);
 X_{12} - пассажирооборот автобусов общего пользования (миллионов пассажиро-километров);
 X_{15} - используемые передовые производственные технологии (единиц);
 X_{16} - улавливание загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников (тыс. тонн).

На эндогенные переменные блока «Население – хозяйственные ресурсы» 1 кластера существенное влияние оказывают показатели, характеризующие экономическое развитие субъектов (PN_6, PN_8, PN_9, X_{14}), а также два показателя, характеризующие население (PN_3, X_6). В уравнения регрессии для 2 кластера вошли три показателя, характеризующие экономическое развитие субъектов (NX_1, X_{14}, X_{15}), три показателя, характеризующие население (NX_4, PN_2, X_9) (табл. 6).

Различный состав экзогенных переменных в уравнениях по выделенным кластерам позволяет учитывать особенности степных регионов. Полученные оценки уравнений регрессии и их параметров статистически значимы на 5-10 % уровнях значимости, в остатках отсутствует гетероскедастичность (по тесту Уайта), регрессионные остатки имеют нормальный закон распределения, ошибка аппроксимации не превышает 50 %. Полученные характеристики адекватности и точности моделей позволяют использовать их для разработки вариантного прогноза.

Таблица 6 – Оценка уравнений линейной регрессии для показателей блока «Население – хозяйственные ресурсы»

Эндогенная переменная	Оценка уравнения регрессии	
	1 кластер	2 кластер
валовой региональный продукт на душу населения (рублей)	$\widehat{NX}_1 = -2462727,0 + 19909,0 \cdot PN_6 + 11504,0 \cdot PN_9$	$\widehat{NX}_1 = 406502,5 + 15,3 \cdot X_{15}$
медианная заработная плата работников организаций (рублей)	$\widehat{NX}_2 = 49968,0 + 184,1 \cdot PN_3 - 0,12 \cdot X_{14}$	$\widehat{NX}_2 = 30876,8 - 1539,7 \cdot NX_4 + 0,03 \cdot NX_1$
общая площадь жилых помещений, приходящая в среднем на одного жителя (на конец года; м ²)	$\widehat{NX}_3 = -10,5 + 0,1 \cdot X_6$	$\widehat{NX}_3 = 27,5 + 0,0006 \cdot X_{15} - 0,06 \cdot PN_2$
уровень безработицы (%)	$\widehat{NX}_4 = 13,2 - 0,1 \cdot PN_8$	$\widehat{NX}_4 = 7,3 - 0,0002 \cdot X_{14} - 0,12 \cdot X_9$

где: NX_1 – валовой региональный продукт на душу населения (рублей);
 NX_4 – уровень безработицы (%);
 PN_2 – плотность населения (чел/км²);
 PN_3 – удельный вес городского населения в общей численности населения (%);
 PN_6 – индексы производства продукции животноводства (%);
 PN_8 – индексы физического объема оборота розничной торговли (в сопоставимых ценах; в процентах к предыдущему году);
 PN_9 – индексы физического объема платных услуг населению (%);
 X_6 – коэффициенты демографической нагрузки населением старше трудоспособного возраста (промилле);
 X_9 – выпуск бакалавров, специалистов, магистров (тыс. чел.);
 X_{14} – инвестиции в основной капитал на душу населения (в фактически действовавших ценах; рублей);
 X_{15} – используемые передовые производственные технологии (единиц).

Если экзогенные переменные примут минимальные значения из наблюдаемых в 2023 году в субъектах степной зоны России, то показатели блока «Природа – население» примут значения, представленные на рисунке 2; при средних значениях экзогенных переменных, наблюдаемых в 2023 году, эндогенные переменные примут значения, представленные на рисунке 3; при максимальных значениях экзогенных переменных – значения, представленные на рисунке 4.

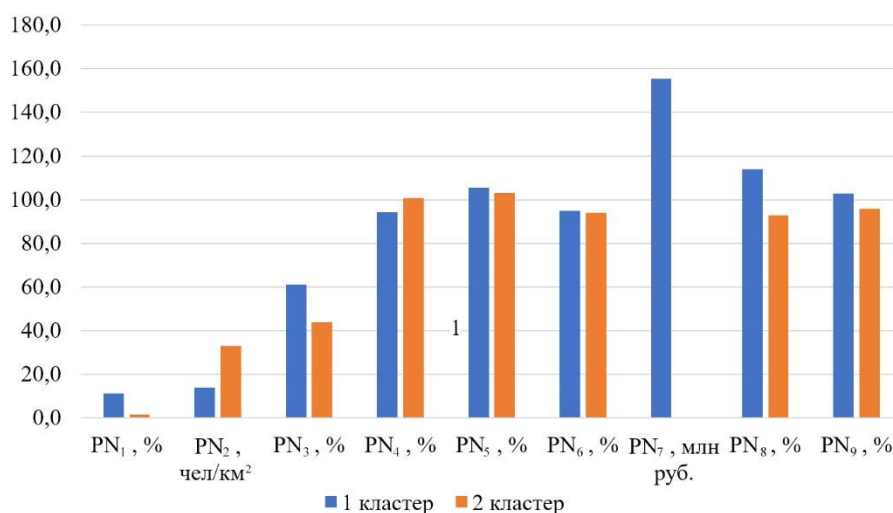


Рисунок 2 – Прогноз показателей блока «Природа – население» при минимальных значениях экзогенных переменных

Так, доля муниципальных образований с численностью населения более 10 тыс. чел. (PN₁) в субъектах 1 кластера может варьировать от 11,3 % до 70,1 %, в субъектах 2 кластера – от 1,6 % до 28,2 % (рис. 2-4).

Сценарии развития для плотности населения (PN₂) в субъектах 1 кластера при заданных значениях экзогенных переменных имеют большой размах – от 14,0 чел/км² до 67,8 чел/км², при наиболее вероятном 41,4 чел/км². В субъектах 2 кластера ожидаемые значения показателя имеют несущественную вариацию: от 29,5 чел/км² до 33,6 чел/км² (рис. 2-4).

Удельный вес городского населения в общей численности населения (PN₃) в субъектах 1 кластера ожидается достаточно высоким при любых сценариях – от 61,2 % до 83,4 %, а в субъектах 2 кластера при неблагоприятном влиянии он составит 43,8 %, при благоприятном – 79,2 % (рис. 2-4).

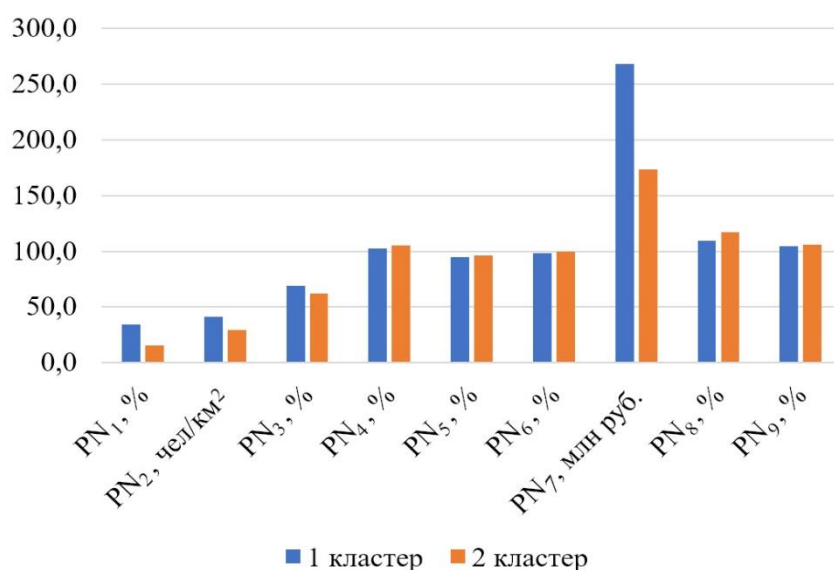


Рисунок 3 – Прогноз показателей блока «Природа – население» при средних значениях экзогенных переменных

При минимальных значениях экзогенных переменных в субъектах 1 кластера ожидается снижение индекса промышленного производства (PN₄), он может составить 94 %, при максимальных значениях экзогенных переменных ожидается существенный рост – индекс может составить 112,2 %. В субъектах 2 кластера даже при неблагоприятном влиянии факторов сохранится рост индекса промышленного производства – 100,8 %, при этом, при максимальных значениях факторов, рост будет меньше, чем в субъектах 1 кластера – индекс может составить 109,3 % (рис. 2-4).

При неблагоприятных значениях экзогенных переменных индексы производства продукции растениеводства (PN₅) в субъектах 1 кластера ожидаются на уровне 78,7 %, в субъектах 2 кластера – 87,2 %, при лучших значениях факторов – 105,6 % и 103,2 % соответственно (рис. 2-4).

Индексы производства продукции животноводства (PN₆) в субъектах 1 кластера ожидаются от 94,8 % до 101,4 %, в субъектах 2 кластера – от 94,1 % до 104,2 % (рис. 2-4).

В субъектах 1 кластера ожидаемый объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство», значительно превышает ожидаемые значения показателя для субъектов 2 кластера. Так, при минимальных значениях экзогенных переменных объем работ составит 0,0 млрд рублей в субъектах 1 кластера и 155,4 млрд рублей в субъектах 2 кластера; при максимальных значениях – 441,5 и 150,0 млрд рублей соответственно (рис. 2-4).

Ожидаемые индексы физического объема оборота розничной торговли (PN₈) в субъектах 1 кластера при любых значениях экзогенных переменных превышают 100 %, а в субъектах 2 кластера имеют существенную вариацию – от 93 % до 168,8 % (рис. 2-4).

Аналогичный сценарий имеет и индекс физического объема платных услуг населению (PN₉). В субъектах 2 кластера ожидаемые значения показателя варьируют от 95,7 % до 114,8 %.

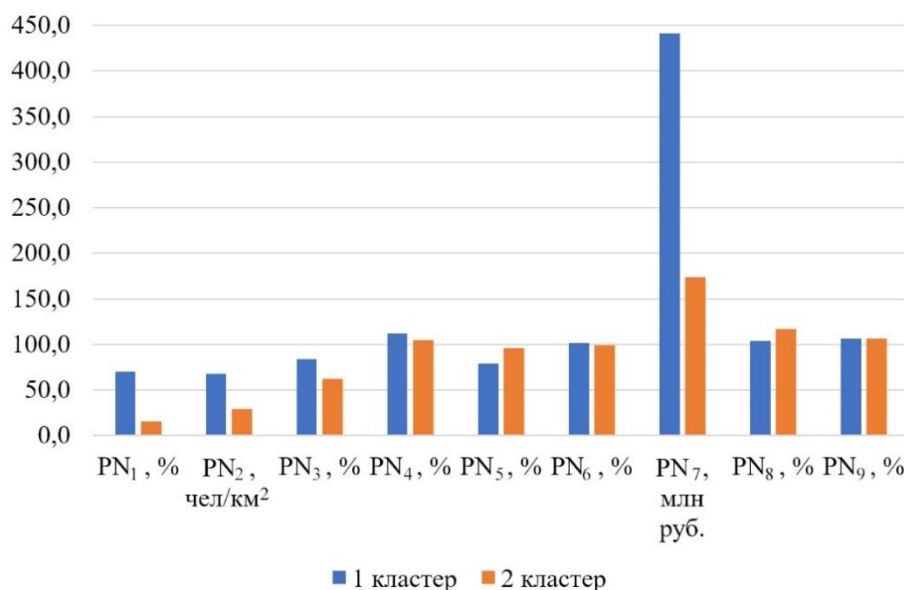


Рисунок 4 – Прогноз показателей блока «Природа – население» при максимальных значениях экзогенных переменных

По блоку показателей «Природа – хозяйственные ресурсы» наибольшие различия в расчетных значениях наблюдаются для показателя «выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников». Как видно на рисунке 5, в субъектах 1 кластера при всех заданных значениях экзогенных переменных ожидаются существенные значения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, при этом в субъектах 2 кластера при увеличении индекса производства продукции растениеводства (экзогенная переменная) объем выбросов будет снижаться.

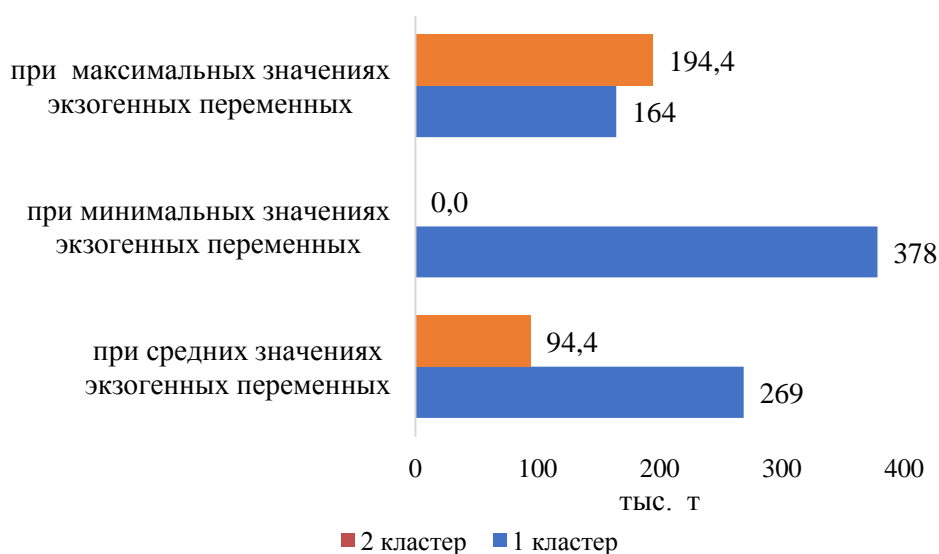


Рисунок 5 – Прогноз показателя «выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, тыс. т»

Также ожидаемые значения показателя «сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты» в субъектах 1 кластера выше, чем в субъектах 2 кластера. В 1 кластере значения показателя ожидаются от 45 до 227 млн м³, а во 2 кластере от 32 до 133 млн м³ (рис. 6).

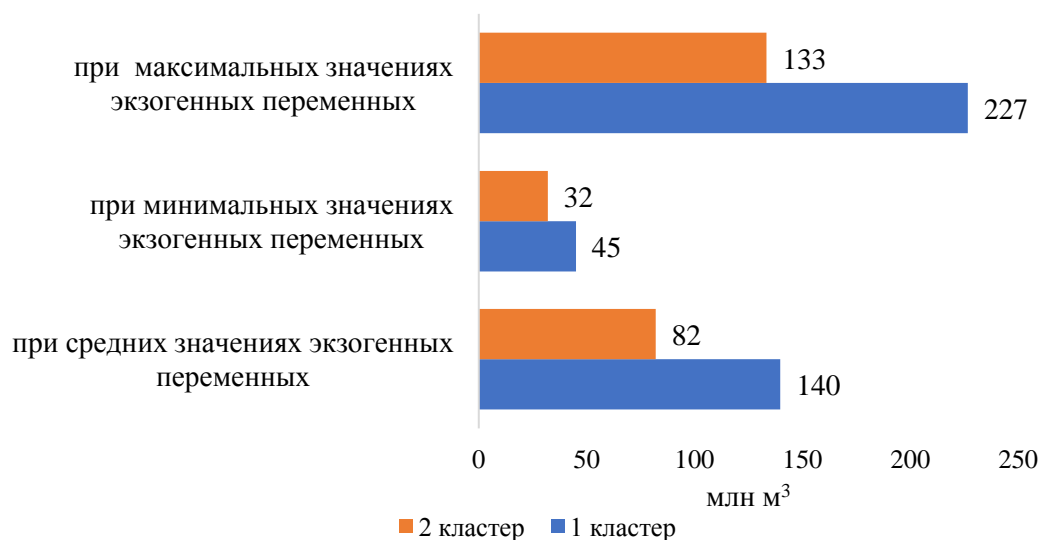


Рисунок 6 – Прогноз показателя «сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн м³»

Согласно полученным сценариям, площадь сельскохозяйственных угодий в субъектах 1 кластера будет варьировать от 1383 до 8981 тыс. га, а в субъектах 2 кластера от 1670 до 8531 тыс. га (рис. 7).

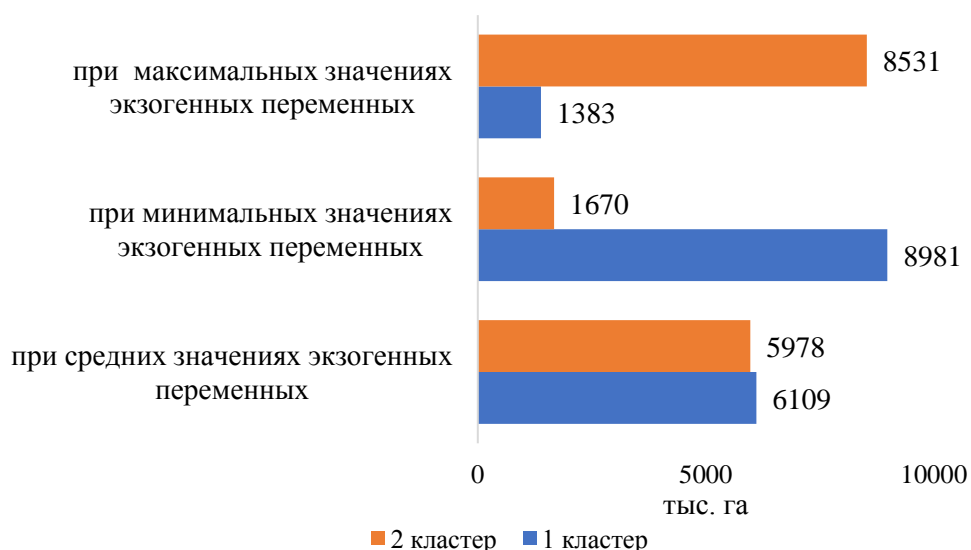


Рисунок 7 – Прогноз показателя «сельскохозяйственные угодья, тыс. га»

Существенные различия получены для ожидаемых значений площади лесных земель в выделенных кластерах. В субъектах 1 кластера значение показателя при заданных значениях экзогенных переменных будет варьировать от 1914 до 4565 тыс. га, а в субъектах 2 кластера от 0 до 4902 тыс. га (рис. 8).

НАУКИ О ЗЕМЛЕ



Рисунок 8 – Прогноз показателя «лесные земли, тысяч га»

Значения показателя «поверхностные воды, включая болота» по полученным сценариям близки к наблюдаемым значениям в 2023 году по выделенным кластерам (рис. 9). В 1 кластере наибольшее наблюдаемое значение 3825,9 тыс. га (Новосибирская область), минимальное 47,6 тыс. га (Белгородская область); во 2 кластере соответственно 2316,7 тыс. га (Омская область) и 57,5 тыс. га (Республика Адыгея).

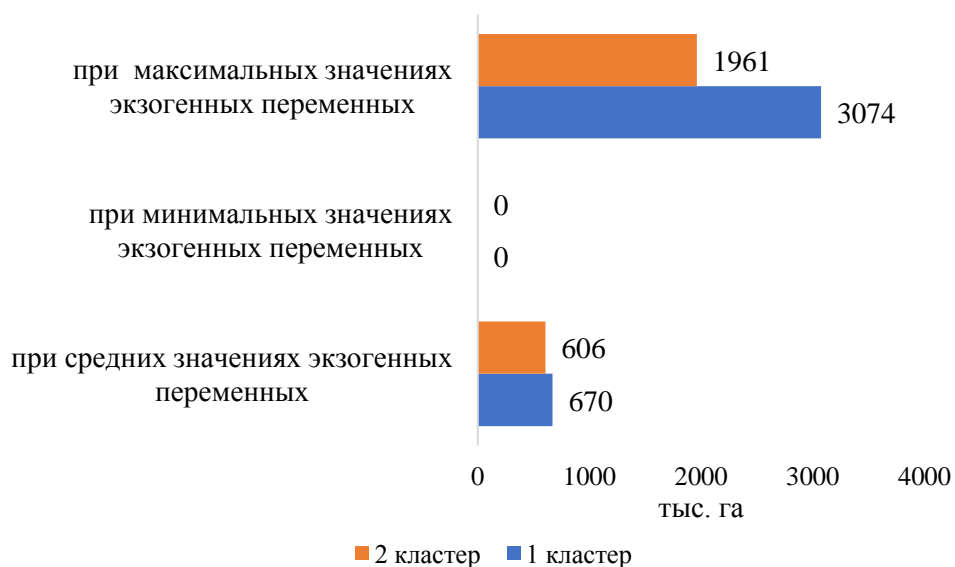


Рисунок 9 – Прогноз показателя «поверхностные воды, включая болота, тыс. га»

Расчетные значения удельного веса площади ООПТ в общей площади территории (рис. 10) также близки к наблюдаемым в 2023 году: в 1 кластере значение показателя варьировало от 2 % (Оренбургская и Ростовская области) до 14 % (Краснодарский край); во 2 кластере от 2 % (Ставропольский край и Саратовская область) до 16 % (Республика Калмыкия).

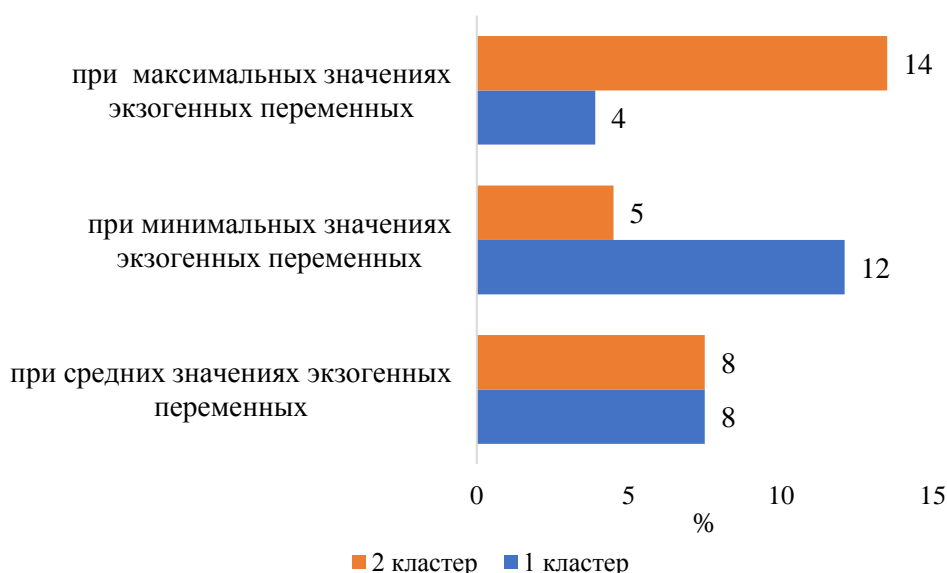


Рисунок 10 – Прогноз показателя «удельный вес площади ООПТ в общей площади территории, %»

По всем показателям блока «Население – хозяйственные ресурсы» расчетные значения показателей по субъектам 1 кластера выше, чем для субъектов 2 кластера. Так, ожидаемые значения ВРП на душу населения в субъектах 1 кластера выше при любых «сценариях», чем в субъектах 2 кластера. Так, при минимальных значениях экзогенных переменных различие показателей в кластерах составит 10 %, а при максимальных – уже в 2 раза (рис. 11).

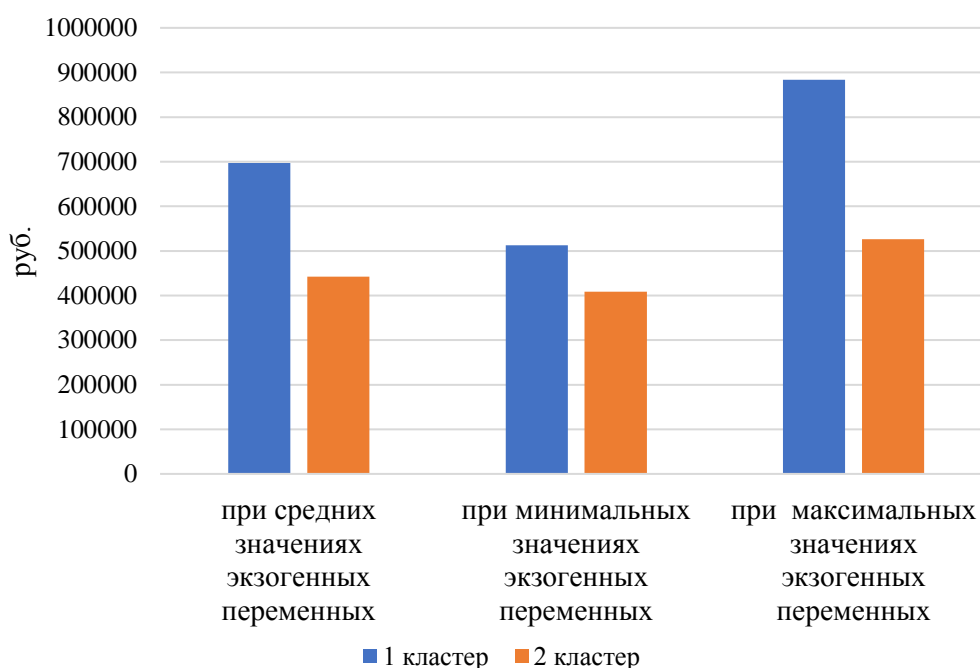


Рисунок 11 – Вариантный прогноз показателя «валовой региональный продукт на душу населения, рублей»

В разработанных «сценариях» ожидаемые значения медианной заработной платы в субъектах 1 кластера на 20-30 % выше, чем в субъектах 2 кластера (рис. 12).

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

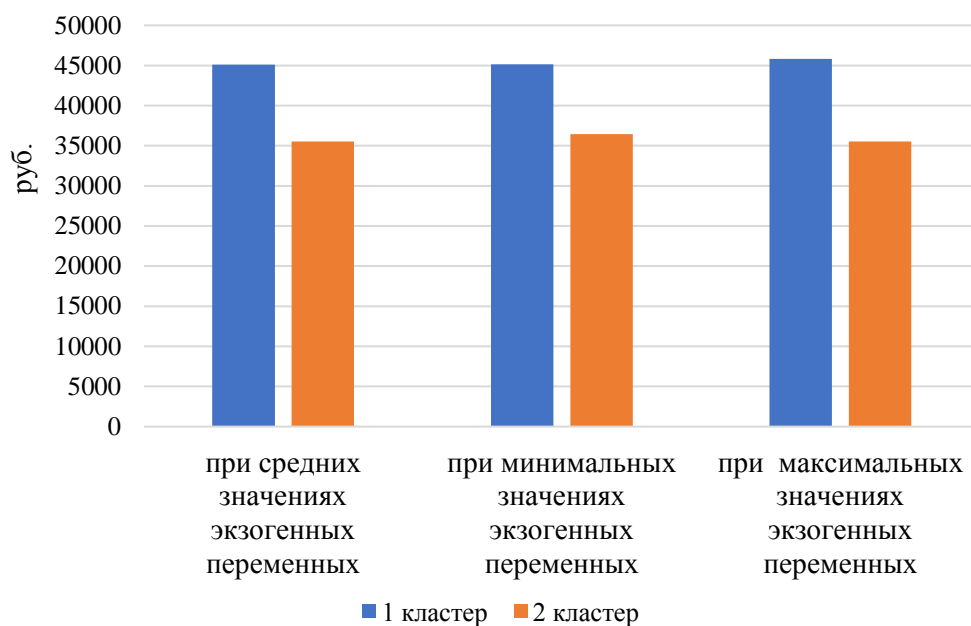


Рисунок 12 – Вариантный прогноз показателя «медианная заработная плата работников организаций, рублей»

Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, в субъектах 1 кластера, согласно полученным расчетным значениям при заданных значениях экзогенных переменных на 3-22 % будет выше, чем в субъектах 2 кластера (рис. 13).

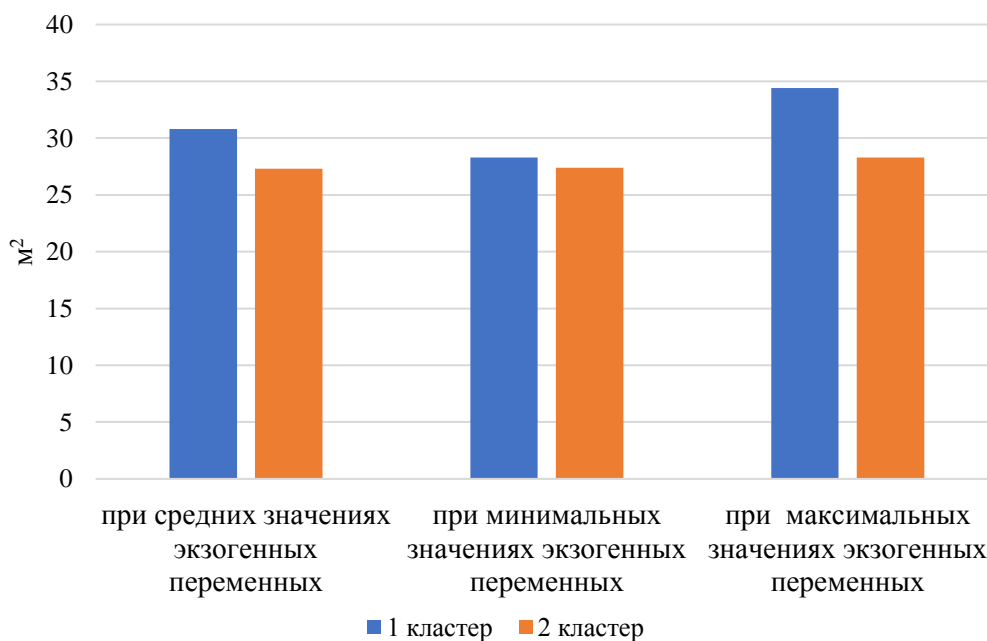


Рисунок 13 – Вариантный прогноз показателя «общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, м²»

А уровень безработицы, напротив, на 16-37 % в субъектах 1 кластера будет ниже, чем в субъектах 2 кластера (рис. 14).

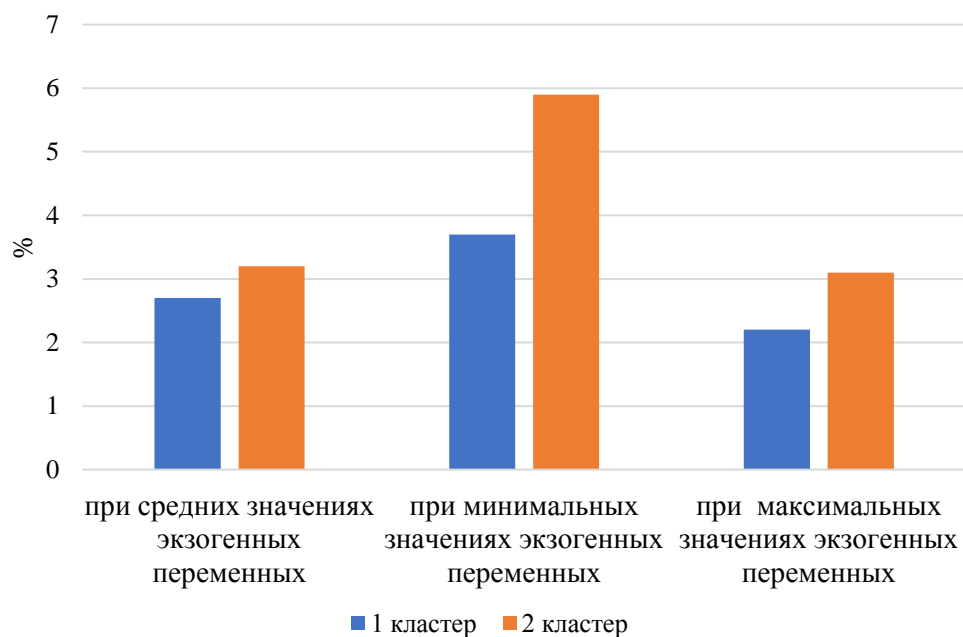


Рисунок 14 – Вариантный прогноз показателя «уровень безработицы, %»

Выводы

Проведенный вариантный прогноз позволяет сделать вывод, что субъекты 1 кластера имеют более благоприятные прогнозы по большинству показателей всех подсистем. На рисунке 15 представлено соотношение показателей всех блоков при наиболее вероятных значениях экзогенных переменных.

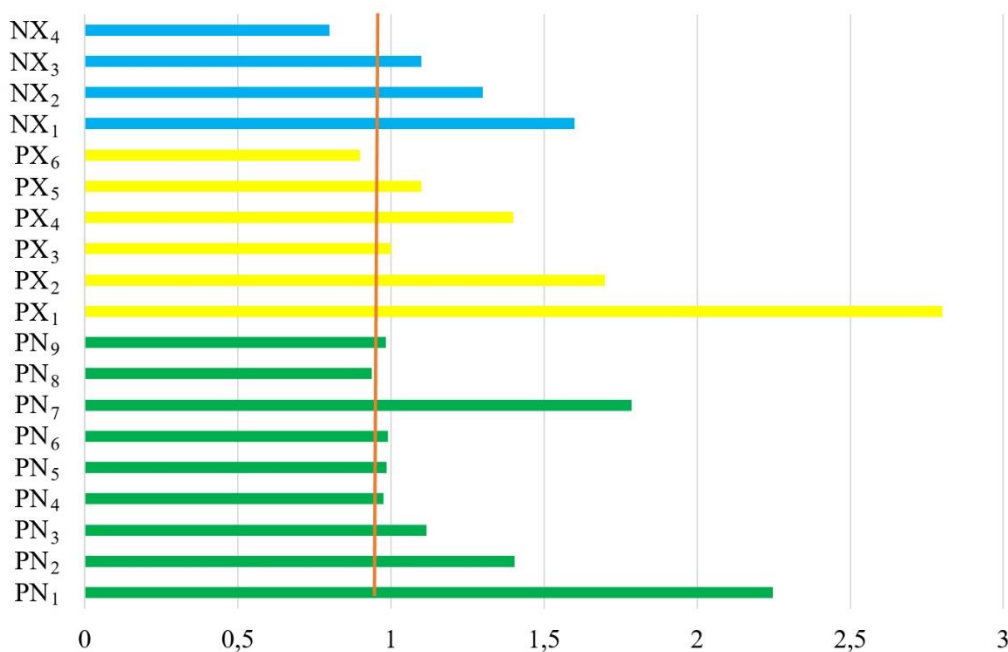


Рисунок 15 – Соотношение расчетных значений эндогенных переменных 1 кластера к переменным 2 кластера при средних значениях экзогенных переменных

Во время подготовки статьи по некоторым эндогенным переменным в единой межведомственной информационной статистической системе появились фактические данные за 2024 год (по показателю NX₁ – за 2023 год) [10]. По формуле 1 нами оценена относительная

ошибка прогноза, выраженная в процентах относительно фактического значения показателя [11]:

$$\delta_t = \frac{\hat{Y}_t - Y_t}{Y_t} * 100\%, \quad (1)$$

где \hat{Y}_t, Y_t – соответственно прогнозное и фактическое значение показателя, t – число уровней временного ряда, для которых определялось прогнозное значение.

Результаты расчетов представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Относительная ошибка прогноза, %

Показатель	При средних значениях экзогенных переменных		При минимальных значениях экзогенных переменных		При максимальных значениях экзогенных переменных	
	1 кластер	2 кластер	1 кластер	2 кластер	1 кластер	2 кластер
PX ₁	-1,9	-0,5	38,1	104,9	-40,0	-100,0
PX ₂	-16,0	31,3	-73,0	-48,4	36,2	114,8
PX ₃	-0,1	0,2	46,9	-72,0	-77,4	42,9
PX ₄	-0,7	0,5	30,2	-100,0	136,8	258,6
PX ₆	0,1	1,4	61,6	-44,2	-47,9	55,9
NX ₁	-10,1	-13,5	-33,9	-11,3	13,9	-13,6
NX ₃	-2,8	-2,5	-10,7	-2,1	8,5	1,1
NX ₄	22,7	6,7	68,2	96,7	0,0	3,3
PN ₃	-0,1	-0,2	-11,7	-29,5	20,3	27,5
PN ₄	0,3	-0,3	-7,6	-4,3	9,9	3,8
PN ₇	-17,3	32,3	-52,1	-100,0	36,2	53,0
PN ₈	-0,2	6,5	3,8	-15,3	-5,4	53,7
PN ₉	0,7	-0,1	-0,8	-9,8	3,0	8,2

Примечание: полужирным шрифтом выделены наименьшие (по абсолютной величине) значения ошибки.

Как видно из данных таблицы 7, наименьшее расхождение фактических данных у большинства показателей наблюдается при средних значениях экзогенных переменных, при этом ошибка у десяти показателей не превышает 10 %, что свидетельствует о высокой точности полученных прогнозов. Ошибка прогноза для показателей PX₂ и PN₇ не превышает 40%, что свидетельствует об удовлетворительной точности прогноза.

Полученные оценки точности прогнозов позволяют сделать вывод о высокой надежности предложенной методики разработки прогнозных сценариев развития природно-хозяйственных систем степных регионов под влиянием современных вызовов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Черновой Л.О. за помощь в подготовке данной статьи.

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» № АААА-А21-121011190016-1.

Список литературы

1. Аюшеева С.Н., Лубсанова Н.Б., Андреева А.М., Сангадиева И.Ю. Теоретические подходы к исследованию природно-хозяйственных систем в контексте взаимодействия природы и общества // Региональные проблемы преобразования экономики. 2024. № 6(164). С. 195-206. DOI: 10.26726/1812-7096-2024-6-195-206.
2. Бабурин В.Л. Развитие территориальных природно-хозяйственных систем как основы экономики // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2012. № 5. С. 5-12.
3. Лебедева М.А. Вклад природно-хозяйственной системы в экономическое развитие региона // Вестник ЧелГУ. 2020. № 11(445). С. 103-113. DOI: 10.47475/1994-2796-2020-11112.
4. Красноярова Б.А., Назаренко А.Е., Плуталова Т.Г., Шарабарина С.Н., Барышников С.Г. Оценка уязвимости природно-хозяйственных систем степной зоны Алтайского края к природным и антропогенным факторам воздействия // Степи Северной Евразии: материалы X междунар. симпозиума. Оренбург, 2024. С. 617-621.
5. Красноярова Б.А., Назаренко А.Е., Плуталова Т.Г., Шарабарина С.Н., Барышников С.Г. Оценка уязвимости аграрно-ориентированных природно-хозяйственных систем // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2024. № 49. С. 72-87. DOI: 10.26516/2073-3402.2024.49.72.
6. Красноярова Б.А., Платонова С.Г., Шарабарина С.Н. Природно-хозяйственные системы Западной Сибири: особенности современной пространственной организации и функционирования на разных иерархических уровнях // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2016. № 4 (43). С. 5-18.
7. 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. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-3-69-84.
8. Чибилёв А.А. (мл.), Мелешкин Д.С. К вопросу выделения модельных природно-хозяйственных систем социально-экономического каркаса регионов степной зоны РФ // Успехи современного естествознания. 2018. № 2. С. 171-176.
9. Плякин А.В. Пространственная экономическая трансформация региональной природно-хозяйственной системы. Волгоград, 2007. 44 с.
10. Единая межведомственная информационно-статистическая система. URL: <https://rosstat.gov.ru/emiss> (дата обращения: 07.08.2025).
11. Дуброва Т.А. Статистические методы прогнозирования: учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 206 с.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 30.09.2025
Принята к публикации 12.12.2025

FORECAST SCENARIOS FOR THE DEVELOPMENT OF NATURAL-ECONOMIC SYSTEMS OF STEPPE REGIONS UNDER THE INFLUENCE OF MODERN CHALLENGES

T. Lebedeva, *A. Chibilev (jr.)

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg
e-mail: *economgeo-is@mail.ru

The article proposes a methodology for assessing the impact of various factors on natural and economic systems in steppe regions. Methods of expert assessment, statistical observation, cluster analysis, correlation, and regression analysis are used.

Subjects of steppe areas are divided into two clusters that differ in socioeconomic and environmental indicators. Three forecast scenarios have been developed for key indicators, such as population density, unemployment rate, pollutant emissions, agricultural area, etc. It has been shown that subjects of the first cluster of regions have more favorable forecasts for most indicators with high accuracy (error does not exceed 10 %).

The significance of this work lies in its integrated approach to forecasting, which combines natural and economic factors that is especially important for steppe regions affected by significant anthropogenic and climate impacts.

Key words: natural and economic systems, steppe regions, cluster analysis, nature, population, economic resources.

References

1. Ayusheeva S.N., Lubsanova N.B., Andreeva A.M., Sangadieva I.YU. Teoreticheskie podkhody k issledovaniyu prirodno-khozyaistvennykh sistem v kontekste vzaimodeistviya prirody i obshchestva. Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki. 2024. N 6(164). S. 195-206. DOI: 10.26726/1812-7096-2024-6-195-206.
2. Baburin V.L. Razvitie territorial'nykh prirodno-khozyaistvennykh sistem kak osnovy ekonomiki. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya. 2012. N 5. C. 5-12.
3. Lebedeva M.A. Vklad prirodno-khozyaistvennoi sistemy v ekonomicheskoe razvitie regiona. Vestnik ChelGU. 2020. N 11(445). S. 103-113. DOI: 10.47475/1994-2796-2020-11112.
4. Krasnoyarova B.A., Nazarenko A.E., Plutalova T.G., Sharabarina S.N., Baryshnikov S.G. Otsenka uyazvimosti prirodno-khozyaistvennykh sistem stepnoi zony Altaiskogo kraya k prirodnym i antropogennym faktoram vozdeistviya. Step'i Severnoi Evrazii: materialy X mezhdunar. simpoziuma. Orenburg, 2024. S. 617-621.
5. Krasnoyarova B.A., Nazarenko A.E., Plutalova T.G., Sharabarina S.N., Baryshnikov S.G. Otsenka uyazvimosti agrarno-orientirovannykh prirodno-khozyaistvennykh sistem. Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle. 2024. N 49. S. 72-87. DOI: 10.26516/2073-3402.2024.49.72.
6. Krasnoyarova B.A., Platonova S.G., Sharabarina S.N. Prirodno-khozyaistvennye sistemy Zapadnoi Sibiri: osobennosti sovremennoi prostranstvennoi organizatsii i funktsionirovaniya na raznykh ierarkhicheskikh urovnyakh. Izvestiya Altaiskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva. 2016. N 4(43). S. 5-18.
7. Chibilev A.A. (ml.), Grigorevskii D.V., Meleshkin D.S. Teoreticheskie i metodicheskie podkhody k vyyavleniyu sovremennykh vyzovov prostranstvennomu razvitiyu regionov stepnoi zony Rossii. Voprosy stepovedeniya. 2021. N 3. S. 69-84. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-3-69-84.
8. Chibilev A.A. (ml.), Meleshkin D.S. K voprosu vydeleniya model'nykh prirodno-khozyaistvennykh sistem sotsial'no-ekonomicheskogo karkasa regionov stepnoi zony RF. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2018. N 2. S. 171-176.
9. Plyakin A.V. Prostranstvennaya ekonomicheskaya transformatsiya regional'noi prirodno-khozyaistvennoi sistemy. Volgograd, 2007. 44 s.
10. Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema. URL: <https://rosstat.gov.ru/emiss> (data obrashcheniya: 07.08.2025).

Сведения об авторах:

Лебедева Татьяна Викторовна

К.э.н., научный сотрудник, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0001-9295-5784

Lebedeva Tatyana

Candidate of Economic Sciences, Research, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Чибилёв Александр Александрович (мл.)

К.э.н., ведущий научный сотрудник, заведующий отделом социально-экономической географии, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0003-1109-6231

Chibilyov Alexander (jr.)

Candidate of Economic Sciences, Leading Researcher, Head of the Department of Socioeconomic Geography, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Лебедева Т.В., Чибилёв А.А. (мл.) Прогнозные сценарии развития природно-хозяйственных систем степных регионов под влиянием современных вызовов // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 19-37. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-19-37

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ В ПРЕДЕЛАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РОССИИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ

***А.А. Соколов, О.С. Руднева**

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: *sokolovaa@rambler.ru

Становление и устойчивое функционирование государственной границы – это сложный эволюционно-исторический процесс, а прилегающее пространство представляет собой ареал соприкосновения интегрированных, но вместе с тем отличающихся в культурном и этническом отношении территорий. Для определения устойчивости государственной границы проведена сегментация ее участков по совокупности признаков, определяемых типологией (природные, этнические, исторические). На основе их синтеза граница, прилегающая к степной зоне, разделена на отдельные сегменты, образующие 3 категории устойчивости: наиболее устойчивые – исторически зрелые, обладают высокой степенью этнической контрастности и имеют природное происхождение; устойчивые – включают в себя два из трех перечисленных признаков; слабоустойчивые – обладают всего одним признаком устойчивости. Отдельно выделены неустойчивые участки границы, которые были обусловлены хозяйственно-административными нуждами и не обладают ни одним из признаков и являются геометрическими. В результате исследования определено, что 2/3 государственной границы являются неустойчивыми, а на наиболее устойчивые и устойчивые участки приходится наименьшая протяженность. При этом государственная граница как природно-политический феномен не статична, в процессе внутренних и внешних трансформаций возможно наделение или утрата признаков, формирующих устойчивость к деструктивным процессам. В связи с этим дальнейшее исследование этой эволюции позволит выделить наиболее значимые риски трансграничной безопасности и способствовать усилению устойчивости государственной границы как основы социально-экономического и политического развития.

Ключевые слова: степная зона, государственная граница, типология границ, устойчивость границ, приграничные территории, природная барьерность, этнические ареалы.

Введение

Протяженность российско-казахстанской сухопутной границы составляет 7512,8 км, из которых на регионы степной зоны России приходится 6477,8 км, в том числе 1516,7 км речной (Урал, Тобол, Уй, Илек и др.), 60 км озерной (Айке, Филатова, Сиверга, Акуш и др.) и 4901,1 км границы проходит по суше, из которой подавляющая часть приходится на геометрический тип границы, то есть пересекает ландшафт без учета особенностей рельефа. Кроме того, непосредственно регионы степной зоны России прилегают к территории областей Казахстана. В результате каждый участок границы и приграничная территория по-своему уникальны и обладают определенным набором параметров: протяженность, длительность ее существования, природные и этнические особенности. В свою очередь, сочетание указанных факторов может влиять на устойчивость и безопасность границы [1]. При этом устойчивость государственной границы – это ее способность сохранять пространственную конфигурацию и функциональную стабильность под воздействием внешних (геополитических, экономических) и внутренних (этнокультурных, социально-экономических) факторов. Критериями устойчивости выступают: историческая инерция (длительность существования без изменений), природная барьерность (наличие рек, гор и других естественных рубежей), этническая контрастность, отсутствие территориальных споров.

Материалы и методы

Согласно классификационному подходу, предложенному британским исследователем Дж. Керзоном [2], границы являются сложным социально-политическим явлением и классифицируются по естественным и общественным параметрам. В дальнейшем данный подход лег в основу традиционного направления географических исследований границ и неоднократно дополнялся. Российские исследователи В.А. Колосов и Н.С. Мироненко предложили классификацию, согласно которой географические границы можно разделить на несколько типов: исторические, природные, этнические и геометрические [3].

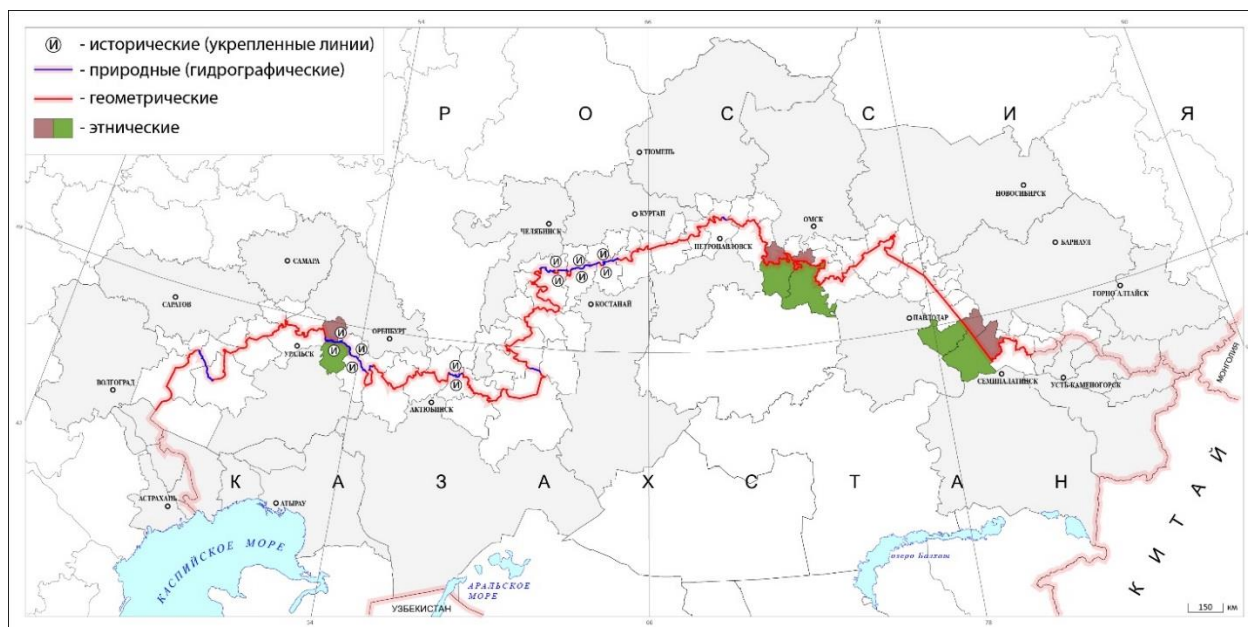


Рисунок 1 – Типология участков российско-казахстанской государственной границы

Исторический тип. Основным признаком устойчивости границы является постоянство ее расположения на протяжении длительного периода времени, т.е. способность возвращаться к исходному состоянию или находиться в равновесии, вне зависимости от проходящих по обе стороны процессов. Чем дольше существует граница между странами, тем существеннее она воздействует на формирование региональной приграничной идентичности и, как следствие, влияет на закрепление имеющихся линий в качестве устойчивых государственных рубежей [4, 5].

До начала XVIII века степные пространства северной Евразии служили территорией кочевий различных племен, ареной великого переселения народов (скифов, сарматов, савроматов, тюрков, монголов и др.) и местом пересечения торговых путей. Однако со времени великих географических открытий (когда были налажены новые морские торговые пути) данная территория стала глубокой периферией, незатронутой вниманием великих империй. Также необходимо отметить, что границы в привычном для государств смысле у кочевых народов не существовало, что во многом объяснялось соображениями хозяйственной необходимости, которая обуславливалась потребностями кочевого образа жизни с необходимостью сезонной смены пастбищ.

Однако к началу XVIII века этот регион приобретает важное геополитическое значение. В России наступила эпоха петровских преобразований. Расширив свои границы до побережья Тихого океана и укрепив свои позиции на западе, Российская империя выбрала сферой своих интересов территории Средней Азии. По мере продвижения Российского государства на юго-восток создавались укрепленные линии, которые к середине XIX века протянулись от Прикаспийской впадины до Алтайских гор. Тем не менее, трудно считать, что существовавшая граница между Российской империей и зоной расселения казахов была настоящей границей. Не было никакой системы, которая бы обеспечивала защиту территории, принадлежащей России, и не было четко определенных границ. Российское присутствие вплоть до XVIII века

было очаговым, опираясь на разрозненную сеть укрепленных линий, защищаемых небольшими гарнизонами. Несмотря на то, что первые укрепленные линии на месте соприкосновения с казахскими территориями были основаны еще в конце XVII века, регулярная пограничная политика начала осуществляться лишь в XVIII веке [6, 7]. В течение XIX века, по мере установления протектората над территорией Казахстана и Средней Азии, укрепленные линии утратили свое значение, а данные земли в результате серии административно-территориальных преобразований были полностью интегрированы в состав Российской империи.

Формирование современных очертаний границы между Россией и Казахстаном пришлось на начальный период становления СССР. Так, в 1919 году был создан Киргизский край, на его основе в 1920 году было принято решение о создании Киргизской АССР в составе РСФСР. В 1925 году она была переименована в Казахскую АССР. В 1936 году Казахская АССР была окончательно отделена от РСФСР и превращена в Казахскую ССР. Последующие изменения до распада СССР были локальными и обусловлены хозяйственной целесообразностью [8].

Современная история российско-казахстанской государственной границы наступила в результате придания государственного статуса ранее существовавшей административной границе и берет свое начало с заключения Договора между КазССР и РСФСР от 21 ноября 1990 г. и в последующем заменившего его Договором о дружбе, сотрудничестве и взаимной помощи между Российской Федерацией и Республикой Казахстан от 25 мая 1992 г. Базируясь на этом соглашении, стороны приступили к делимитации границы, государства обменялись равноценными участками и шли на существенные компромиссы. Впоследствии, в начале 2005 г. главы двух государств подписали договор о делимитации границы и приступили к ее демаркации, которая продолжается в настоящее время [1].

Выделяются следующие исторические этапы, оказавшие влияние на неустойчивость отдельных участков российско-казахстанской границы:

- XVIII-XIX вв. – сдвиг Уральской и Сибирской укрепленных линий вглубь казахской степи;
- 1920-1936 гг. – многократные изменения границ Казахской АССР (передача части Оренбуржья, корректировки на Алтае);
- 1954-1960 гг. – целинная кампания – массовое переселение русских и других народов в Северный Казахстан без изменения границ;
- 1990-е гг. – сепаратистские настроения в приграничных регионах Северного и Восточного Казахстана.

Таким образом, формирование современных очертаний границ между Россией и Казахстаном пришлось на начальный период становления СССР, при этом некоторые участки границ частично совпали со старыми укрепленными линиями XVIII – начала XIX вв. В результате некоторые укрепленные линии, сформировавшиеся в этот период, можно отнести к историческому типу, однако значительная часть из них прекратила свое существование задолго до образования КазССР.

Природный тип. На протяжении всей истории развития цивилизаций важнейшим признаком установления границ было проведение линии, которая следует по естественным рубежам: горам, рекам, озерам и контурам естественных объектов – лесов, болот, пустынь и пр. Так, орографическая граница проходит по линии водораздела, соединяя горные вершины. Речная граница пролегает или посередине реки (если река судоходная, то по ее фарватеру), или по береговой линии, или по самым глубоким местам и пр. Озерная граница может проходить как по естественным водоемам, так и по созданным человеком, при этом граница может быть проведена по прямой линии, зеркальной поверхности, линии, равноудаленной от противоположных берегов, и прочим договоренностям. Контурная граница, как правило, соответствует линиям, разделяющим различные площадные природные объекты (пустыни, леса, водно-болотные угодья и пр.), однако определенных правил проведения данной границы нет [9]. При этом необходимо понимать, что при проведении мелкомасштабных исследований

нет возможности учесть все природные объекты, поэтому учитываются только большие и средние реки, а также средние и высокие горы [10].

В пределах степной зоны на природный тип приходится около 20 % протяженности границы. Наиболее длинные отрезки гидрографических границ проходят по участкам таких рек, как Малый Узень на участке между Саратовской и Западно-Казахстанской областями; Урал и Илек на отрезках границ между Оренбургской, Западно-Казахстанской и Актыбинской областями; Тобол и Уй на различных участках Оренбургской, Челябинской, Курганской и Кустанайской областей; Ишим на коротких отрезках между Тюменской и Северо-Казахстанской областями.

Этнические границы являются социальным концептом разделения территорий по национальному составу и прочим социальным спецификам. Также эти параметры определяют неустойчивость уже сложившихся ситуаций в порубежье и трудности выделения отдельных этносов по маркерам отличий. В связи с тем, что национальная идентичность формируется при взаимодействии социальных групп на основе восприятия весомых различий, по сути, этническая граница является самоощущаемой населением на уровне социальных контактов или их отсутствия, когда отдельные этнические группы осознают отделение друг от друга на уровне ареалов проживания [11]. При этом определение этнической границы в некоторых случаях – затруднительный процесс, так как размещение этносов может быть очаговым, эксклавным, анклавным, чересполосным или смешанным. Так, Т.И. Герасименко [12] отмечает, что «разграничение этнических ареалов субъективно и довольно условно, так как зависит от задач исследования». В научном дискурсе нет единого универсального подхода к оценке этнической устойчивости границ, но можно выделить метод этно-демографических индикаторов. Данный метод включает в себя анализ таких показателей, как доля титульного этноса по обе стороны границы; коэффициент этнической контрастности (разница в % между группами); индекс этнической мозаичности. В российско-казахстанском трансграничье с его сложным этнокультурным пространством, где этнические ареалы переплетены, они, за редкими исключениями, не имеют четко выраженных этнических границ. Учитывая все сложности в определении этнических границ, в качестве их маркера была выбрана доля титульной нации, проживающей на приграничных территориях. Если доля титульной национальности на приграничной территории превышает или сопоставима со средним значением по стране, то можно считать, что этническая граница совпадает с государственной [13].

Анализ этнических особенностей российско-казахстанской границы показал, что эти границы практически никогда не совпадают с государственными рубежами. Характерные этнические свойства наблюдаются только на трех коротких участках границы: между Оренбургской и Западно-Казахстанской областями, Омской и Северо-Казахстанской областями, а также между Павлодарской, Абайской областями и Алтайским краем. Здесь наблюдается высокая степень этнической контрастности, доля русских и казахов по обе стороны границы в общей численности населения приграничных районов составляет подавляющее большинство.

Также необходимо отметить, что трансграничные территории имеют существенные региональные различия. На большей части западного сектора трансграничного региона в казахстанском приграничье преобладает казахское население, а в половине приграничных районов его доля составляет более 90 %. Одновременно с этим доля русского населения в российском приграничье составляет 60-70 %, и только в 6 из 28 приграничных районов доля русского населения – менее 50 %. Совершенно другая ситуация в северной и восточной части трансграничного региона, где в основном преобладает русское население, его доля на большей части территории превышает 80 %, при этом в 22 из 27 приграничных районов Казахстана доля казахского населения составляет менее 50 %.

Геометрический тип. Этот тип границ представляет собой условную линию, проведенную по определенным точкам пространства без учета рельефа или других естественных ориентиров. Учитывая, что подавляющее большинство этих границ

сформировано в соответствии с хозяйственными или административными нуждами государств на приграничных территориях, то этнический и исторический факторы здесь не стали приоритетными. При этом, как отмечает М.С. Карпенко, современные процессы экономического взаимодействия в приграничье пока основываются на советском наследии, в то время как новые производственные связи пока находятся на начальной стадии становления [14].

В целом эти признаки и формируют зоны повышенной неустойчивости, так как природно-социальная система, сформированная в приграничной зоне, стремится к равновесию, но ввиду искусственности созданной территории соприкосновения эти системы подвержены колебаниям различной степени. Со временем наиболее стабильные участки этого типа границы способны трансформироваться в исторический или этнический тип.

Этот тип является самым распространенным и представлен на 80 % российско-казахстанской границы. В основном данная граница разделяет территории, на которых располагаются земли сельскохозяйственного назначения. Наиболее протяженные участки проходят между Волгоградской и Западно-Казахстанской областями, а также между Алтайским краем, Омской, Новосибирской, Павлодарской и Абайской областями.

Рассмотренные типы границ (исторические, природные, этнические и геометрические) при определенных условиях могут накладываться друг на друга, формируя комбинации различных участков в виде многосложных границ. Исходя из определения устойчивости как способности системы сохранять текущее состояние при воздействии внешних факторов, граница является тем более устойчивой, чем сложнее она структурирована и, как следствие, способна лучше противостоять внешним факторам [15-17]. В результате государственная граница может быть сегментирована по группам, образующим различные признаки устойчивости. Первая группа, наиболее устойчивая, включает в себя максимальное количество типов (исторические, природные, этнические), далее следуют границы со средней устойчивостью, сочетающие в себе два из вышеперечисленных типа, и участки, которые являются наименее устойчивыми, включают в себя один из имеющихся типов (рис. 2). Кроме того, согласно предложенному подходу, отдельно выделен геометрический тип границы как неустойчивый [18, 19].

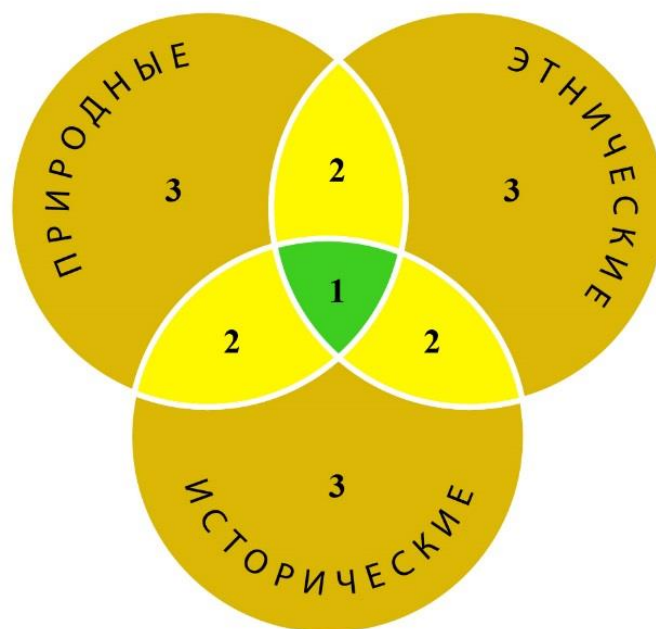


Рисунок 2 – Категории устойчивости государственных рубежей в зависимости от комбинации типов границ (1 – наиболее устойчивые, 2 – устойчивые, 3 – слабоустойчивые)

Результаты и обсуждение

Государственная граница дифференцирована на участки по исторической зрелости, природным и этническим признакам и в зависимости от их комбинаций образуется структура, которая определяет различную степень устойчивости границы – от наиболее устойчивой до неустойчивой (рис. 3).

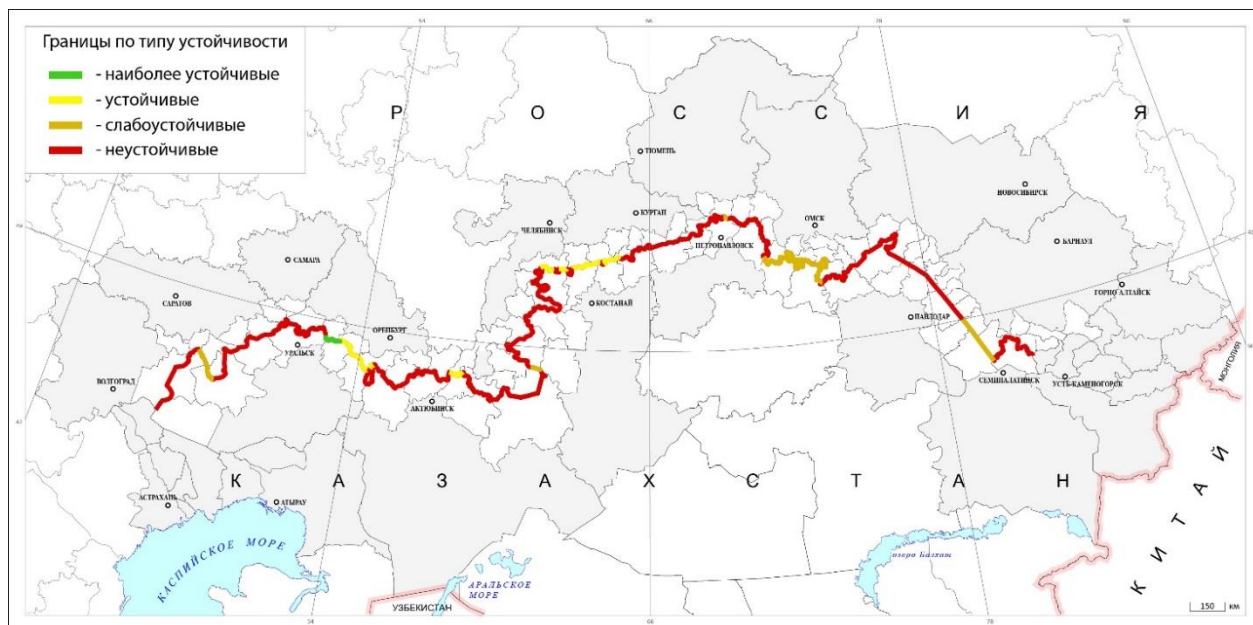


Рисунок 3 – Сегментирование российско-казахстанской государственной границы в зависимости от ее устойчивости

Наиболее устойчивые границы. От момента возникновения сохраняют текущее положение, сложно структурированы – обладают исторической зрелостью, сформированы на отчетливо выраженных природных рубежах и разделяют пространство с несхожим этническим составом. На данный сегмент приходится наименьшая протяженность государственной границы между Россией и Казахстаном. Имеется один такой участок – это отрезок границы между Оренбургской и Западно-Казахстанской областями. Он проходит по фарватеру крупной трансграничной реки Урал шириной 150-200 м. Также здесь прослеживается высокая этническая контрастность с преобладанием титульных национальностей. В Ташлинском районе Оренбургской области доля русских составляет 83 %, на сопредельной территории – в Бурлинском районе Западно-Казахстанской области – большую часть населения составляют казахи – 74 %. Историческим аналогом данного отрезка границы можно считать Уральскую укрепленную линию (1739 г.) и Новоилецкую укрепленную линию (1810-1822 гг.). Таким образом, данный отрезок российско-казахстанской границы, в том числе как административная граница Оренбургской губернии, Оренбургской области и граница между РСФСР и КазССР, можно считать самым старым ее участком, который существует практически без значительных изменений около трех столетий.

Устойчивые границы. Данные участки на протяжении длительного периода находятся в равновесном состоянии, при этом имеют менее сложную структуру, сочетающую комбинацию двух из трех типов границ. Выделенные участки границы обладают выраженными природными свойствами и имеют историческую зрелость, при этом отрезки границы проходят по территории со смешанным этническим составом или разделяют пространство с однородной этнической структурой. Несколько участков данного сегмента границы проходят между Оренбургской, Западно-Казахстанской и Актюбинской областями по реке Урал и его притоку Илеку на месте бывших укрепленных линий XVIII-XIX вв. Также к данному признаку относятся сегменты границы между Челябинской, Курганской и

Костанайской областями, проходящие по рекам Тобол и Уй. Вся протяженность этого сегмента обладает исторической зрелостью и совпадает со старыми укрепленными линиями.

Слабоустойчивые границы. Обладают только одним признаком типологии границ – историческим, природным или этническим; и представлены на значительном протяжении государственной границы. Хотя слабоустойчивые границы совпадают с описанными типами границы, они имеют ряд особенностей. Исторический тип отдельно не встречается, только в сочетании с другими типами. Природные участки не обладают значительной барьерностью и проходят по таким небольшим рекам, как Малый Узень на участке между Саратовской и Западно-Казахстанской областями, Тобол между Оренбургской и Костанайской областями, небольшой участок реки Ишим между Тюменской и Северо-Казахстанской областями. При этом оставшиеся этнические границы, не связанные с природными или историческими типами, также имеют свои особенности. Анализируя различные процессы, происходившие в XX веке, немалую роль в создании современных этнических контуров российско-казахстанского пограничья сыграла осуществлявшаяся в тот период политика переселения, связанная с индустриализацией, эвакуацией промышленных предприятий во время Великой Отечественной войны, освоением целины и пр.

Неустойчивые границы. Эти участки границы не учитывают природные, исторические и этнические особенности. В основном они продиктованы хозяйственными нуждами и преимущественно проходят по агроландшафтам, при этом часто разделяя единое этническое пространство. В итоге данные границы не обладают выраженными признаками устойчивости и имеют самую большую протяженность – около 2/3 российско-казахстанской границы.

Выводы

Проведенный анализ российско-казахстанской государственной границы в пределах степной зоны показал, что на всем своем протяжении она имеет различную степень устойчивости. С одной стороны, одни участки включают в себя максимальное количество типов, являются наиболее устойчивыми и на протяжении длительного периода времени не меняют свою конфигурацию. С другой стороны, имеются значительные участки границы, которые не обладают признаками устойчивости. При этом важной особенностью современной российско-казахстанской государственной границы является то, что до распада СССР она носила административный характер, и для большинства участков не имелось описания и маркировки на местности, а граница формировалась на основе хозяйственно-экономической политики государства.

Устойчивость российско-казахстанской границы продолжает формироваться, несмотря на сохраняющиеся неустойчивые участки (преимущественно геометрического типа, искусственно разделяющие этнические ареалы). Современные факторы – развитие международного права, углубление экономико-культурных связей и общая социокультурная динамика – способствуют постепенной трансформации этих участков в исторический тип. Однако окончательное становление границы будет зависеть от дальнейшей этнической политики двух стран, интенсивности трансграничных взаимодействий и демографических процессов в приграничье.

Выполненное исследование исторических, природных и этнических особенностей границы, а также разработанная типология, имеет практическое значение, поскольку является основой для понимания различных рисков в сфере приграничной безопасности и анализа устойчивости границы. В связи с этим исследование имеющихся особенностей может быть использовано для разработки стратегии пограничной политики и реализации программ российско-казахстанского трансграничного сотрудничества.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» № ГР АААА-А21-121011190016-1.

Список литературы

1. Соколов А.А., Руднева О.С. Социально-экономическое районирование российско-казахстанского трансграничного региона // Регион: экономика и социология. 2023. № 3 (119). С. 282-306. DOI: 10.15372/REG20230312.
2. Curzon G.N. *Frontiers: The Romanes Lecture*. 1907. Delivered in the Sheldonian Theatre. Oxford, Clarendon Press, 1907. 66 p.
3. Колосов В.А., Мироненко Н.С. Геополитика и политическая география: Учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2001. 479 с.
4. Евдокимов С.И. Оценка устойчивости границ псковско-белорусской порубежной территории // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2013. № 2. С. 116-124.
5. Манаков А.Г., Евдокимов С.И. Устойчивость границ Псковского региона: историко-географический анализ // Псковский регионологический журнал. 2010. № 10. С. 29-48.
6. Голунов С.В. Российско-казахстанская граница: история формирования // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4. История. Регионоведение. Международные отношения. 2005. № 10. С. 68-87.
7. Плеханов А.М. Пограничные укрепленные линии // Большая российская энциклопедия.. М., 2014. Т. 26. С. 516.
8. Корженевский К.Б. Российско-казахстанское пограничье: от административных границ Казахстана в рамках РСФСР до современных государственных рубежей // Научный диалог. 2022. Т. 11. № 9. С. 373-391.
9. Делимитация и демаркация государственных границ в регионе ОБСЕ. Vienna, OSCE, 2017. 152 с.
10. Лукашов А.А. Горы // Большая российская энциклопедия. М., 2007. Т. 7. С. 499.
11. Wallman S. The boundaries of "race": processes of ethnicity in England // *Man*. 1978. Vol. 13. No. 2. P. 200-217.
12. Герасименко Т.И. Этноконтактные зоны в геокультурном пространстве России // Гуманитарный вектор. 2018. № 2. С. 152-161. DOI: 10.21209/1996-7853-2018-13-2-152-161.
13. Эккель Б.М. Определение индекса мозаичности национального состава республик, краев и областей СССР // Советская этнография. 1976. № 2. С. 33-39.
14. Карпенко М.С., Колосов В.А., Себенцов А.Б. Трансформация российско-казахстанского пограничья в постсоветский период: институциональное и экономическое измерения // Проблемы национальной стратегии. 2021. № 5. С. 25-40. DOI: 10.52311/2079-3359_2021_5_25.
15. Родоман Б.Б. Основные типы географических границ // Географические границы. М.: Изд-во МГУ, 1982. С. 19-33.
16. Каганский В.Л. Географические границы: противоречия и парадоксы // Географические границы. М.: Изд-во МГУ, 1982. С. 7-19.
17. Колосов В.А. География государственных границ: идеи, достижения, практика // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2008. № 5. С. 8-20.
18. Колосов В.А., Туровский Р.Ф. Современные государственные границы: новые функции в условиях интеграции и приграничное сотрудничество // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 1997. № 5. С. 106-113.
19. Ancel J. *Géographie des frontières*. Paris, 1938. 256 p.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 15.04.2025
Принята к публикации 12.12.2025

ANALYSIS OF THE STABILITY OF THE RUSSIAN-KAZAKH STATE BORDER IN THE RUSSIAN STEPPES BASED ON NATURAL AND SOCIAL FACTORS

***A. Sokolov, O. Rudneva**

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg
e-mail: *sokolovaa@rambler.ru

The formation and sustainable functioning of the state border is a complex evolutionary and historical process. The adjacent space is an area of contact between integrated, but culturally and ethnically different territories. To determine the stability of the border, its sectors were segmented according to a set of typological features (natural, ethnic, historical). The border adjacent to the steppe zone was divided into three categories of stability based on the synthesis of these features: the most stable – historically mature, with a high degree of ethnic contrast and of natural origin; stable – including two of the three features listed; weakly stable – with only one feature of stability. Unstable segments of the border were identified separately due to economic and administrative reasons and do not possess any of the characteristics, and are geometric. As a result of the study, it was determined that two thirds of the state border is unstable, and the most stable sections have the shortest length. At the same time, the state border, as a natural and political phenomenon, is not static. In the process of internal and external transformations, features can be acquired or lost that form resistance to destructive processes. Further study of this evolution will help to identify the most significant risks to cross-border security and contribute to strengthening stability at the state border as a basis for socio-economic and political development.

Key words: steppe zone, state border, typology of borders, stability of borders, border territories, natural barrier, ethnic areas.

References

1. Sokolov A.A., Rudneva O.S. Sotsial'no-ekonomicheskoe raionirovanie rossiisko-kazakhstanskogo transgranichnogo regiona. Region: ekonomika i sotsiologiya. 2023. N 3 (119). S. 282-306. DOI: 10.15372/REG20230312.
2. Curzon G.N. Frontiers: The Romanes Lecture. 1907. Delivered in the Sheldonian Theatre. Oxford, Clarendon Press, 1907. 66 p.
3. Kolosov V.A., Mironenko N.S. Geopolitika i politicheskaya geografiya: Uchebnik dlya vuzov. M.: Aspekt Press, 2001. 479 s.
4. Evdokimov S.I. Otsenka ustoichivosti granits pskovsko-belorusskoi porubezhnoi territorii. Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki. 2013. N 2. S. 116-124.
5. Manakov A.G., Evdokimov S.I. Ustoichivost' granits Pskovskogo regiona: istoriko-geograficheskii analiz. Pskovskii regionologicheskii zhurnal. 2010. N 10. S. 29-48.
6. Golunov S.V. Rossiisko-kazakhstanskaya granitsa: istoriya formirovaniya. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4. Istoriya. Regionovedenie. Mezhdunarodnye otnosheniya. 2005. N 10. S. 68-87.
7. Plekhanov A.M. Pogranichnye ukreplennye linii. Bol'shaya rossiiskaya entsiklopediya. M., 2014. T. 26. S. 516.
8. Korzhenevskii K.B. Rossiisko-kazakhstanskoe pogranich'e: ot administrativnykh granits Kazakhstana v ramkakh RSFSR do sovremennykh gosudarstvennykh rubezhei. Nauchnyi dialog. 2022. T. 11. N 9. S. 373-391.
9. Delimitatsiya i demarkatsiya gosudarstvennykh granits v regione OBSE. Vienna, OSCE, 2017. 152 s.
10. Lukashov A.A. Gory. Bol'shaya rossiiskaya entsiklopediya. M., 2007. T. 7. S. 499.
11. Wallman S. The boundaries of "race": processes of ethnicity in England. Man. 1978. Vol. 13. No. 2. P. 200-217.

12. Gerasimenko T.I. Etnokontaktnye zony v geokul'turnom prostranstve Rossii. Gumanitarnyi vektor. 2018. N 2. S. 152-161. DOI: 10.21209/1996-7853-2018-13-2-152-161.
13. Ekkel' B.M. Opredelenie indeksa mozaichnosti natsional'nogo sostava respublik, kraev i oblastei SSSR. Sovetskaya etnografiya. 1976. N 2. S. 33-39.
14. Karpenko M.S., Kolosov V.A., Sebentsov A.B. Transformatsiya rossiisko-kazakhstanskogo pogranich'ya v postsovetetskii period: institutsional'noe i ekonomicheskoe izmereniya. Problemy natsional'noi strategii. 2021. N 5. S. 25-40. DOI: 10.52311/2079-3359_2021_5_25.
15. Rodoman B.B. Osnovnye tipy geograficheskikh granits. Geograficheskie granitsy. M.: Izd-vo MGU, 1982. S. 19-33.
16. Kaganskii V.L. Geograficheskie granitsy: protivorechiya i paradoksy. Geograficheskie granitsy. M.: Izd-vo MGU, 1982. S. 7-19.
17. Kolosov V.A. Geografiya gosudarstvennykh granits: idei, dostizheniya, praktika. Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2008. N 5. S. 8-20.
18. Kolosov V.A., Turovskii R.F. Sovremennye gosudarstvennye granitsy: novye funktsii v usloviyakh integratsii i prigranichnoe sotrudnichestvo. Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 1997. N 5. S. 106-113.
19. Ancel J. Géographie des frontières. Paris, 1938. 256 p.

Сведения об авторах:

Соколов Александр Андреевич

К.г.н., старший научный сотрудник отдела социально-экономической географии, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0002-0093-3420

Sokolov Alexander

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher of the Department of Socio-Economic Geography, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Руднева Оксана Сергеевна

К.г.н., старший научный сотрудник отдела социально-экономической географии, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0001-8425-3301

Rudneva Oksana

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher of the Department of Socio-Economic Geography, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Соколов А.А., Руднева О.С. Анализ устойчивости российско-казахстанской государственной границы в пределах степной зоны России на основе природных и социальных факторов // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 38-47. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-38-47

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАСЕЙНЕ РЕКИ ИРТЫШ

С.Г. Барышников

Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения
Российской академии наук (ИВЭП СО РАН), Россия, Барнаул
e-mail: sbaryshnikov18@gmail.com

Цель исследования – рассмотреть бассейн Иртыша как единую интегральную природно-хозяйственно-социальную систему и выявить в ее структуре участки, находящиеся в разных экологических ситуациях. В рамках работы дана оценка роли природных, социально-исторических и современных экономических факторов развития геоэкологических проблем на территории бассейна реки Иртыш. Выявлены риски наступления катастрофических ситуаций, связанных с разрушением плотин водохранилищ в верхней части бассейна и падением уровня воды в озере Зайсан. Разработана типология экологических ситуаций, сложившихся на территории исследования, с учетом современных тенденций изменения природной среды и развития хозяйственных систем. Экологическая ситуация в бассейне реки Иртыш изменяется от удовлетворительной в горах Алтая и на территории таежной зоны до напряженной и критической в межгорных впадинах и кризисной – на территории бесприточной части бассейна р. Иртыш и в бассейнах рек Ишим и Тобол. Определены основные источники загрязнения вод Иртыша: предприятия металлургического, топливно-энергетического, химического, нефтехимического и машиностроительного комплексов; растениеводство на орошаемых землях и коммунальные стоки промышленных центров.

Автор приходит к выводу о том, что геоэкологические проблемы, возникающие в бассейне реки Иртыш, могут быть решены на основе учета экономических и политических интересов народов, населяющих его территорию, и при условии адаптации хозяйственных систем к изменению экологического потенциала его ландшафтов.

Ключевые слова: геоэкологические проблемы, трансграничный бассейн реки Иртыш, типология экологических ситуаций.

Введение

Бассейн реки Иртыш располагается в центре Евразии, в его верхней части находится точка, наиболее удаленная от океанов (46°16'80" с.ш., 86°40'20" в.д.). Река берет начало на территории Монголии и имеет протяженность 4248 км. Отрезок Иртыша, принадлежащий Китаю, составляет 619 км, Казахстану – 1589 км, России – 2041 км. Общая площадь бассейна достигает 1650 тыс. км², на долю Китая приходится около 2 % (48 тыс. км²) от этой величины; Республики Казахстан – 53,1 % (876 тыс. км²), российская часть составляет 44% (726 тыс. км²). Положительный опыт решения геоэкологических проблем в трансграничных бассейнах реки аккумулирован в Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков. Россия и Казахстан присоединились к данной конвенции. Китай традиционно придерживается стратегии заключения двухсторонних соглашений. Для устранения данного обстоятельства важно доказать, что бассейн Иртыша представляет собой единую интегральную природно-хозяйственно-социальную систему [1], а для понимания тонкостей международного взаимодействия необходимо проанализировать опыт сосуществования народов трансграничного бассейна Иртыша, выявить причины геоэкологических проблем и предложить компромиссные варианты их решения.

Материалы и методы

Цель данного исследования – установить причины и остроту экологических ситуаций в разных частях бассейна реки Иртыш и обосновать рекомендации по снижению экологических рисков на его территории. Анализ природных условий бассейна с позиций их влияния на формирование экологических проблем, оценка устойчивости ландшафтов к химическому загрязнению [2] и применение сравнительно-географического метода исследования позволили систематизировать факты и, на основе принципов, разработанных Б.И. Кочуровым [3], дать комплексную характеристику антропогенного давления на природные системы и провести типологию экологических ситуаций, сложившихся на территории бассейна. В качестве критериев учитывались показатели экологического потенциала и устойчивость ландшафтов к антропогенному воздействию, а также результаты водохозяйственного районирования [4] и пространственно-временные изменения особенностей природопользования в разных частях бассейна. Интегральная оценка проводилась на основе ландшафтно-бассейнового подхода [5].

На участках бассейна, ландшафты которых находятся в близком к естественному состоянию, экологическая ситуация оценивалась как удовлетворительная. Напряженная экологическая ситуация диагностировалась по деградации отдельных компонентов ландшафта (как правило, изменение качества вод или растительного покрова). На территориях с критической экологической ситуацией были установлены признаки деградации всего комплекса компонентов природы и ухудшение здоровья населения в некоторых группах. Катастрофических ситуаций с полной утратой природных ресурсов и необратимой деградацией ландшафтов не выявлено.

Пространственное развитие экологических ситуаций оценивалось на основе данных ДЗЗ и полевых наблюдений автора. Источниками данных послужили также отчеты государственных статистических служб, публикации в открытой печати, набор открытых векторных данных (землепользование и водные объекты), данные о речном бассейне по проекту HydroATLAS.

Результаты и обсуждение

В природном отношении бассейн реки Иртыш подразделяется на горную и равнинную части. В верхнем течении Иртыш пересекает отроги передовых хребтов Алтая, протекает по днищу Джунгарской котловины, впадает в оз. Зайсан, ниже его воды пополняют Бухтарминское водохранилище и по широкой долине, в районе города Семей, выходят на равнину. В геологическом прошлом территория межгорных котловин представляла собой часть морского бассейна, в настоящее время об этом свидетельствуют отложения песков и суглинков, в которых свободно развиваются русловые процессы Черного Иртыша, формируется сегментно-гравистая пойма с наложенными на ее поверхность формами рельефа дельт правых притоков Черного Иртыша. Террасированные склоны этой части долины осложнены массивами слабо закрепленных барханных и грядовых песков, которые создают риски для дальнейшего использования этой территории. В историческом прошлом на территории Китая из-за распашки лугов и преобразования русел рек постепенно сформировался песчаный массив шириной 60 км, который поглотил города, существовавшие на месте современных пустынь Такла-Макан и Цайдам. Долина Черного Иртыша окружена кряжами и мелкосопочными массивами, что создает эффект орографической континентальности. Перепад высот между дном котловин и вершинами Алтая составляет 3000-4000 м.

От г. Семей до устья Иртыш представляет собой равнинную реку с широкой поймой. От Семей до границ Омской области, на протяжении 75 км, река прокладывает себе путь в осадочных породах Кулундинской озерно-аллювиальной равнины. Озерные отложения с линзами соли представляют собой водоупоры и могут насыщать солью горизонты грунтовых

вод и почвенные растворы. С поверхности они перекрыты лёссовыми породами, которые блокируют влияние озерных осадков на почвы.

Геоморфологическое строение бассейна представляет собой важный фактор региональной трансформации зональных климатических условий. В Приуралье климат умеренно-континентальный, лесная зона здесь получает до 600 мм, а подтайга – около 500-400 мм осадков в год. Суммы активных температур изменяются от 800 до 1800°C. В центральной пониженной части бассейна климат континентальный, количество осадков снижается до 300 мм, а суммы активных температур возрастают до 2000-2200°C, с периодичностью в 10 лет наблюдаются засухи и пыльные бури [6].

На пути циклонов, перемещающихся с запада и юго-запада, возвышаются: Казахский мелкосопочник, Алтай и горы Центральной Азии. Горы создают барьерный (на наветренных склонах) и барьерогенный (на подветренных склонах) эффекты. В центральной равнинной части бассейна климат континентальный, количество осадков – около 300 мм. На склонах Казахского мелкосопочника оно возрастает до 400 мм. Для всей территории высока вероятность повторения засух. В барьерных условиях Алтая выпадает от 600-900 и до 1500 мм осадков в год. Климат можно классифицировать как умеренно-континентальный. В Зайсанской котловине и в долине Черного Иртыша климат резко континентальный, средняя температура июля составляет +25°C, января -25°C. Суммы активных температур достигают 3200-3600°C, среднегодовое количество осадков – около 200 мм, а в крайней восточной части Джунгарской впадины снижается до 100 мм.

Соотношение тепла и влаги на территории бассейна в значительной мере определяет распространение лесных, лесостепных, степных, полупустынных и пустынных ландшафтов. Пространственное изменение значений гидротермического коэффициента (ГТК) за вегетационный период (рис. 1) демонстрирует, что большая часть территории бассейна р. Иртыш находится в условиях недостаточного увлажнения ($ГТК < 1$). В пределах зоны оптимального увлажнения располагается лишь северная часть бассейна и горные территории (0,55-1,0), за исключением межгорных котловин, где в этот период не наблюдается осадков.

В северной части бассейна преобладают типично континентальные варианты бореальных (таежных) и бореально-суббореальных (подтаежных) ландшафтов. Окисляемость вод в зоне их распространения интенсивная, в речных водах высока концентрация органических веществ, по этой причине самоочищение вод от загрязняющих веществ слабое. Разложение органики, в том числе нефтепродуктов, длится 100-150 лет. Установлено [2], что последствия хозяйственной деятельности человека в лесной зоне проявляются постепенно, а исчезают медленно.

Лесостепные суббореальные семиаридные (остепненные) и степные ландшафты характеризуются кислотнo-щелочными или щелочно-содовыми геохимическими условиями. Годовой сток 100-300 мм обуславливает медленное самоочищение почв. Разложение органики происходит за пять лет из-за высоких летних температур воздуха и обилия солнечного света.

В суббореальных аридных (полупустынных) ландшафтах Зайсанской впадины и пустынных ландшафтах Джунгарской равнины разложение органики происходит за 7 лет или 2 года соответственно. Годовой слой стока не превышает 30-10 мм, самоочищение водным путем идет медленно. Характерна высокая запыленность атмосферы. Из-за большого количества солнечной радиации быстро разлагаются нефтепродукты и нефть.

В горных районах поверхностные воды содержат мало растворенных органических остатков, имеют высокую скорость течения и быстро самоочищаются. Воздух очищается грозами. В горной части бассейна сток правых притоков Иртыша зарегулирован, в водохранилищах накапливаются загрязняющие вещества, смытые с орошаемых сельхозугодий и осаждаемые из атмосферы.

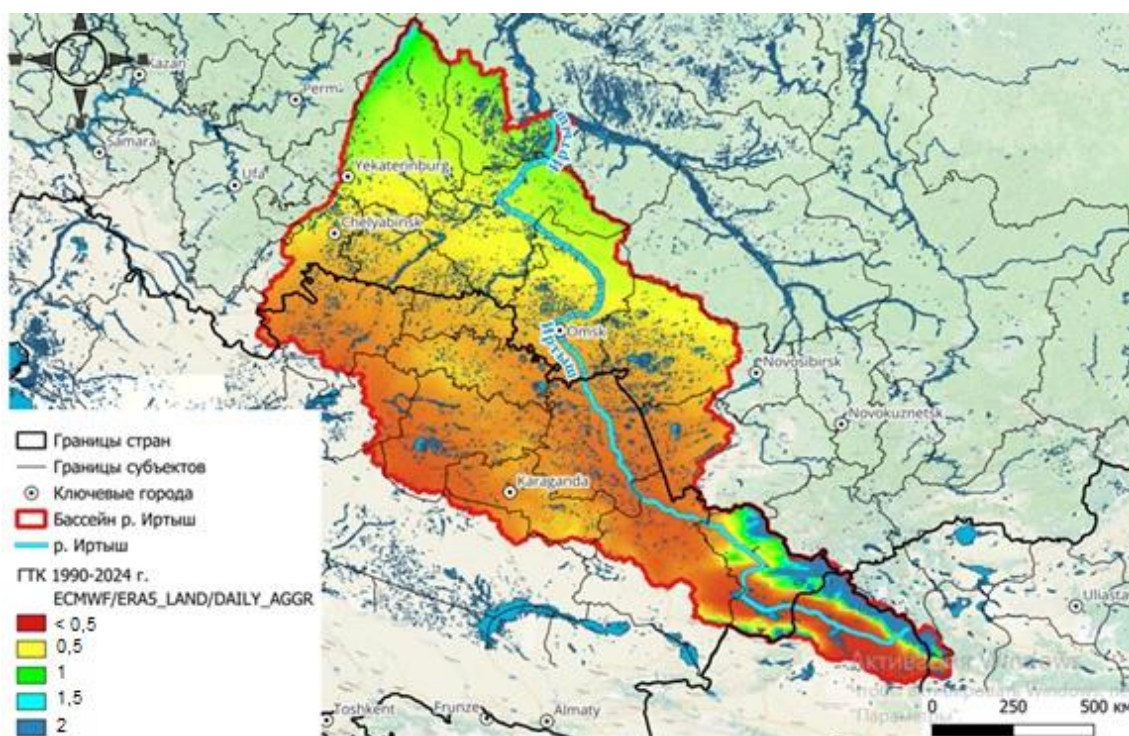


Рисунок 1 – Пространственное изменение значений гидротермического коэффициента (ГТК) в бассейне Иртыша за вегетационный период [построено автором по данным платформы Google Earth Engine и датасета ERA5]

Потенциальная способность ландшафтов к самоочищению проявляется в их реакции на антропогенное воздействие, интенсивность которого существенно возросла с середины XX века. На протяжении истории население использовало Иртыш как источник пресной воды и рыбы. В средней части бассейна было развито пастбищно-кочевое скотоводство, которое сопровождалось изменением видового состава травостоя, снижением продуктивности пастбищ, эрозионными процессами, сокращением ареала кустарниково-древесной растительности в предгорьях. Жители долины Черного Иртыша занимались растениеводством на орошаемых землях. Через территорию Джунгарии и современной Восточно-Казахстанской области проходила степная часть Великого шелкового пути. Джунгары считали эту территорию своей, угоняли скот, разоряли местное казахское население, грабили караваны, совершали нападения на поселения, а также противостояли территориальным претензиям Китайской империи. Весь регион отличался напряженной и даже опасной политической ситуацией. Для обеспечения благоприятных условий торговли России в Центральной Азии по указу Петра I началось строительство крепостей Иртышской казачьей линии. Создание казачьих крепостей сыграло решающую роль в ограждении казахов Среднего жуза от порабощения Джунгарским ханством. После строительства крепостей сибирские крестьяне переселялись на казачьи линии. Постепенно началось развитие хлебопашества, пчеловодства и ремесел. С одной стороны, переселение земледельцев сопровождалось изъятием земель, пригодных для коневодства, у коренного населения, но с другой стороны, крестьяне и кочевники обращались с просьбами к правительству разрешить им хозяйствовать вместе. Коллективная форма расселения позволяла выживать в суровых условиях и обмениваться опытом ведения хозяйства, например, местное население начало заготавливать сено на зиму.

Важную роль сыграли крепости и их население в освоении минеральных ресурсов Рудного Алтая, но становление металлургической промышленности в середине XIX века сдерживалось недостатком энергетических ресурсов и получило импульс развития лишь в советское время. За период с 1963 по 1988 гг. добыча угля возросла почти в 9 раз. Сформировался Павлодар-Экибастузский территориально-производственный комплекс (ТПК). Были построены тепловые электростанции: Ермаковская ГРЭС, ГРЭС № 1 и ГРЭС № 2

в Экибастузе. После строительства каскада ГЭС (Бухтарминская, Усть-Каменогорская, Шульбинская) Восточно-Казахстанская область стала одним из центров цветной металлургии СССР. В бассейне Иртыша появились энергоемкие отрасли промышленности (цветная металлургия, химическая промышленность, машиностроение). В этот период кратно возросло водопотребление на промышленные нужды.

Одной из основных отраслей экономики на большей части территории остается сельское хозяйство. В советский период – с 1954 по 1958 гг. – в средней части бассейна было распаханно несколько миллионов гектаров степей. На этих землях в настоящее время выращивают зерновые, кормовые и технические культуры, картофель и овощи. В агроландшафтах глубокому преобразованию подверглись растительный и почвенный покровы, а в процессе мелиорации – режим поверхностных и подземных вод. В долине Черного Иртыша орошаемые земли составили 96 % от общей площади пашни. На этих участках в условиях мощного испарения наблюдается вторичное засоление, накопление нитратов и нитритов в почвенном покрове, увеличение содержания солей меди и других металлов, пестицидов, иногда кратно превышающее ПДК. После полива загрязненные воды попадают в Иртыш, сохраняется приток сложно окисляемых органических веществ. Китай предпринимает меры для решения проблем (посадка леса, залужение пустошей) [7].

Важной отраслью сельского хозяйства для всего региона является животноводство, специализация которого определяется природными условиями. В северной части бассейна развито скотоводство молочного и мясомолочного направления. С нарастанием сухости климата оно сменяется в центральной части бассейна скотоводством мясного направления, козоводством и овцеводством. В бассейне Черного Иртыша разводят верблюдов и лошадей. Это важнейший для Китая район пастбищного скотоводства, около 24 % площади пастбищ в этой части бассейна приходится на луга; 29 % – на степи, более 47 % общей площади пастбищ – на опустыненные степи (полупустыни) и пустыни. Такое соотношение делает актуальными расчеты емкости пастбищ для предотвращения их дигрессии и развития эрозионных процессов, среди которых наибольшую опасность представляет эоловый перенос незакрепленного субстрата.

В бассейне Иртыша сформировался АПК, в котором сочетается зерновое земледелие, полустойловое молочное и молочно-мясное скотоводство; в пригородных зонах – птицеводство, свиноводство; в наиболее засушливых частях бассейна – овцеводство, отгонно-пастбищное животноводство с табунным коневодством. Часть отраслей сельского хозяйства нуждается в постоянном использовании воды для производства продукции и ее последующей переработки. Например, на территории Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей Казахстана применяются: обводнение пастбищ (более 15 000 000 га), залив сенокосов (более 10 000 000 га) и лиманное орошение (около 70 000 га) [7].

Дефицит водных ресурсов может сдерживать дальнейшее развитие таких регионов, как южная часть округа Алтай (СУАР, Китай), Павлодарская (Казахстан) и Омская (Россия) области. Например, в Омской области 93 % от объема осадков расходуется на испарение, и только 7 % формируют сток: из 64,3 км³ в год 59,6 км³ испаряется, 0,05 км³ идет на сток в замкнутые понижения и 4,75 км³ на формирование местного речного стока.

Естественной реакцией населения на дефицит воды является создание водохранилищ и прудов, но существенный объем из них тратится на испарение, например, с поверхности Бухтарминского водохранилища испаряется от 1,5 до 1,79 км³/год [8], особенно в мелководной части. В маловодные годы потери возрастают в 1,5-2,5 раза, а в многоводные – снижаются в 1,5-4 раза. На территории бассейна существует более 600 водохранилищ, что приводит к уменьшению стока на 5-40 % в весенне-летний период, когда высока потребность растений во влаге, и увеличению стока в осенне-зимнюю межень на 11-76 %.

Последствия антропогенного зарегулирования стока накладываются на тенденции глобальных климатических изменений [9, 10], которые могут сдерживать темпы социально-экономического развития аридных районов. Наряду с созданием водохранилищ, с конца XX века для решения проблем водоснабжения осуществляется переброска вод по открытым

каналам. Так, 10-11 % от общего объема стока Черного Иртыша уходит по каналу Иртыш – Карамай – Урумчи [11]. Обсуждается проект его продления до оз. Эби-Нур, расположенного в зоне крайне высокой испаряемости. Это, наряду с временным эффектом стабилизации уровня оз. Эби-Нур и обеспечения водой сельхозугодий, приведет к дополнительным потерям воды на испарение, не только из-за высокой температуры воды, но и иссушения ветром. Объем канала позволит перебрасывать в аридные районы СУАР до одного км³ в год. Л.Д. Раткович, Ю.А. Романовой [12] установлено, что потери воды во время переброски стока по открытым каналам могут достичь 4,24 км³ в год, а объем воды, поступающий в настоящее время на границу Казахстана, составляет 6,34 км³ в год. Это третья часть стока, формирующегося на территории Монголии и Китая.

Будущие потребности Китая способны поглотить весь среднемноголетний сток Черного Иртыша. В СУАР построено и строится 13 новых водохранилищ малой и средней мощности и ГЭС – «Цяобатэ». Согласно экспертным оценкам, за последние 30 лет объем стока, поступающего с территории Китая в Казахстан, уменьшился почти в три раза [8]. Это привело к понижению уровней Верхне-Иртышских водохранилищ, озера Зайсан и заболачиванию дельты Черного Иртыша. Дальнейшее падение уровня озера Зайсан вызовет врезание реки Черный Иртыш и ее притоков, более активный вынос аллювия, формирование террас и осушение сельхозугодий на территории округа Алтай (СУАР, Китай), что нивелирует эффект от создания ирригационных систем на территории СУАР. Для прогноза последствий этих событий можно применить метод исторической аналогии. Ранее на территории Китая распашка лугов и прекращение орошения полей в аридных районах вызвало активизацию эоловых процессов.

На территории Казахстана сокращение объема стока и уровня воды в реке Иртыш сопровождается проблемами обеспечения водой Центрального Казахстана. Казахстан планирует решить эту проблему посредством строительства до 2030 года 31 водохранилища и Трансказахстанского канала с ответвлениями на Астану, Петропавловск, Костанай и Актобе. Обсуждаются варианты переброски вод из иртышского бассейна по маршруту р. Бухтарма – оз. Балхаш. Реализация этих планов приведет к ухудшению экологической ситуации в южных районах Омской области, где уже наблюдается дефицит водных ресурсов, так как водохранилища в верховьях Иртыша аккумулируют значительный объем пресной воды и речных наносов. Заполнение водохранилищ совпало с началом разработки гравийных карьеров вблизи г. Омска. Карьеры задерживают дополнительный объем наносов. Это провоцирует врезание реки и снижение обеспеченности поймы паводковыми водами [13]. Для создания запаса воды речные протоки Иртыша в районе Омска перекрыты дамбами.

Ситуация с водообеспечением населения и хозяйства Омской области усугубляется тем, что на ее границу со стоком вод Иртыша (30,3 км³/год) поступают загрязняющие вещества [14]. Вода в пограничном створе относится к 3-4 классу загрязнения по шкале Росгидромета. Существенный вклад в увеличение загрязнения вносят также разработка Крапивинского месторождения нефти, Омский нефтеперерабатывающий завод, ПО «Омскшина», ПО «Омский каучук», ПО «Омсктехуглерод», завод «Полиом» и другие предприятия. Омская область является крупным центром пищевой промышленности, опирающейся на местную сырьевую базу, для сохранения которой необходимо устойчивое развитие сельского хозяйства, которое невозможно без орошения. Крупными водопотребителями являются предприятия аэрокосмической промышленности: ПО «Полёт», АО «Радиозавод им. А.С. Попова», АО «Омский агрегатный завод», завод «Омсктрансмаш», АО ГП «Сибзавод» и другие.

В долине Черного Иртыша реализуется проект «Большого освоения Запада Китая», рассчитанный до 2030 г. Это может отразиться на экологическом состоянии окружающей среды всего бассейна. В настоящее время воды, поступающие с территории Китая, загрязнены тяжелыми металлами (основной источник – полигон «Лобнор», КНР), нефтепродуктами (месторождение Карамай) и фенолами, что снижает способность биологического самоочищения вод [15]. На территории Китая принимаются меры по снижению концентрации

загрязняющих веществ в речных водах: реконструированы или закрыты некоторые предприятия и запрещено капитальное строительство в прибрежной зоне, благодаря чему в створе у с. Буран (граница Казахстана) содержание ионов меди и цинка в период половодья уменьшилось в 2,4 раза; в створе Семипалатинск – в 3,8 раза. В створе Семиярка (Павлодарская область) зафиксировано увеличение содержания ионов тяжелых металлов почти в два раза, что связано с производственной деятельностью на территории Казахстана, где горнодобывающая промышленность и цветная металлургия относятся к отраслям специализации. Сохраняются выбросы в окружающую среду Усть-Каменогорского, Зырянского, Лениногорского и других металлургических предприятий, несмотря на то что 91 % водопотребления приходится на повторно-последовательное водоснабжение [15].

В створе г. Усть-Каменогорск качество воды 5 класса (наихудшее). На горных выработках искусственные аккумулятивные формы рельефа сложены из материала, оставшегося после вскрышных работ, дробления, а также складирования почвенного горизонта. Они подвергаются действию склоновых и водно-эрозионных процессов. Карьеры и шахты горнодобывающих предприятий, запасы угля и шлака на электростанциях, автотранспорт, химические средства защиты сельскохозяйственных культур представляют собой источники поступления тяжелых металлов в почвы и воды. Опасным источником загрязнения грунтовых вод и поймы реки Иртыш являлось АО «Химпром» в Павлодарской области [15].

В самостоятельную проблему следует выделить наличие источников радиационного загрязнения территорий: ПО «Маяк» (Челябинская область, Россия), Семипалатинский полигон (Казахстан), «Лобнор» (КНР). Острая экологическая ситуация сложилась в долинах рек Брекса, Глубочанка и Красноярка. Воды р. Брексы имеют индекс загрязнения вод 10,2-28,2, что соответствует пятому классу загрязнения; необходима очистка ливневых стоков, поступающих с территории Семипалатинского полигона и городских территорий промышленных центров Восточного Казахстана. Часть реки Исети и ее речной бассейн в среднем течении, а также верховья р. Синары и ее речной водосбор находятся в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа. В реках, протекающих по территории Челябинской области, вода «умеренно загрязненная». На территории Курганской области (Россия) – «грязная» [14]. Между г. Тобольск и г. Ханты-Мансийск вода содержит соединения меди, марганца и органические вещества (по ХПК); реже фенолы, аммонийный азот, соединения железа и цинка, органические вещества (по БПК₅), и оценивается как грязная [15].

Источниками загрязнения вод становятся быстро растущие города. Астана, Петропавловск, Караганда и Темиртау через канал Нура-Ишим-Иртыш пополняют реки «грязной» и «умеренно загрязненной» водой пятого класса качества [16]; после приема городских стоков г. Ишима она становится «загрязненной» и «грязной». Город Екатеринбург поставляет стоки в реку Тобол; гг. Миасс и Челябинск – в реку Миасс.

В бассейне Тобола сложилась напряженная экологическая ситуация, которая в районах промышленных центров переходит в кризисную. На всем протяжении Тобола и его основных притоков создано большое число водохранилищ и прудов, в которые поступают вещества с поверхности горных выработок, отвалов, хвостохранилищ; от горно-обогатительных фабрик, металлургических, химико-металлургических, химических, машиностроительных, теплоэнергетических предприятий. Антропогенная нагрузка на поверхностные водные объекты здесь достигает 40-60 % и более. В воде находятся соединения меди, марганца и нефтепродуктов, сульфатов и фенола, фосфатов, азота аммонийного, легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅), соединения железа и цинка [16, 17].

В бассейне Иртыша можно выделить несколько обособленных национальных и/или трансграничных участков, которые различаются природными условиями, особенностями экономики и остротой экологических ситуаций (рис. 2). В соответствии с алгоритмом геоэкологической оценки территории, разработанным Б.И. Кочуровым [3], были установлены природные риски, сочетание разных видов антропогенного давления на водные системы и

проведена обобщенная типология экологических ситуаций, сложившихся на территории бассейна.

Участок бассейна от *истока р. Черный Иртыш до впадения в о. Зайсан (№ 1)* характеризуется пространственным изменением экологической ситуации от удовлетворительной в горах Алтая, где преобладает традиционное природопользование и взаимодействие этнических групп населения, до критической. Последняя характерна для долины Черного Иртыша, где доминирует орошаемое земледелие, а в растениеводстве занято преимущественно уйгурское население. Из-за нарастающей аридизации климата, понижения уровня грунтовых вод возможна потеря урожайности сельхозкультур, активизация эоловых процессов и как следствие – снижение уровня жизни коренного населения и экологически обусловленное напряжение межнациональных отношений.

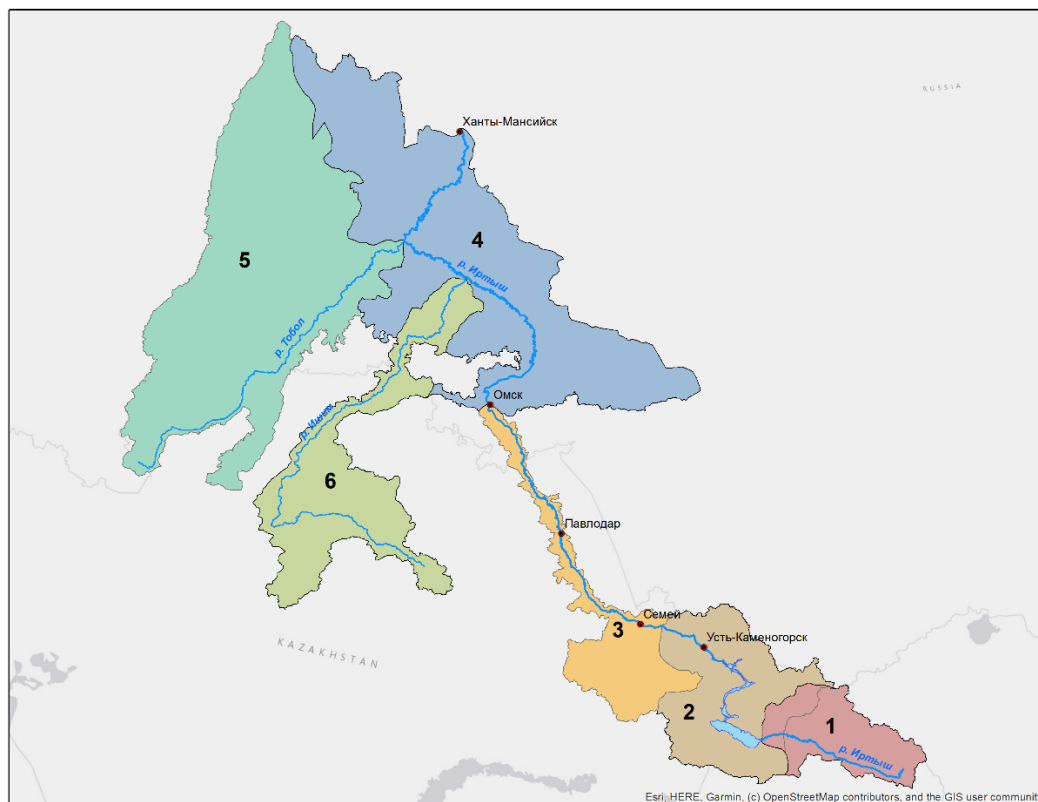


Рисунок 2 – Участки водопользования в бассейне р. Иртыш (составлено автором)

Условные обозначения: участки бассейна с разным характером экологических проблем:

1. Участок бассейна от истока р. Черный Иртыш до впадения в о. Зайсан; 2. От о. Зайсан до Шульбинского гидротехнического узла (ГТС); 3. Бесприоточный участок бассейна; 4. Участок бассейна от г. Омск и до г. Ханты-Мансийск; 5. Бассейн р. Тобол; 6. Бассейн р. Ишим.

На участке от о. Зайсан до Бухтарминского (№ 2) водохранилища геоэкологическая ситуация изменяется от **напряженной** в предгорьях и низкогорьях, где произошло изменение видового состава травостоя и снижение продуктивности пастбищ, до кризисной в Зайсанской котловине. Понижение уровня озера Зайсан привело к заболачиванию дельты Черного Иртыша и потере биоразнообразия. В условиях мощного испарения с поверхности озера и водохранилища увеличивается концентрация нитратов, нитритов, солей меди и других металлов, пестицидов. Дальнейшее сокращение стока, рост концентрации сточных вод в реке снижают возможность самоочищения вод озера посредством ее разбавления чистой водой. Смыв в водоем легко окисляемых органических веществ вызывает уменьшение в ней количества растворенного кислорода и зарастание мелководной части водной растительностью. На низкой озерной террасе наблюдается вторичное засоление.

Участок Бухтарминское – Шульбинское (№ 2) водохранилища характеризуется напряженной, а в районах промышленных центров – критической ситуацией, где поступление в окружающую среду выбросов Усть-Каменогорского, Зыряновского, Лениногорского и других металлургических предприятий отражается на качестве окружающей среды и здоровье населения. Изношена инфраструктура многих гидроузлов, что в случае воздействия внешних факторов (землетрясений, гидроударов и др.) может привести к разрушению плотин и формированию катастрофической экологической ситуации. Тот факт, что в водохранилищах десятки лет осаждались вещества-загрязнители, осложнит процесс ликвидации последствий чрезвычайной ситуации.

На территории бесприточного участка бассейна (№ 3) сложилась критическая экологическая ситуация, обусловленная природными факторами, трансграничным переносом загрязняющих веществ, высокой концентрацией местных источников техногенного загрязнения и наличием замкнутых понижений – аккумуляторов загрязняющих веществ. В промышленных центрах наблюдается ухудшение здоровья населения. Рост концентрации сточных вод в реке и сокращение стока снижают возможность самоочищения посредством разбавления чистой водой. В створе Семиярка (Павлодарская область) содержание ионов тяжелых металлов превышает ПДК почти в два раза. Орошение полей приводит к засолению почвы, а смыв в воды Иртыша органических веществ повышает расход кислорода на их окисление. В некоторых реках (р. Брексы) воды относятся к пятому классу загрязнения. Потенциальное ухудшение ситуации до кризисной может быть связано с нарушением герметичности хранилищ стоков АО «Химпром» (Павлодарская область).

Участок бассейна от г. Омск и до г. Ханты-Мансийск (№ 4) характеризуется напряженной экологической ситуацией. Наличие природного очага и традиционное употребление в пищу рыбы привели к тому, что 90 % местного населения заражено описторхозом. Наблюдается трансграничный перенос загрязняющих веществ, высокая окисляемость вод и интенсивная природная концентрация органических веществ, слабая способность к самоочищению от техногенных загрязнителей. Разложение органических веществ протекает более 100 лет. Для стабилизации ситуации требуется совершенствование технологий производства.

Экологическая ситуация **в бассейне р. Тобол (№ 5)** изменяется от удовлетворительной в верховьях левых притоков реки до напряженной и кризисной на остальной территории бассейна. Вода в реке Тобол в Курганской области (Россия) – «грязная». Предприятия добывающей промышленности, системы перекачки и транспортировки углеводородов, нефтяные терминалы и нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, а также сточные воды представляют собой мощные источники загрязнения вод нефтью и нефтепродуктами, особенно во время аварий, которые случаются на объектах добычи и транспортировки нефти. Отличительной чертой этого участка является высокий уровень изъятия вод промышленными предприятиями городов Екатеринбург, Миасс, Челябинск и др. (Россия).

В бассейне р. Ишим (№ 6) экологическая ситуация кризисная. Ишим принимает сточные воды городов: Астана, Петропавловск, Караганда и Темиртау (канал Нура-Ишим) (Казахстан). В р. Ишим вливается вода «грязная» и «умеренно загрязненная», после приема городских стоков г. Ишима она становится «грязной».

Выводы

Экологическая ситуация в бассейне реки Иртыш изменяется: от удовлетворительной в горах Алтая и на территории таежной зоны до напряженной и критической в межгорных впадинах и кризисной – на территории бесприточной области бассейна р. Иртыш и в бассейнах рек Ишим и Тобол. Существуют риски наступления катастрофических ситуаций, связанных: с разрушением плотин водохранилищ в верхней части бассейна; падением уровня воды в озере Зайсан, что приведет к понижению уровня грунтовых вод на орошаемых полях и напряжению социальной ситуации в бассейне Черного Иртыша; аварийным ситуациям на промышленных объектах.

В настоящее время основными источниками загрязнения вод Иртыша являются предприятия металлургического, топливно-энергетического, химического, нефтехимического и машиностроительного комплексов; растениеводство на орошаемых землях. Решение геоэкологических проблем, связанных с этими производствами, потребует структурной перестройки хозяйства (включая традиционные способы ведения сельского хозяйства) или введения новых технологий природопользования, обеспечивающих нулевое загрязнение окружающей среды и водосбережение.

Геоэкологические проблемы трансграничного бассейна реки Иртыш имеют природно-антропогенную и социально-историческую обусловленность. Их решение должно опираться на адаптацию хозяйственных систем к изменяющимся природным условиям с учетом интересов всех государств и народов, населяющих бассейн Иртыша.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Госконтракта НИР № 0173100011322000004 и госзадания ИВЭП СО РАН № FUFZ-2021-0007.

Список литературы

1. Корытный Л.М., Жерелина И.В. Международные речные и озерные бассейны Азии: конфликты, пути сотрудничества // География и природные ресурсы. 2010. № 2. С. 11-19.
2. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М., 1988. 328 с.
3. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. 2-е изд., испр. и доп. М.: ИНФРА-М, 2016. 362 с.
4. Яковченко С.Г., Жерелина И.В., Жоров В.А. Водохозяйственное районирование как основа управления водопользованием на трансграничных территориях (на примере Обь-Иртышского бассейна) // Экономика и управление. 2007. № 4 (30). С. 18-24.
5. Винокуров Ю.И., Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Губарев М.С., Курепина Н.Ю., Резников В.Ф., Магаева Л.А. Ландшафтно-бассейновый подход в оценках водообеспеченности населения и экономики регионов Западной Сибири // География и природные ресурсы. 2018. № 1. С. 31-41.
6. Мезенцева О.В., Кусаинова А.А., Тусупбеков Ж.А. Районирование территории степной зоны Северного Казахстана и сопредельной территории России по условиям тепло- и влагообеспеченности // Успехи современного естествознания. 2024. № 4. С. 50-55.
7. Зонн И.С., Жильцов С.С., Стяной А.Г. Трансграничные реки Казахстана и Китая // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2018. № 4 (27). С. 82-90.
8. Михайлова Н.И., Логиновская А.Н. Прошлые, настоящее и будущее водной системы Зайсан-Иртыш // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proshloe-nastoyashee-i-budushee-vodnoy-sitemy-zaysan-irtysh> (дата обращения: 14.12.2024).
9. Зиновьев А.Т., Кошелева Е.Д. Произошедшее и ожидаемое изменение объема стока рек Обь–Иртышского бассейна под влиянием природно-климатических факторов // Вопросы географии. Сб. 145: Гидрологические изменения. М.: Кодекс, 2018. С. 77-88.
10. Паромов В.В., Земцов В.А., Копысов С.Г. Климат Западной Сибири в фазу замедления потепления (1986-2015 гг.) и прогнозирование гидроклиматических ресурсов на 2021-2030 гг. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 1. С. 62-74.
11. Терехов А.Г. Технические характеристики водного канала Кара-Ертис-Урумчи: спутниковые оценки // Гидрометеорология и экология. 2018. № 4. С. 63-74.
12. Раткович Л.Д., Романова Ю.А. Схема водохозяйственного анализа верхнего и среднего Иртыша // Природообустройство. 2012. № 4. С. 57-61.

13. Чалов Р.С., Голубцов Г.Б., Завадский А.С., Куракова А.А. Условия формирования и особенности морфодинамики разветвленного русла среднего Иртыша // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2024. Т. 79. № 4. С. 119-132. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.4.10.
14. Экологические риски в трансграничном бассейне реки Иртыш / Науч. ред. проф. Ю.И. Винокуров. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 156 с.
15. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды / Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан. РГП «Казгидромет». Департамент экологического мониторинга. Астана, 2010. № 1 (123). 89 с.
16. Несговорова Н.П., Савельев В.Г. Комплексный анализ качества воды реки Тобол и Курганского водохранилища // Успехи современного естествознания. 2023. № 2. С. 47-57.
17. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Курганской области в 2021 году. Курган, 2022. 194 с.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 01.09.2025

Принята к публикации 12.12.2025

GEOECOLOGICAL PROBLEMS IN THE TRANSBOUNDARY BASIN OF THE IRTYSH RIVER

S. Baryshnikov

Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of
Sciences (IWEP SB RAS), Russia, Barnaul
e-mail: sbaryshnikov18@gmail.com

The aim of the study is to consider the Irtysh River basin as a single integrated natural, economic, and social system and to identify areas within its structure that are characterized by different environmental conditions. The paper assesses the role of natural, socio-historical, and current economic factors in the development of geoecological problems within the Irtysh River basin. Risks of catastrophic events associated with the destruction of reservoir dams in the upper part of the basin and the decline in water levels in Lake Zaisan have been identified. A typology of environmental situations in the study area has been developed, taking into account current trends in environmental changes and the development of economic systems.

The ecological situation in the Irtysh River basin varies from satisfactory in the Altai Mountains and the taiga zone, to tense and critical in intermountain depressions, and to crisis-prone in the endorheic part of the Irtysh basin, as well as in the basins of the Ishim and Tobol rivers. The main sources of water pollution in the Irtysh have been identified as enterprises of the metallurgical, fuel and energy, chemical, petrochemical, and machine-building industries; crop production on irrigated lands; and municipal wastewater from industrial centers.

The author concludes that the geoecological problems arising in the Irtysh River basin can be solved by taking into account the economic and political interests of the peoples inhabiting the region and by adapting economic systems to changes in the ecological potential of its landscapes.

Key words: geoecological problems, transboundary Irtysh River basin, typology of environmental situations.

References

1. Korytnyi L.M., Zherelina I.V. Mezhdunarodnye rechnye i ozernye basseiny Azii: konflikty, puti sotrudnichestva. Geografiya i prirodnye resursy. 2010. N 2. S. 11-19.
2. Glazovskaya M.A. Geokhimiya prirodnykh i tekhnogennykh landshaftov SSSR. M., 1988. 328 s.
3. Kochurov B.I. Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie. 2-e izd., ispr. i dop. M.: INFRA-M, 2016. 362 s.
4. Yakovchenko S.G., Zherelina I.V., Zhorov V.A. Vodokhozyaistvennoe raionirovanie kak osnova upravleniya vodopol'zovaniem na transgranichnykh territoriyakh (na primere Ob'-Irtyskogo basseina). Ekonomika i upravlenie. 2007. N 4 (30). S. 18-24.
5. Vinokurov Yu.I., Rybkina I.D., Stoyashcheva N.V., Gubarev M.S., Kurepina N.Yu., Reznikov V.F., Magaeva L.A. Landshaftno-basseinovy podkhod v otsenkakh vodoobespechennosti naseleniya i ekonomiki regionov Zapadnoi Sibiri. Geografiya i prirodnye resursy. 2018. N 1. S. 31-41.
6. Mezentseva O.V., Kusainova A.A., Tusupbekov Zh.A. Raionirovanie territorii stepnoi zony Severnogo Kazakhstana i sopredel'noi territorii Rossii po usloviyam teplo- i vlagoobespechennosti. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2024. N 4. S. 50-55.
7. Zonn I.S., Zhil'tsov S.S., Styanoi A.G. Transgranichnye reki Kazakhstana i Kitaya. Vestnik Moskovskogo universiteta imeni S.YU. Vitte. Seriya 1: Ekonomika i upravlenie. 2018. N 4 (27). S. 82-90.
8. Mikhailova N.I., Loginovskaya A.N. Proshloe, nastoyashchee i budushchee vodnoi sistemy Zaisan-Irtysh. Interekspo Geo-Sibir'. 2015. N 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proshloe-nastoyashee-i-budushee-vodnoy-sitemy-zaysan-irtysh> (data obrashcheniya: 14.12.2024).
9. Zinov'ev A.T., Kosheleva E.D. Proizoshedshee i ozhidaemoe izmenenie ob"ema stoka rek Ob'-Irtyskogo basseina pod vliyaniem prirodno-klimaticheskikh faktorov. Voprosy geografii. Sb. 145: Gidrologicheskie izmeneniya. M.: Kodeks, 2018. S. 77-88.
10. Paromov V.V., Zemtsov V.A., Kopysov S.G. Klimat Zapadnoi Sibiri v fazu zamedleniya potepleniya (1986-2015 gg.) i prognozirovanie gidroklimaticheskikh resursov na 2021-2030 gg. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. 2017. T. 328. N 1. S. 62-74.
11. Terekhov A.G. Tekhnicheskie kharakteristiki vodnogo kanala Kara-Ertis-Urumchi: sputnikovye otsenki. Gidrometeorologiya i ekologiya. 2018. N 4. S. 63-74.
12. Ratkovich L.D., Romanova Yu.A. Skhema vodokhozyaistvennogo analiza verkhnego i srednego Irtysha. Prirodoobustroistvo. 2012. N 4. S. 57-61.
13. Chalov R.S., Golubtsov G.B., Zavadskii A.S., Kurakova A.A. Usloviya formirovaniya i osobennosti morfodinamiki razvetvlennoogo rusla srednego Irtysha. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya. 2024. T. 79. N 4. S. 119-132. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.4.10.
14. Ekologicheskie riski v transgranichnom basseine reki Irtysh. Nauch. red. prof. Yu.I. Vinokurov. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2013. 156 s.
15. Informatsionnyi byulleten' o sostoyanii okruzhayushchei sredy. Ministerstvo okhrany okruzhayushchei sredy Respubliki Kazakhstan; RGP "Kazgidromet"; Departament ekologicheskogo monitoringa. Astana, 2010. N 1 (123). 89 s.
16. Nesgovorova N.P., Savel'ev V.G. Kompleksnyi analiz kachestva vody reki Tobol i Kurganskogo vodokhranilishcha. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2023. N 2. S. 47-57.
17. Doklad o sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy Kurganskoi oblasti v 2021 godu. Kurgan, 2022. 194 s.

Сведения об авторе:

Барышников Сергей Геннадьевич

Аспирант, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения
Российской академии наук (ИБЭП СО РАН)

ORCID 0009-0005-2883-6760

Baryshnikov Sergei

Postgraduate Student, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of
the Russian Academy of Sciences (IWEP SB RAS)

Для цитирования: Барышников С.Г. Геоэкологические проблемы в трансграничном
бассейне реки Иртыш // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 48-60. DOI: 10.24412/2712-8628-
2025-4-48-60

СВОЙСТВА ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОСТАГРАРНЫХ ЛАНДШАФТОВ КАБАНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

О.А. Екимовская¹, И.А. Белозерцева²

¹Байкальский институт природопользования Сибирского отделения
Российской академии наук, Россия, Улан-Удэ

²Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения
Российской академии наук, Россия, Иркутск

e-mail: oafe@mail.ru

Проведены агрофизические и агрохимические исследования почв заброшенных пашен Кабанского района Республики Бурятия (РБ). Дано описание сформировавшейся на них древесно-кустарниковой растительности. Выявлены причины забрасывания пашен. Определено содержание в почвах микро-и макроэлементов, содержание почвенного углерода. Установлено, что почвы заброшенных пашен находятся в хорошем и удовлетворительном агрофизическом и агрохимическом состоянии. Даны рекомендации по дальнейшему использованию залежей. Результаты исследования могут быть использованы для разработки региональных программ развития сельского хозяйства и землепользования и реосвоения постаграрных ландшафтов.

Ключевые слова: агрофизические и агрохимические свойства, дельта, лесостепь, почвенный углерод, постаграрные ландшафты, растительность, реосвоение, сельскохозяйственное землепользование, экосистемные услуги.

Введение

Возвращение заброшенных пашен в сельскохозяйственный оборот актуально для развития экономики Российской Федерации. Наличие значительных площадей заброшенных сельскохозяйственных угодий является давно признанной проблемой, для решения которой реализуется комплекс мер. В 2021 г. принята государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения. К концу 2030 г. планируется ввести в оборот 13234,8 тыс. гектаров земель сельскохозяйственного назначения [1]. Освоение новых, целинных земель, их ввод в сельскохозяйственный оборот на современном этапе развития экономики уже невозможен. Поэтому основными направлениями вышеуказанной программы выбраны инвентаризация имеющихся земель сельскохозяйственного назначения, их реосвоение и предотвращение выбытия, проведение комплексной мелиорации, создание и реконструкция гидромелиоративных систем.

Наряду с экономическими выгодами, которые могут быть получены от возвращения заброшенных пашен и пастбищ в сельскохозяйственный оборот, необходимо учитывать затраты на рекультивацию залежей, а также альтернативные (экологические, биотопические) функции постаграрных ландшафтов. К экологическим функциям относятся, например, депонирование почвами углерода, формирование новых или вторичных экосистем, сохранение эндемиков флоры и фауны [2-4]. Гуляновым Ю.А. и др. проанализировано выполнение вторичными степями Южного Предуралья и Зауралья функций природных резерватов для титульных краснокнижных видов птиц и животных [5]. Экологические функции постаграрных ландшафтов, как источников восстановления биоразнообразия, исследуются в работах Meyfroidt P. et al., Queiroz C. et al., Prishchepov A.V. et al. [6-8].

Почвы и растительность дельты р. Селенги традиционно являются объектом исследования различных научных направлений. Уникальные функции дельты как

естественного биофильтра, принадлежность к участку Мирового природного наследия – эти и другие факторы обуславливают актуальность исследований различного масштаба. Закономерностям дельтового почвообразования и водно-миграционным процессам тяжелых металлов в почвах р. Селенги посвящен цикл работ Гыниновой А.Б., ее обобщающая монография [9]. Плодородие низинных торфяных почв, их использование в сельском хозяйстве детально рассмотрены в монографиях Петрович П.И. [10, 11]. Геоботанические исследования дельты Селенги в разные годы проводились Аненхоновым О.А., Убугуновым Л.Л., Граниной Т.Г. и др. [12-15]. Однако отсутствуют научные исследования современного состояния фитоценозов и почв заброшенных пашен. За годы аграрных преобразований на месте заброшенных сельскохозяйственных угодий сформировались постагrogenные фитоценозы с изменившимся составом, структурой почв и растительности. Необходимы современные мониторинговые исследования состояния вторичных фитоценозов. Агрофизические и агрохимические свойства почв, растительность напрямую влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. Агрохимические, агрофизические и геоботанические исследования – первый, базовый уровень исследования любого ландшафта. Исследования состояния почв и растительности – необходимое начальное звено в цепи дальнейших комплексных исследований. Выявленные особенности почв и растительности позволяют охарактеризовать трансформацию бывших пашен, потенциальную урожайность планируемых к выращиванию на них сельскохозяйственных культур, разработать рекомендации о целесообразности их реосвоения.

Целью исследования заброшенных пашен дельты р. Селенги являлась характеристика их современного экологического состояния и разработка рекомендаций о целесообразности реосвоения.

В задачи исследования входили:

1. Краткий анализ современного сельскохозяйственного землепользования РБ;
2. На примере ключевых участков дельты р. Селенги выявить агрохимические и агрофизические свойства почв, являющихся важнейшим компонентом постагrogenных геосистем дельты р. Селенги;
3. Геоботанический анализ особенностей вторичных фитоценозов, сформировавшихся на заброшенных пашнях после снятия антропогенной нагрузки.

Для ключевых участков дельты р. Селенги агрохимические, агрофизические и геоботанические исследования выполнены впервые.

Материалы и методы

Объектами исследования являются заброшенные пашни бывших колхозов и совхозов Кабанского района РБ, расположенные на высоких лесных террасах дельты р. Селенги, затопляемых участках поймы и характеризующиеся разной степенью зарастания древесно-кустарниковой растительностью. Возраст молодых залежей – около 30-35 лет. В настоящее время используются под пастбища и сенокосы. За годы аграрных реформ количество скота в хозяйствах населения значительно увеличилось, наблюдается дефицит естественных кормовых угодий. На ключевых участках было заложено 5 почвенных разрезов (рис. 1). Агрохимические, агрофизические и геоботанические исследования для данных участков выполнены впервые. Ключевые участки представлены типичными формами рельефа исследуемой территории – высокие и низкие пойменные террасы, рукава и протоки, дельтовые прогибы, характеризуют основные закономерности формирования почвенно-растительного покрова лесостепного Кабанского района РБ.



Рисунок 1 – Кабанский район РБ (цифрами обозначены номера участков, где были заложены почвенные разрезы, отобраны пробы почв и дано описание растительности)

Пробоподготовка, анализы агрофизических и агрохимических свойств почв осуществлялись в лицензированном химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН по стандартизованным методикам [16-17]. Анализы на содержание валовых форм макро- и микроэлементов в исследуемых почвенных образцах проводились количественным спектрометрическим методом на приборе ДФС-8. Расчеты запасов почвенного органического углерода выполнялись по методике Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июня 2017 г. № 20-р «О методических указаниях по количественному определению объема поглощения парниковых газов» [18].

Результаты и обсуждение

Республика Бурятия относится к регионам, значительно сократившим в 90-х годах XX века площадь сельскохозяйственных угодий. В пригородных районах, расположенных вокруг столицы республики, сельскохозяйственные угодья переводились в категорию «земли населенных пунктов» и интенсивно застраивались частными домами. Колхозы и совхозы – основные «держатели» пахотных угодий, в условиях резко континентального климата, широкого развития эрозионных процессов, миграции сельского населения, разрушения хозяйственных связей не могли без государственной поддержки обрабатывать имеющиеся пашни. Именно пашни, особенно периферийные участки, забрасывались в первую очередь, на них выпасался скот. За годы аграрных преобразований в хозяйствах населения значительно увеличилось поголовье скота. Хозяйства населения являются основными производителями сельскохозяйственной продукции в РБ.

Пастбища и сенокосы всегда использовались интенсивно, из сельскохозяйственного оборота не выбывали. Животноводческая специализация сельского хозяйства республики с отгонной формой содержания скота требовала значительных площадей естественных кормовых угодий.

Зерновое хозяйство в республике сохранилось в районах с наиболее благоприятными агроклиматическими условиями, имеющих многовековой опыт земледельческого освоения. Одним из таких является Кабанский район, расположенный вдоль южного побережья оз. Байкал – объекта всемирного наследия ЮНЕСКО. Значительная часть пахотных угодий района расположена в дельте р. Селенги, главного притока оз. Байкал, в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории. Большое количество осадков (до 600 мм в год), мягкие зимы с высоким снежным покровом позволяют выращивать теплолюбивую гречиху, озимые рожь и пшеницу. После распада коллективных сельскохозяйственных предприятий в конце XX века часть пашен была заброшена, производство зерна сохранилось в фермерских хозяйствах. Фермеры выращивают озимую пшеницу, овес, ячмень. Проведенные ранее исследования экономической эффективности использования сельскохозяйственных угодий бассейна р. Селенги показали, что выращивание пшеницы и ячменя приносит незначительную прибыль. Выращивание овса нерентабельно [19].

Исследования агрофизических и агрохимических свойств почв ключевых участков, содержания в них тяжелых металлов, особенностей восстановительной сукцессии на молодых залежах позволило оценить экологическое состояние залежей и целесообразность их реосвоения. Реакция пахотного горизонта почв близка к нейтральной, что благоприятно для выращивания большинства культурных растений. Однако почвы низкогумусные, легкие по гранулометрическому составу (табл. 1). При распашке они быстро подвергаются процессам эрозии и дегумификации. На повышенных участках террас, покрытых ксерофитными сосновыми лесами, опад которых продуцирует гумус гуматно-фульватного типа, в условиях свободной нисходящей миграции растворов за счет легкого гранулометрического состава почв, развиваются оподзоливание, альфегумусовый и железисто-метаморфические почвообразовательные процессы, характерные для серых лесных почв.

Исследования показали, что почвенный покров молодых залежей хорошо накапливает углерод, поддерживая биологический круговорот веществ. Содержание почвенного углерода в пахотном горизонте агрочерноземов и аллювиальной агротемно-гумусовой почв соответствует показателям южно-таежной зоны Российской Федерации [20-21]. Содержание почвенного углерода указывает на сохранение молодыми залежами возможности воспроизвести первоначальную структуру почвы за счет факторов саморегуляции. Заброшенные пашни, преобразуясь и восстанавливаясь в естественные степи, способны оказывать значительное влияние на смягчение последствий климатических изменений и выступать в качестве существенных климатостабилизирующих систем [22-23].

Содержание макро- и микроэлементов, почвенного углерода в образцах почв приведено в таблице 2.

Выявлено повышенное содержание Ва и Мп в аллювиальной гумусовой почве в органогенных горизонтах (рис. 2), в верхнем гумусовом горизонте серой почвы на аллювиальных отложениях (рис. 3).

Также выявлено повышенное содержание Си в горизонте АУС аллювиальной гумусовой почвы (рис. 4). Это доказывает быстрое увеличение рН на коротком расстоянии в сравнительно небольшом профиле аллювиально-гумусовой почвы с 6,7 до 8,7. За счет этого соединения Си из водорастворимой формы переходят в труднорастворимую и накапливаются в более высоких концентрациях в данной почве. Содержания кальция и магния коррелируют со щелочной реакцией среды исследуемых почв.

Таблица 1 – Агрофизические и агрохимические свойства почв ключевых участков

№ и координаты участков	Почва	Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций в % от мелкозема, размер частиц, мм			pHводн	Гумус, %	С орг, %	ППП
				1-0,25	0,25-0,01	<0,01				
1. WGS 84. N 52°07'19'8 E 106°38'69'3	Аллювиальная гумусовая легкосуглинистая	AY [~]	0-10	-	-	-	6,7	5,52	3,20	-
		AYC [~]	10-14	3,0	76,8	20,4	7,0	1,21	0,70	-
		AYI [~]	14-26	3,9	76,0	20,1	7,1	6,38	3,70	-
		AYCI [~]	26-35	0,5	71,7	27,9	7,7	1,38	0,80	-
		C [~]	35-46	1,2	87,1	11,7	8,7	0,94	0,55	-
2. WGS 84. N 52°58'46'2 E 106°57'87'2	Агрочернозем легкосуглинистый	PUw	0-10	-	-	-	7,6	-	-	54,2
		PU	10-24	3,2	76,5	20,3	7,8	7,93	4,60	-
		BCA	24-38	0,1	72,0	27,0	8,0	2,01	1,17	-
		Cca	38-50	0,1	84,0	16,0	8,2	0,40	0,69	-
3. WGS 84. N 52°50'37'1 E 106°32'22'0	Аллювиальная иловато-перегнойно-глеевая супесчаная	T [~]	0-7	-	-	-	7,9	5,17	3,00	58,1
		C [~]	7-12	9,7	80,7	9,6	7,8	0,54	0,31	-
		Hmr [~]	12-50	-	-	-	7,5	-	-	67,3
		Hg [~]	50-60	6,7	77,0	16,3	7,3	11,38	6,60	-
4. WGS 84. N 52°04'98'1 E 106°28'04'2	Слоисто-аллювиальная песчаная	AYC [~]	0-20	10,0	83,1	6,9	6,4	0,69	0,40	-
		C [~]	20-25	11,7	80,8	7,5	6,8	0,46	0,27	-
		AYCI [~]	25-28	8,7	84,6	6,7	7,1	0,72	0,42	-
5. WGS 84. N 52°01'08'1 E 106°21,06'9	Серая супесчаная	AY	0-11	2,4	85,2	12,4	7,0	4,07	2,36	-
		AEL	11-23	3,2	85,5	11,3	6,9	1,48	0,86	-
		BEL	23-28	0,9	72,9	26,2	7,0	1,60	0,93	-
		BT	28-30	0,3	75,2	24,5	7,2	0,98	0,56	-
		C	>30	0,14	85,6	14,7	7,44	0,85	0,49	-

Таблица 2 – Содержание в почве микро- и макроэлементов

№ участка	Горизонт	Fe	Ca	Mg	Ti	Mn	Ba	Cr	Cu	Co	Sr	V	Ni	Pb
		%				мг/кг								
1	AY~	2,1	1,9	0,7	0,4	607	837	25	20	10	182	40	16	9
	AYC~	1,2	1,3	0,6	0,3	393	439	21	63	7	284	31	12	12
	AY1~	1,9	1,4	0,6	0,3	594	765	22	21	9	168	33	14	13
	AYC1~	2,9	2,0	0,8	0,5	580	969	38	35	13	182	45	20	10
	C~	1,9	1,5	0,6	0,2	370	484	20	18	8	210	44	11	11
2	PUw	2,2	1,4	0,6	0,2	465	450	25	30	9	99	50	15	11
	PU	2,2	1,5	0,8	0,4	471	454	29	35	9	98	55	15	12
	BCA	2,1	1,6	0,6	0,3	460	480	27	20	10	150	49	14	13
	Cca	2,2	1,8	0,6	0,4	461	612	25	17	11	230	47	15	14
3	T~	1,4	1,5	0,4	0,3	325	473	19	9	5	97	36	5	9
	C~	1,4	1,4	0,4	0,2	320	450	20	10	6	101	32	5	10
	Hmr~	1,5	1,2	0,5	0,3	358	420	16	11	6	120	30	6	8
	Hg~	1,6	1,3	0,5	0,3	401	452	19	14	7	165	35	5	10
4	AYC~	1,3	1,6	0,4	0,2	355	816	14	10	6	147	30	4	13
5	AY	1,5	1,7	0,5	0,3	402	766	18	12	8	139	40	9	12
	AEL	1,4	1,3	0,5	0,2	320	450	16	11	6	130	31	4	10
	BEL	1,6	1,4	0,5	0,4	346	457	19	13	8	276	35	5	14

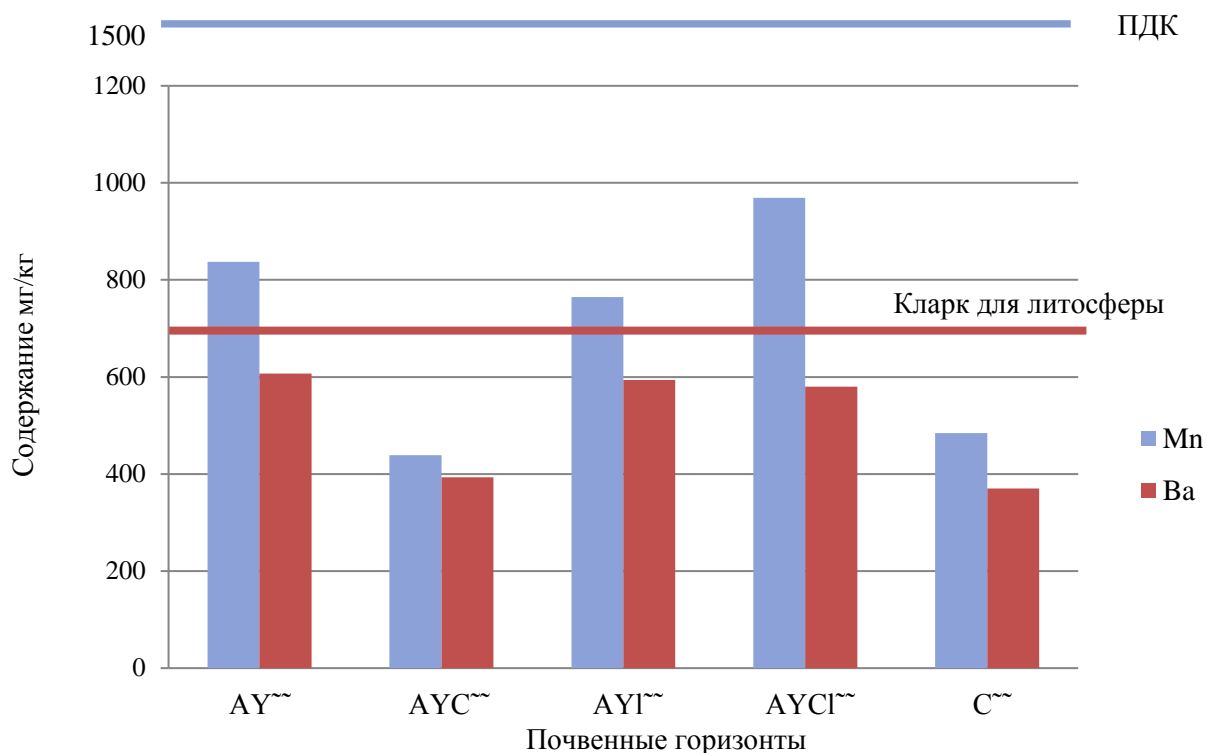


Рисунок 2 – Содержание Ba и Mn в аллювиальной гумусовой почве

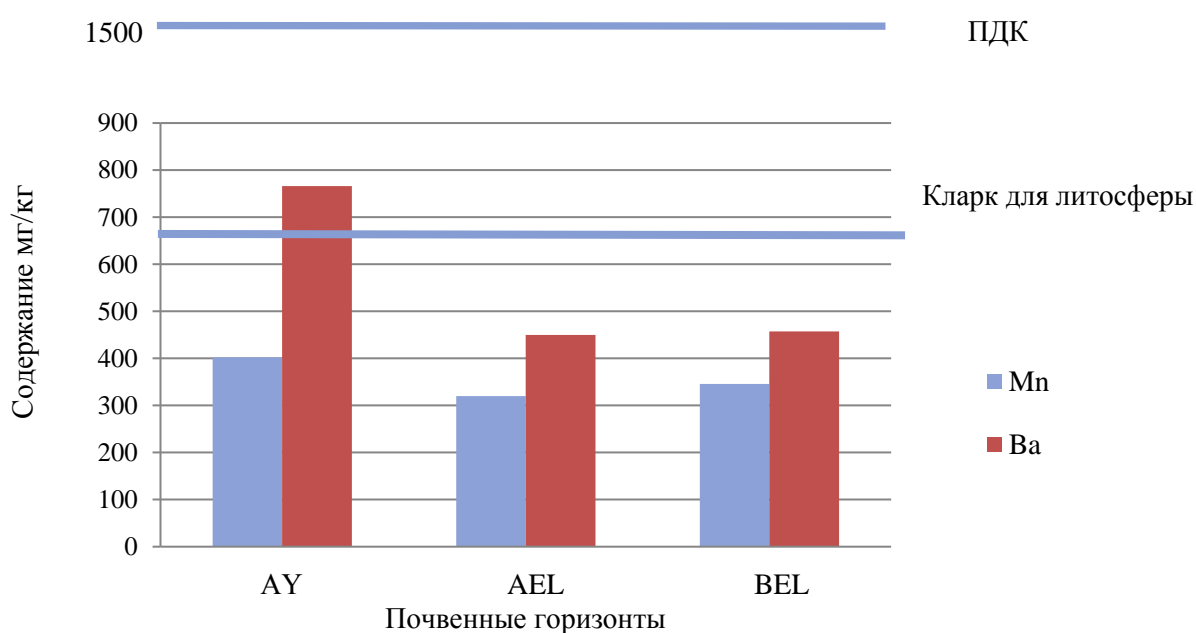


Рисунок 3 – Содержание Ba и Mn в серой почве

В остальных образцах исследуемых почв не обнаружено превышающих предельно-допустимую концентрацию макро- и микроэлементов. Это может говорить об удовлетворительном экологическом состоянии почв.

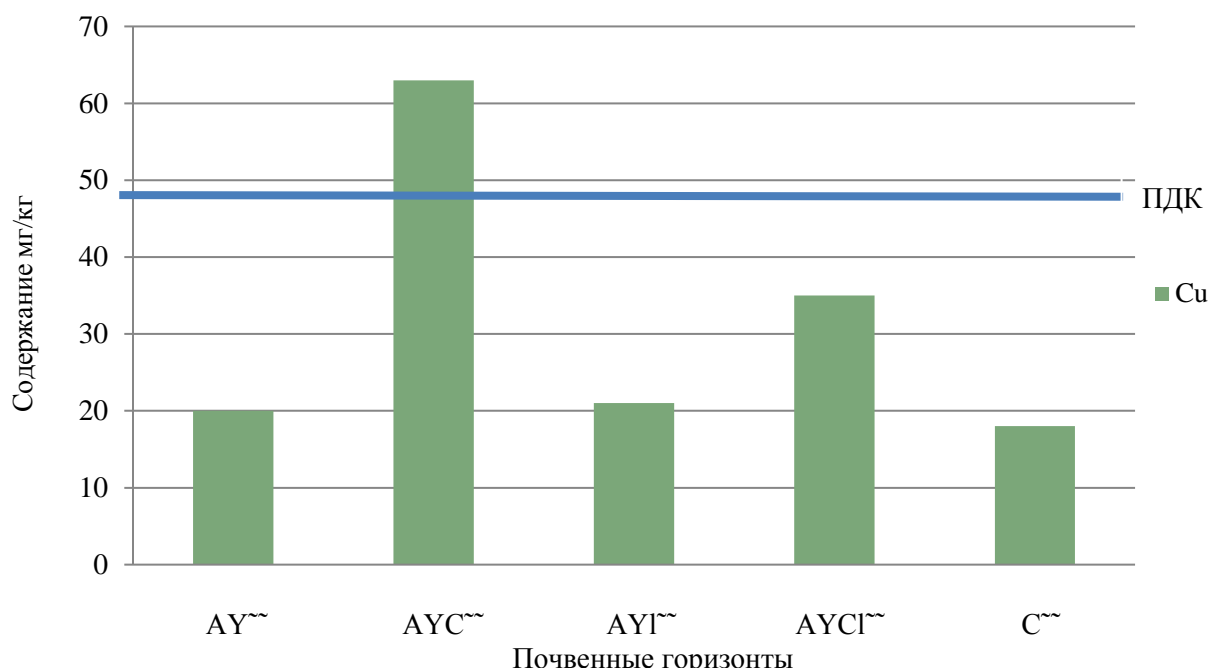


Рисунок 4 – Повышенное содержание Cu в аллювиальной гумусовой почве


Содержание основных элементов питания растений (фосфора, нитратного азота и калия) в почвах исследуемых молодых залежей и характеристика сформировавшейся растительности приведены в таблице 3. Выявлено высокое содержание фосфора во всех образцах почв, кроме серой супесчаной почвы сосновых лесов. В аллювиальной перегнойно-глеевой и агроперегнойно-глеевой почвах наблюдается среднее содержание фосфора и дефицит концентрации калия.



Содержание нитратов во всех исследуемых почвах не превышает санитарно-гигиенические нормы (ПДК – 130 мг/кг). Выявлена средняя и высокая концентрация нитратного и аммонийного азота в аллювиальных перегнойно-глеевых, агроперегнойно-глеевых почвах.

Заброшенные пашни Кабанского района полностью покрыты многоярусной растительностью, характерной для фоновых естественных лугов и степей. Видовой состав растительности молодых залежей аналогичен степным сообществам, существовавшим до распашки [24].

Ботанический состав травостоя осоково-злаковых заболоченных и остепненных лугов (площадки №№ 3-4) свидетельствует о его высокой кормовой ценности. Урожайность сена достигает, соответственно, 988 и 846 ц/га [24, с. 73]. Залежи, примыкающие к лесу (площадка № 5), интенсивно заросли молодыми деревцами березы и сосны. Группировки разновозрастных древостоев имеют синузальный характер распространения. Сдерживающими факторами формирования лесов являются антропогенные (выпас скота, периодические пожары (палы)), а также рубки в целях сохранения пастбищных угодий.

Таблица 3 – Растительность и агрохимические свойства почв ключевых участков исследования

№, фото участка	Растительность	ФГ ²	А ³ , %	Р ⁴ , г/см ³	Элементы питания растений			
					NO ₃	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 	Нижняя пойма р. Селенги. Многоярусное разнотравное злаково-осоковое сообщество. Осоки образуют густые дерновины. Нижний ярус представлен калужницей болотной (<i>Caltha palustris</i>), белозором болотным (<i>Parnassia palustris</i>), лапчаткой гусиной (<i>Potentilla anserina</i>), подмаренником топяным (<i>Galium uliginosum</i>), клевером ползучим (<i>Trifolium repens</i>). Средний ярус образуют осока Шмидта (<i>Carex schmidtii</i>), осока безжилковая (<i>C. enervis</i>), осока пузырчатая (<i>C. vesicaria</i>). Верхний ярус представлен вейником незамечаемым (<i>Calamagrostis neglecta</i>), вейником Лангсдорфа (<i>C. landsdorfii</i>), лисохвостом луговым (<i>Alopecurus brachystachyus</i>).	26,4	45,2	0,9	11,9	4,7	223	287
2 	Протока основного русла р. Селенги. Многоярусное разнотравное сообщество с доминированием злаковых. Нижний ярус представлен лапчаткой бесстебельной (<i>Potentilla acaulis</i>), скабиозой растопыренной (<i>Lomelosia divaricata</i>), вероникой седой (<i>Veronica incana</i>), осокой твердоватой (<i>Carex duriuscula</i>), клевером ползучим (<i>Trifolium repens</i>). Средние и верхние ярусы образуют полынь метельчатая (<i>Artemisia scoparia</i>) овсяница ленская (<i>Festuca lenensis</i>), вейник Лангсдорфа (<i>C. landsdorfii</i>), лисохвост луговой (<i>Alopecurus brachystachyus</i>), ковыль Крылова (<i>Stipa krylovii</i>), житняк гребенчатый (<i>Agropyron cristatum</i>).	13,2	2,9	131	164	26,1	50,90	1,3
3 	Пойма р. Селенга (левобережная протока Шумиха). Заболоченный луг. Многоярусное разнотравно-злаковое сообщество. Нижний ярус представлен осокой пузырчатой (<i>C. vesicaria</i>), осокой безжилковой (<i>C. enervis</i>), осокой Шмидта (<i>Carex schmidtii</i>), подорожником средним (<i>Plantago media</i>), клевером ползучим (<i>Trifolium repens</i>). Средний и верхний ярусы образуют овсяница красная (<i>Festuca rubra</i>), чина луговая (<i>Lathyrus pratensis</i>), пырей ползучий (<i>Elytrigia repens</i>), кострец безостый (<i>Bromopsis inermis</i>), горошек мышиный (<i>Vicia cracca</i>), лисохвост луговой (<i>Alopecurus pratensis</i>), мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i>).	19,1	52,5	2,1	4,4	1,6	419	129

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4 	1-я терраса р. Селенги. Остепненный разреженный луг, разнотравно-злаковое сообщество. Нижний ярус образуют осока пузырчатая (<i>C. vesicaria</i>), лапчатка гусиная (<i>Argentina anserina</i>), подорожник средний (<i>Plantago media</i>), клевер ползучий (<i>Trifolium repens</i>), подмаренник топяной (<i>Galium uliginosum</i>). Верхний ярус образуют лен сибирский (<i>Linum perenne</i> L.), овсяница красная (<i>Festuca rubra</i>), хамеродос прямостоячий (<i>Chamaerhodos erecta</i>), чина луговая (<i>Lathyrus pratensis</i>), ковыль Крылова (<i>Stipa krylovii</i>), житняк гребенчатый (<i>Agropyron cristatum</i>).	26,5	52,2	1,1	9,1	24,1	261	329
5 	2-я терраса р. Селенги. Разнотравное, многоярусное сообщество, примыкающее к ксерофитному сосновому лесу. Интенсивное зарастание залежей сосной обыкновенной. Нижний ярус образуют горец птичий (<i>Polygonum aviculare</i>), лапчатка гусиная (<i>Argentina anserina</i>), подорожник средний (<i>Plantago media</i>), клевер ползучий (<i>Trifolium repens</i>). Средний и верхний ярусы представлены полыньей метельчатой (<i>Artemisia scoparia</i>), лисохвостом луговым (<i>Alopecurus pratensis</i>), полевицей монгольской (<i>Agrostis mongolica</i>), мятликом луговым (<i>Poa pratensis</i>), полевицей Триниуса (<i>Agrostis trinii</i> Turcz.), ковылем Крылова (<i>Stipa krylovii</i>), житняком гребенчатым (<i>Agropyron cristatum</i>), березой бородавчатой (<i>Betula pendula</i>), сосной обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i>).	12,6	3,1	136	143	29,1	32,0	1,5

Примечание: ФГ^2 – содержание физической глины ($<0,01$), A^3 – количество агрономически ценных агрегатов 10-0,25 мм, P^4 – плотность почв. Согласно шкале Иркутского филиала федерального государственного бюджетного центра «РосАгрохимслужба»: 1) содержание калия характеризуется как: очень низкое – <100 , низкое – 101-200, среднее – 201-300, выше среднего – 301-400, высокое – 401-600, очень высокое – >600 мг/кг; 2) содержание подвижного фосфора в почвах характеризуется как: очень низкое – <25 , низкое – 26-50, среднее – 51-100, выше среднего – 101-150, высокое – 151-250, очень высокое – >250 мг/кг; 3) содержание нитратного азота характеризуется как: очень низкое – <4 , низкое – 4-8, среднее – 8-15, выше среднего – 15-20, высокое – 20-25, очень высокое – >25 мг/кг.

Выводы

1. Водно-физические свойства почв ключевых участков исследования, их способность к накоплению и сохранению влаги, а также агропроизводственные свойства достаточно благоприятны для нормального роста и развития растительности. Наиболее высокие показатели содержания подвижного фосфора, гумусированности и насыщенности основаниями характерны для агрочерноземов степей и аллювиальных почв, приуроченных к пойме р. Селенги (участки №№ 1-4). Для этих же участков характерны крупные фракции и размеры частиц почв, обуславливающие ее воздухопроницаемость. Агрочерноземы являются наиболее плодородными и теплообеспеченными почвами в пределах исследуемой территории. Установленные агрохимические и агрофизические свойства почв позволяют получать достаточно высокие урожаи зерновых культур в случае реосвоения заброшенных пашен.

2. Серые супесчаные почвы высоких террас р. Селенги (участок № 5) характеризуются низкой обеспеченностью питательными элементами, низким плодородием и подвержены дефляции. В случае их ввода в сельскохозяйственный оборот для получения высоких и стабильных урожаев зерновых на этих участках необходимо внесение значительного количества органических и минеральных удобрений. Принимая во внимание, что на этих участках бывшей пашни сформировался сосновый лес, а также учитывая результаты предыдущих исследований о рентабельности выращивания зерновых культур в Кабанском районе, можно сделать вывод, что возвращение заброшенной пашни участка № 5 в пахотный оборот не целесообразно.

3. Повышенное содержание Ва и Мп в аллювиальной гумусовой и слоисто-аллювиальной почвах (участки № 1 и № 2) обусловлено наличием органогенного (гумусового) геохимического барьера. Рядом с заброшенными пашнями этих участков расположены полевые автомобильные стоянки и дороги. Превышение содержания Си над уровнем ПДК в аллювиальной гумусовой почве (участок № 1) может быть связано с наличием радиального (вертикального) щелочного барьера в профиле почвы. Соединения Си из водорастворимой формы переходят в труднорастворимую и накапливаются в более высоких концентрациях в данной почве. В советское время этот участок интенсивно использовался для выращивания зерновых культур, здесь широко применялись биоциды и средства борьбы с вредителями. Высокое содержание Си может быть связано с применением в большом количестве средств борьбы с вредителями и болезнями растений. Использовать в качестве пашни данный участок допустимо. Следует учесть, что повышенное содержание Си угнетающе действует на растения, поэтому необходимы удобрения для стимулирования их роста.

4. Стадии восстановительной сукцессии всех ключевых участков исследования характеризуются восстановлением травостоя, появлением многоярусности, повышением проективного покрытия и увеличением видового разнообразия. Наблюдается активизация процессов облесения. В составе степных растительных сообществ участка № 5 присутствуют древесные породы сосны и березы (от 2-3-х летних до 25-ти летних). Ранее распаханная земля, примыкающая к стене леса, представляет собой потенциальные ксерофитные сосняки со злаково-разнотравными типами растительных сообществ.

5. Разнотравно-злаковые травостои заброшенных пашен рекомендуется использовать в качестве естественных кормовых угодий. Увеличившееся за годы аграрных преобразований поголовье крупного рогатого скота в хозяйствах населения нуждается в кормовой базе.

6. Заброшенные пашни Кабанского района характеризуются способностью эффективного выполнения экологической функции по депонированию углерода. Об этом свидетельствуют высокое содержание почвенного углерода в исследуемых образцах почв, их полное проективное покрытие многоярусной и многовидовой растительностью, а также сформировавшиеся потенциальные сосновые леса на высоких террасах дельты.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках бюджетных научно-исследовательских работ №№ ААА-А21-121011990023-1, АААА-А21-121012190055-7.

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 г. № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации». URL: <http://government.ru/docs/all/134619/> (дата обращения: 27.07.2025).
2. Гулянов Ю.А., Чибилёв А.А., Левыкин С.В. Новационные подходы к снижению природозатратности в высокопродуктивных агротехнологиях степной зоны России // Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии. 2024. № 4 (68). С. 6-16. DOI: 10.18286/1816-4501-2024-4-6-16.
3. Наквасина Е.Н., Шумилова И.Н. Динамика запасов углерода при формировании лесов на постагрогенных землях // Известия вузов. Лесной журнал. 2021. № 1 (379). С. 46-59. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-46-59.
4. Kamp J. Weighing up Reuse of Soviet Croplands // Nature. 2014. Vol. 505. P. 483.
5. Гулянов Ю.А., Чибилёв А.А. (мл.), 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. DOI: 10.31857/S258755662201006X.
6. Meyfroidt P., Roy Chowdhury R., de Bremond A., Ellis E.C., Erb K.-H., Filatova T., Garret R.D., Grove J.M., Heinimann A., Kuemmerle T., Kull C.A., Lambin E.F., Landon Y., le Polai de Waroux Y., Messerli P., Müller D., Nielsen J., Peterson G.D., Rodriguez García V., Schlüter M., Turner B.L., Verburg P.H. Middle-rang theories of land system change // Global Environmental Change. 2018. Vol. 53. P. 52-67. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2018.08.006.
7. Queiroz C., Beilin R., Folke C., Lindborg R. Farmland Abandonment: Threat or Opportunity for Biodiversity Conservation? A Global Review // Frontiers in Ecology and the Environment. 2014. Vol. 12 (5). P. 288-296. DOI: 10.1890/120348.
8. Prishepov A.V., Ponkina E.V., Sun Z., Bavorova M., Yekimovskaya O.A. Revealing the intentions of farmers to recultivate abandoned farmland: A case study of the Buryat Republic in Russia // Land Use Policy. 2021. Vol. 107. P. 105513. DOI: 10.1016/j.land use pol.2021.105513.
9. Гынинова А.Б., Шоба С.А., Балсанова Л.Д., Гынинова Б.Д. Почвы дельты р. Селенги. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2012. 344 с.
10. Петрович П.И. Торфяные почвы реки Селенги и их сельскохозяйственное использование. Улан-Удэ: Бур. кн. изд-во, 1965. 94 с.
11. Петрович П.И. Низинные торфяные почвы Бурятии. Улан-Удэ: Бур. кн. изд-во, 1974. 139 с.
12. Лейн Ч., Аненхонов О., Лиу Х., Аутри Б., Чепинога В. Использование дистанционного зондирования в выявлении водно-болотных сред обитания в дельте реки Селенги // Эколого-биологическое благополучие животного мира: материалы междунар. науч.-практ. конф. Благовещенск: ДальГАУ, 2012. С. 130-132.
13. Аненхонов О.А., Чепинога В.В., Лэйн Ч.Р., Отри Б.К. Результаты и перспективы исследований растительности дельты реки Селенга // Природные резерваты - гарант будущего: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию заповедной системы России и Баргузинского государственного природного биосферного заповедника, Году ООПТ и Году экологии. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2017. С. 16-18.
14. Болонева Л.Н., Убугунов Л.Л. Биопродуктивность и кормовая ценность растительных сообществ пойменных лугов дельты р. Селенги // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2011. № 4 (25). С. 71-76.
15. Качинский Н.А. Физика почв. М.: Высшая школа, 1965. 323 с.

16. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв М.: Изд-во Московского ун-та, 1970. 487 с.
17. О методических указаниях по количественному определению объема поглощения парниковых газов (распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июня 2017 г. 20-р). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71612096/> (дата обращения: 14.06.2025).
18. Екимовская О.А. Агрогеографический анализ использования сельскохозяйственных угодий бассейна р. Селенги // Известия Русского географического общества. 2016. Т. 148. Вып. 4. С. 53-64.
19. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopes de Gerenyu V.O., Lichko V.I., Karavanova E.I. The Dynamics of Carbon Pools and Biological Activity of Retic Albic Podzols in Southern Taiga during the Postagrogenic Evolution // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 3 (54). P. 337-354. DOI: 10.1134/S1064229321030108.
20. Куричева О.А., Авилов В.К., Варлагин А.В., Гитарский М.Л., Дмитриченко А.А., Дюкарев Е.А., Загирова С.В., Замолотчиков Д.Г., Зырянов В.И., Карелин Д.В., Карсанаев С.В., Курганова И.Н., Лапшина Е.Д., Максимов А.П., Максимов Т.Х., Мамкин В.В., Марунич А.С., Мигловец М.Н., Михайлов О.А., Панов А.В., Прокушкин А.С., Сиденко Н.В., Шилкин А.В., Курбатова Ю.А. Мониторинг экосистемных потоков парниковых газов на территории России: сеть ruflux // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2023. Т. 87. № 4. С. 512-535. DOI: 10.31857/S2587556623040052.
21. Левыкин С.В., Казачков Г.В. К сравнению потенциалов депонирования углерода степными и лесными экосистемами в свете ответа на климатический вызов // Трешниковские чтения – 2022: Современная географическая картина мира и технологии географического образования: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Ульяновск, 2022. С. 44-47.
22. Левыкин С.В., Казачков Г.В. Степи для Российской национальной стратегии низкоуглеродного развития // Трешниковские чтения – 2022: Современная географическая картина мира и технологии географического образования: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Ульяновск, 2022. С. 48-51.
23. Гранина Т.Г. Наземная растительность редко затопляемых участков дельты и высоких террас // Экология растительности дельты р. Селенги. Новосибирск: Наука, 1981. С. 107-114.
24. Убугунов Л.Л. Почвы пойменных ландшафтов бассейна р. Селенги (Монголия, Россия): факторы формирования, закономерности пространственной дифференциации, свойства, плодородие, биологическая продуктивность фитоценозов // Природа Внутренней Азии. 2024. № 1 (27). С. 66-77. DOI: 10.18101/2542-0623-2024-1-66-77.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 08.09.2025
Принята к публикации 12.12.2025

THE SOIL PROPERTIES AND VEGETATION OF FOREST-STEPPE POST-AGRARIAN LANDSCAPES OF THE KABANSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BURYATIA

O. Yekimovskaya¹, I. Belozertseva²

¹Baikal Institute of Nature Management of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Ulan-Ude

²Sochava Institute of Geography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Irkutsk
e-mail: oafe@mail.ru

Agrophysical and agrochemical studies of the soils of abandoned arable land of the Kabansky district of the Republic of Buryatia (RB) were carried out. A description is given of the woody and shrub vegetation that has formed on them. The reasons for the abandonment of these lands have been identified. The content of micro- and macronutrients in the soil and the amount of soil carbon has been determined. It has been found that the soils on abandoned arable lands are in good or satisfactory condition in terms of their agrophysical and agrochemical properties. Recommendations have been made for further use of these areas. The results can be used to develop regional strategies for agricultural development and land management, as well as redeveloping post-agrarian landscapes.

Key words: agrophysical and agrochemical properties, delta, forest-steppe, soil carbon, post-agrarian landscapes, vegetation, reforestation, agricultural land use, ecosystem services.

References

1. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 14 maya 2021 g. N 731 "O Gosudarstvennoi programme effektivnogo vovlecheniya v oborot zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya i razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii". URL: <http://government.ru/docs/all/134619/> (data obrashcheniya: 27.07.2025).
2. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A., Levykin S.V. Novatsionnye podkhody k snizheniyu prirodzatrastnosti v vysokoproduktivnykh agrotekhnologiyakh stepnoi zony Rossii. Vestnik Ul'yanovskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2024. No. 4(68). S. 6-16. DOI: 10.18286/1816-4501-2024-4-6-16.
3. Nakvasina E.N., Shumilova I.N. Dinamika zapasov ugleroda pri formirovaniy lesov na postagrogennykh zemlyakh. Izvestiya vuzov. Lesnoi zhurnal. 2021. No. 1 (379). S. 46-59. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-46-59.
4. Kamp J. Weighing up Reuse of Soviet Croplands. Nature. 2014. Vol. 505. P. 483.
5. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. (ml.), Chibilev A.A., Levykin S.V. Problemy adaptatsii stepnogo zemlepol'zovaniya k antropogennym i klimaticheskim izmeneniyam (na primere Orenburgskoi oblasti). Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2022. T. 86. No. 1. S. 28-40. DOI: 10.31857/S258755662201006X.
6. Meyfroidt P., Roy Chowdhury R., de Bremond A., Ellis E.C., Erb K.-H., Filatova T., Garret R.D., Grove J.M., Heinimann A., Kuemmerle T., Kull C.A., Lambin E.F., Landon Y., le Polai de Waroux Y., Messerli P., Müller D., Nielsen J., Peterson G.D., Rodriguez García V., Schlüter M., Turner B.L., Verburg P.H. Middle-rang theories of land system change. Global Environmental Change. 2018. Vol. 53. P. 52-67. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2018.08.006.
7. Queiroz C., Beilin R., Folke C., Lindborg R. Farmland Abandonment: Threat or Opportunity for Biodiversity Conservation? A Global Review. Frontiers in Ecology and the Environment. 2014. Vol. 12 (5). P. 288-296.
8. Prishchepov A.V., Ponkina E.V., Sun Z., Bavorova M., Yekimovskaya O.A. Revealing the intentions of farmers to recultivate abandoned farmland: A case study of the Buryat Republic in Russia. Land Use Policy. 2021. Vol. 107. P. 105513. DOI: 10.1016/j.land use pol.2021.105513.
9. Gyninova A.B., Shoba S.A., Balsanova L.D., Gyninova B.D. Pochvy del'ty r. Selengi. Ulan-Ude: Izd-vo BNTS SO RAN, 2012. 344 s.
10. Petrovich P.I. Torfyanye pochvy reki Selengi i ikh sel'skokhozyaistvennoe ispol'zovanie. Ulan-Ude: Bur. kn. izd-vo, 1965. 94 s.
11. Petrovich P.I. Nizinnnye torfyanye pochvy Buryatii. Ulan-Ude: Bur. kn. izd-vo, 1974. 139 s.
12. Lein Ch., Anenkhonov O., Liu Kh., Autri B., Chepinoga V. Ispol'zovanie distantsionnogo zondirovaniya v vyyavlenii vodno-bolotnykh sred obitaniya v del'te reki Selengi. Ekologo-biologicheskoe blagopoluchie zhivotnogo mira: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Blagoveshchensk: Dal'GAU, 2012. S. 130-132.
13. Anenkhonov O.A., Chepinoga V.V., Lein Ch.R., Otri B.K. Rezul'taty i perspektivy issledovaniy rastitel'nosti del'ty reki Selenga. Prirodnye rezervaty - garant budushchego: Materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvyashch. 100-letiyu zapovednoi sistemy

Rossii i Barguzinskogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika, Godu OOPT i Godu ekologii. Ulan-Ude: Izd-vo BNTS SO RAN, 2017. S. 16-18.

14. Boloneva L.N., Ubugunov L.L. Bioproduktivnost' i kormovaya tsennost' rastitel'nykh soobshchestv poimennykh lugov del'ty r. Selengi. Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova. 2011. No. 4 (25). S. 71-76.

15. Kachinskii N.A. Fizika pochv. M.: Vysshaya shkola, 1965. 323 s.

16. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv M.: Izd-vo Moskovskogo un-ta, 1970. 487 s.

17. O metodicheskikh ukazaniyakh po kolichestvennomu opredeleniyu ob'ema pogloshcheniya parnikovyykh gazov (rasporyazhenie Ministerstva prirodnnykh resursov i ekologii RF ot 30 iyunya 2017 g. 20-r). URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71612096/> (data obrashcheniya: 14.06.2025).

18. Ekimovskaya O.A. Agrogeograficheskii analiz ispol'zovaniya sel'skokhozyaistvennykh ugodii basseina r. Selengi. Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva. 2016. T. 148. Vyp. 4. S. 53-64.

19. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopes de Gerenyu V.O., Lichko V.I., Karavanova E.I. The Dynamics of Carbon Pools and Biological Activity of Retic Albic Podzols in Southern Taiga during the Postagrogenic Evolution. Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 3 (54). P. 337-354. DOI: 10.1134/S1064229321030108.

20. Kuricheva O.A., Avilov V.K., Varlagin A.V., Gitarskii M.L., Dmitrichenko A.A., Dyukarev E.A., Zagirova S.V., Zamolodchikov D.G., Zyryanov V.I., Karelin D.V., Karsanaev S.V., Kurganova I.N., Lapshina E.D., Maksimov A.P., Maksimov T.KH., Mamkin V.V., Marunich A.S., Miglovets M.N., Mikhailov O.A., Panov A.V., Prokushkin A.S., Sidenko N.V., Shilkin A.V., Kurbatova Yu.A. Monitoring ekosistemnykh potokov parnikovyykh gazov na territorii Rossii: set' ruflyux. Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2023. T. 87. No. 4. S. 512-535. DOI: 10.31857/S2587556623040052.

21. Levykin S.V., Kazachkov G.V. K sravneniyu potentsialov deponirovaniya ugleroda stepnymi i lesnymi ekosistemami v svete otveta na klimaticheskii vyzov. Treshnikovskie chteniya - 2022: Sovremennaya geograficheskaya kartina mira i tekhnologii geograficheskogo obrazovaniya: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Ul'yanovsk, 2022. S. 44-47.

22. Levykin S.V., Kazachkov G.V. Stepi dlya Rossiiskoi natsional'noi strategii nizkouglerodnogo razvitiya. Treshnikovskie chteniya - 2022: Sovremennaya geograficheskaya kartina mira i tekhnologii geograficheskogo obrazovaniya: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Ul'yanovsk, 2022. S. 48-51.

23. Granina T.G. Nazemnaya rastitel'nost' redko zatoplyaemykh uchastkov del'ty i vysokikh terras. Ekologiya rastitel'nosti del'ty r. Selengi. Novosibirsk: Nauka, 1981. S. 107-114.

24. Ubugunov L.L. Pochvy poimennykh landshaftov basseina r. Selengi (Mongoliya, Rossiya): faktory formirovaniya, zakonomernosti prostranstvennoi differentsiatsii, svoistva, plodorodie, biologicheskaya produktivnost' fitotsenozov. Priroda Vnutrennei Azii. 2024. No. 1 (27). S. 66-77. DOI: 10.18101/2542-0623-2024-1-66-77.

Сведения об авторах:

Екимовская Ольга Афанасьевна

К.г.н., научный сотрудник, Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0003-2534-3301

Yekimovskaya Olga

Candidate of Geographical Sciences, Researcher, Baikal Institute of Nature Management of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science

Белозерцева Ирина Александровна

К.г.н., ведущий научный сотрудник, Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского
отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0001-7899-1906

Belozertseva Irina

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, V.B. Sochava Institute of
Geography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Екимовская О.А., Белозерцева И.А. Свойства почв и
растительность лесостепных постаграрных ландшафтов Кабанского района Республики
Бурятия // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 61-76. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-61-76

СТЕПЕНЬ И ПОСЛЕДСТВИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПАМЯТНИК ПРИРОДЫ СТЕПНОЙ ЗОНЫ «АЛЕКСАНДРОВСКИЙ ГРАБЕН» В КОНТЕКСТЕ ТУРИСТИЧЕСКОГО И ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА

***И.С. Дедова, Т.Н. Буруль, С.А. Сурагина, А.В. Попов**

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет»,
Россия, Волгоград
e-mail: *itrofimova@yandex.ru

В статье приводятся сведения о геолого-геоморфологическом памятнике природы «Александровский грабен». Дана его физико-географическая характеристика, обоснованы уникальность и эстетическая привлекательность. В связи с усилением потока туристов выявлены виды антропогенного воздействия в границах памятника природы: разрушение почвенного покрова, нарушение мест обитания краснокнижных растений, замусоривание пляжа. Установлено, что рост отдельных форм линейной эрозии обусловлен не столько антропогенными, сколько природными факторами. Предложен ряд мер, направленных на сохранение природно-территориальных комплексов в границах грабена.

Ключевые слова: памятник природы, Александровский грабен, геологическое обнажение, балка, эрозия, антропогенное воздействие.

Введение

В последние 4-5 лет в интернет-изданиях, на сайтах туристических фирм и в социальных сетях («В Контакте», V1.ru, «Блокнот Волгоград» и др.) в качестве наиболее посещаемого природного объекта туристами в Волгоградской области рекламируется геолого-геоморфологический памятник природы «Александровский грабен». Зачастую предоставляемая о нем информация наполнена вымыслом и далека от реальности. Между тем этот памятник природы давно известен и довольно хорошо описан в научных изданиях о Волгоградской области. За указанное время в его границах отмечается «наплыв» туристов, как организованных, так и «диких». Интерес к этому памятнику природы был «подогрет» еще 8-10 лет назад публикациями в местных СМИ и многочисленными интервью краеведа, кандидата географических наук С.Н. Моникова, а также такими изданиями, как электронные газеты V1.ru, «Высота 102», социальными сетями «Одноклассники», «ВКонтакте», научно-популярными печатными изданиями «Экология и здоровье», «Отчий край». Еще ранее заметки о грабене и его туристической привлекательности печатались С.Н. Мониковым в местных газетах «Аргументы и факты», «Сельская новь», «Волгоградская правда», им же транслировались видеоролики о грабене с проходившими там полевые практики студентами Волгоградского государственного социально-педагогического университета (ВГСПУ). Так, в период с 1998 по 2012 гг. С.Н. Мониковым было выпущено 15 публикаций научно-популярного характера о грабене. Поэтому закономерно, что в период пандемии 2020 г. фокус туристического интереса сместился на местные достопримечательности, в частности, на хорошо разрекламированный Александровский грабен. Нерегулируемый поток автомобилей и пеших туристов, несанкционированный отдых привели к развитию в границах ценной особо охраняемой природной территории (далее – ООПТ) неблагоприятной геоэкологической обстановки. В частности, С.Н. Моников считает, что активизация транспортом линейной эрозии в прибрежной полосе Волгоградского водохранилища может нанести серьезный урон геологическим обнажениям грабена и уничтожить его практически полностью. Поэтому целью нашего исследования является оценка степени нарушения природных сообществ в

границах памятника природы и выявление уровня антропогенной нагрузки в условиях его активной посещаемости, а также угрозы его уничтожения растущими эрозионными формами.

Материалы и методы

Для реализации указанной выше цели в июле 2025 г. был предпринят полевой рекогносцировочный выезд в границы регионального памятника природы «Александровский грабен» под руководством к.г.н., директора Института естественнонаучного образования, физической культуры и безопасности жизнедеятельности ВГСПУ Татьяны Николаевны Буруль. В ходе исследования описаны геологические обнажения, составлена сводная стратиграфическая колонка пород грабена, проведены почвенно-экологические и фитоценологические исследования. В береговой полосе Александровского грабена и на склонах балки Суводской Яр были выявлены и задокументированы виды антропогенного воздействия и их последствия. По результатам исследования выполнен ландшафтный профиль северного склона балки Суводской Яр с указанием мест обитания краснокнижных видов растений, а также разработаны рекомендации по снижению негативных последствий антропогенной деятельности в границах памятника природы.

Александровский грабен, согласно многочисленным источникам, является геологическим памятником природы геоморфологического типа. Он находится в Дубовском районе Волгоградской области, в 2 км к югу от станицы Суводская на берегу Волгоградского водохранилища (рис. 1). Площадь охранной зоны составляет 1,92 га, общая площадь особо охраняемой природной территории составляет 16 га.

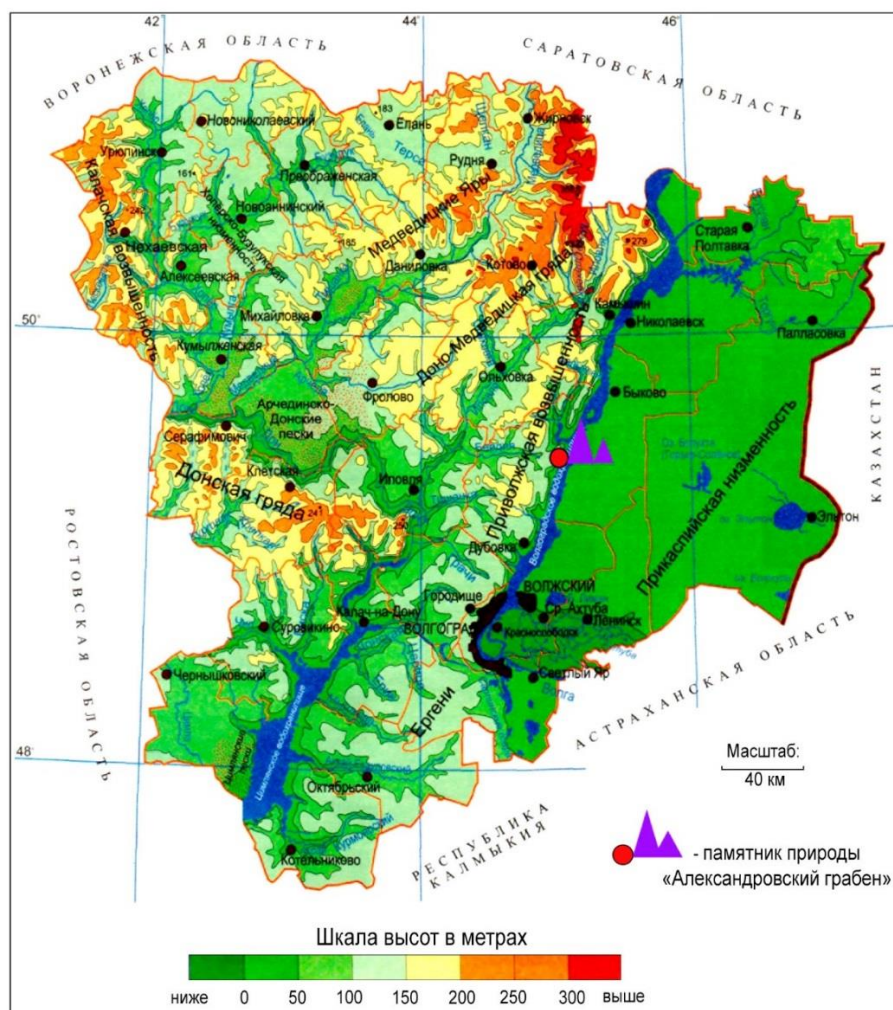


Рисунок 1 – Географическое положение памятника природы «Александровский грабен» на карте Волгоградской области [9]

Как памятник природы, грабен был обоснован доктором географических наук, профессором Волгоградского государственного социально-педагогического университета В.А. Брылевым еще в 1982 году, а впервые статуйрован 16.10.1985 г. [1]. В современных границах охраняемая зона грабена в его прибрежной части утверждена Постановлением Губернатора Волгоградской области Андрея Ивановича Бочарова в 2022 году [2] (рис. 2).

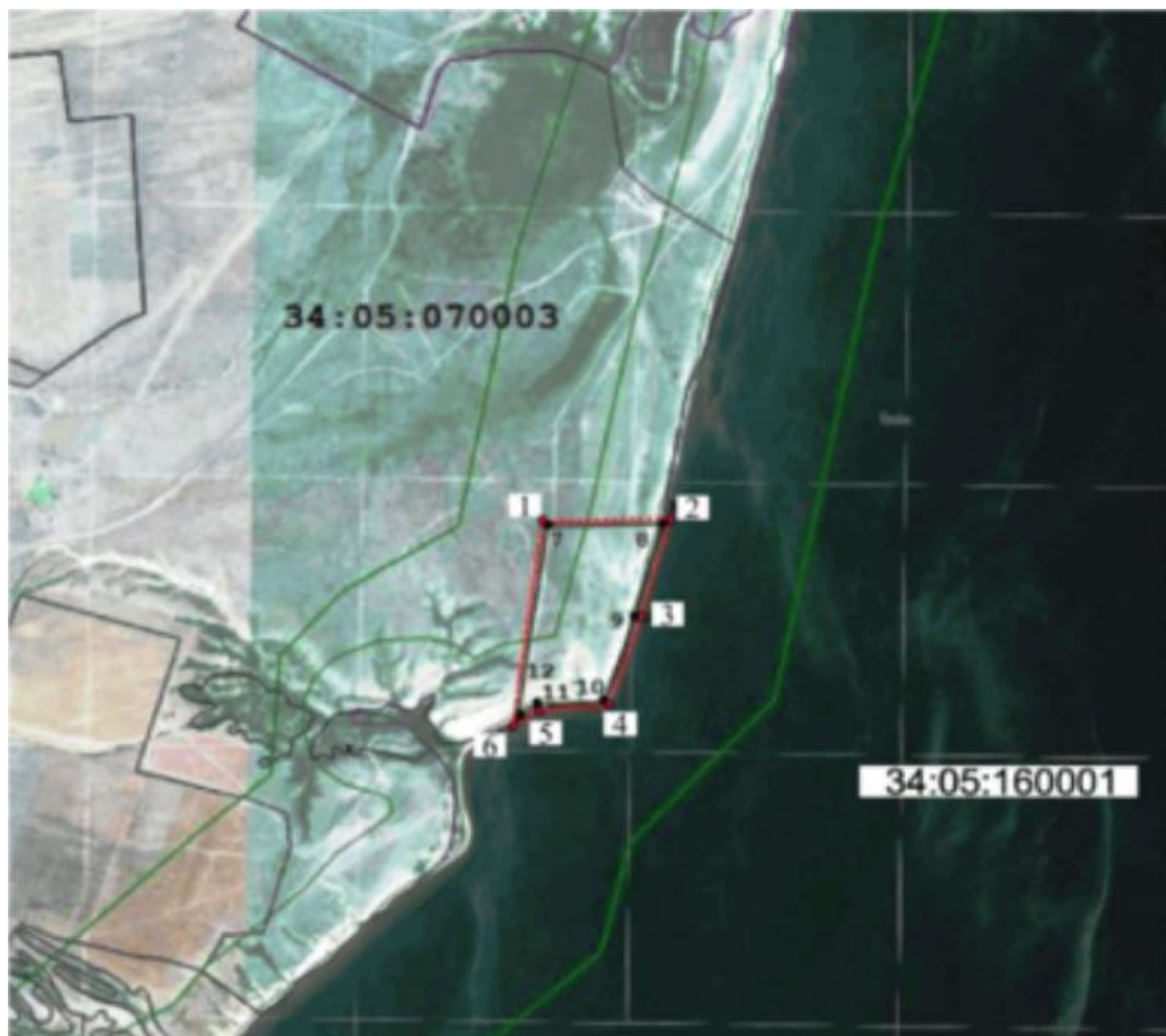


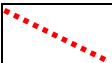


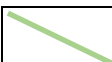


Рисунок 2 – Кадастровый участок памятника природы регионального значения «Александровский грабен» [2].

Используемые условные знаки и обозначения:

- | | |
|---|---|
|  | 6 – образуемая характерная точка, сведения о которой позволяют однозначно определить ее местоположение |
|  | 8 – существующая характерная точка, имеющаяся в Едином государственном реестре недвижимости, сведения о которой позволяют определить ее местоположение |
|  | – вновь образованная часть границы охранной зоны, сведения о которой достаточны для определения ее местоположения |
|  | – существующая часть границы, имеющаяся в Едином государственном реестре недвижимости, сведения о которой достаточны для определения ее местоположения |
|  | – граница кадастрового квартала |
|  | – существующая часть границы зоны с особыми условиями использования территории, имеющиеся в Едином государственном реестре недвижимости сведения о которой достаточны для определения ее местоположения |

34:05:070003 – номер кадастрового квартала

Однако история его изучения охватывает не только XX в. В монографии С.Н. Моникова приводятся сведения об открытии грабена в 1870 г. профессором Казанского университета И.Ф. Синцовым [3], академик А.П. Павлов (1896 г.) его детально исследовал и обосновал как сложное разрывное нарушение [4]. В XX в. исследования разрывных нарушений на данном участке волжского берега проводят А.Д. Архангельский (1912 г.), А.С. Шатский (1922 г.), Е.В. Милановский (1940 г.) [5-8].

Вновь интерес к Александровскому грабену, уже как к уникальному природному объекту, требующему охраны, появляется во второй половине XX в. Особый вклад в его изучение внесли ученые и преподаватели кафедры физической географии ВГСПУ (ныне кафедры географии, геоэкологии и методики преподавания географии). Александровский грабен стал объектом для студенческих практик и экскурсий и сыграл немаловажную роль в экологическом, эстетическом и патриотическом воспитании будущих педагогов.

С конца XX в. и до сегодняшнего дня большой вклад в популяризацию Александровского грабена как объекта для научно-просветительского и краеведческого туризма внес к.г.н., доцент кафедры географии, геоэкологии и методики преподавания географии ВГСПУ Сергей Николаевич Моников. Он является организатором студенческих практик, туристических поездок, а также экспедиций в район памятника природы.

Результаты и обсуждение

Не смотря на довольно подробное описание геологического строения Александровского грабена в источниках разных лет издания, до сих пор не реализован комплексный географический подход в его характеристике как ООПТ. Не описаны, например, современные геодинамические процессы, отсутствует его почвенно-ботаническая характеристика. В рамках данной публикации нами будет предпринята попытка заполнить эти «пробелы» в характеристике грабена как площадной ООПТ.

Геологическое строение Александровского грабена представляет собой репрезентативный разрез кайнозойских отложений Нижнего Поволжья. Здесь на ограниченном по протяженности участке берегового обрыва выходят породы от сызранской свиты палеоцена (P_1sz) до плиоцена (ImN_2^2). Основание палеогена не просматривается в береговой полосе Александровского грабена, однако оно детально описано Е.Н. Федоренко в бассейне р. Березовая, в окрестностях х. Расстрыгин [10]. Оно выполнено палеонтологически «немыми» толщами серо-желтых тонкозернистых слюдистых песков мощностью до 9 м. В геологической литературе они носят название «березовских слоев».

Палеоценовые отложения формируют живописные обрывы северного поднятого блока (рис. 3). Это породы сызранской свиты (P_1sz), представленные мелкозернистыми серо-желтыми песками и кварц-глауконитовыми светло-серыми песчаниками, идентифицированными Е.В. Милановским в 1940 г. как «саратовские слои» [7]. У уреза воды на поверхность выходит пласт известковистого песчаника. Его конкреции и глыбы у местных жителей носят название «караваи». Они широко встречаются к северу от ст. Суводская и с. Горный Балыклей. С этими песчаниками связаны тафоценозы уникального поволжского палеофаунистического комплекса с обилием эндемичных форм [11]. Видимая мощность толщ сызранской свиты палеоцена составляет около 20 м.

На породах P_1sz залегают породы камышинской свиты палеоцена (P_1km). Основание свиты формирует верхнюю часть волжских береговых обрывов. Оно сложено слоями гравелитов, галечников и конгломератов с обилием зубов древних акул. Вверх по разрезу они сменяются пачкой темно-серых глинистых алевроитов (мощность 4-7 м), светло-серых опок, плотных кварцево-слюдистых песков и песчаников общей мощностью до 40 м [10]. Толщи песков и песчаников камышинской свиты (P_1km) формируют на берегу водохранилища холмы и увалы, именуемые шиханами.

При движении к югу вдоль волжского берега описанные палеоценовые толщи резко сменяются вдоль линии сместителя неогеновыми песками и глинами. Пески ергенинской

свиты плиоцена (N_2^1er) окрашены в тона от светло-желтых до белоснежных, косо- и диагонально-слоистые, представляют собой массив древнеаллювиальных пород, выделенных в Нижнем Поволжье еще в середине XX в. Они дренируются балкой Суводской Яр, на контакте с олигоценовыми глинами обводнены и играют важную роль в водоснабжении ст. Суводская. Выше песков залегают красно-бурые рыхлые глины с включениями конкреций и журавчиков кальцита. В Нижнем Поволжье эти покровные отложения развиты довольно широко и носят название скифской континентальной свиты плиоцена (N_2^2sk). Южнее породы плиоцена контактируют с выходами эоцен-олигоценовых толщ – светло-серых глинистых мергелей и мергелистых глин («балыклейские слои») киевской свиты эоцена (P_2kw) с обильной фауной фораминифер и кокколитофорид (фаунистический комплекс Восточного Паратетиса) [10]. На породах P_2kw залегают темно-серые слоистые глины с прослоями бурых ожелезненных песков и алевроитов майкопской свиты олигоцена (P_3mk). О последних следует сказать, что в трудах по грабену А.П. Павлова эти породы фигурируют как слои Meletta и по возрасту отнесены к царицынскому ярусу эоцена (P_2zr) [4, 8], что неверно. Уникальное местонахождение этих глин в границах Александровского и Балыклейского грабенов является крайним северным ареалом их развития во всем Нижнем Поволжье.

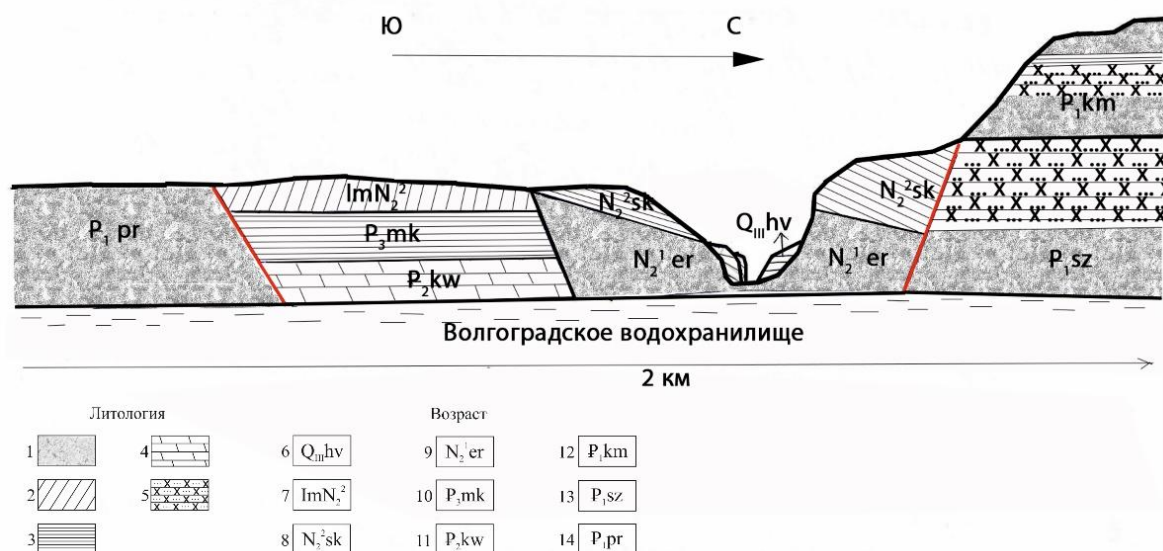


Рисунок 3 – Геологический разрез опущенной части Александровского грабена с акватории Волгоградского водохранилища (выполнено И.С. Дедовой)

Условные обозначения:

Литология пород: 1 – пески; 2 – глины, сапропелиты; 3 – глины; 4 – мергели глинистые; 5 – песчаники, гравелиты.

Возраст отложений: 6 – Хвалынский ярус, плейстоцен; 7 – Лимнические отложения, поздний плиоцен; 8 – Скифская свита, поздний плиоцен; 9 – Ергенинская свита, ранний плиоцен; 10 – Майкопская свита, олигоцен; 11 – Киевская свита, эоцен; 12 – Камышинская свита, палеоцен; 13 – Сызранская свита, палеоцен; 14 – Пролейская свита, палеоцен.

На глинах P_3mk со стратиграфическим несогласием залегают породы лимнического генезиса плиоцена (ImN_2^2) – темноцветные, с пятнами ожелезнения, глины и сапропелиты с включением раковин моллюсков, обломков панцирей черепах, костей пресноводных рыб [1]. Окрашенная в темные тона часть волжского берега носит название «Черный рынок» (рис. 3).

Южный, поднятый блок грабена, сформирован породами пролейской свиты палеоцена (P_1pr). Он сложен толщей мелкозернистых глинистых уплотненных кварц-глауконитовых песков с прослоями песчаников. Общая мощность свиты 35-40 м. Отложения пролейской свиты без следов явных тектонических нарушений прослеживаются вдоль правого берега водохранилища до г. Дубовка, где сменяются породами эоцена.

Также следует отметить в устьевой части балки Суводской Яр наличие «следов» последней обширной трансгрессии Палео-Каспия в Волгоградской области. Это небольшой массив «шоколадных» слоистых глин видимой мощностью 4,5-5 м хвалынского яруса верхнего плейстоцена (Q_{III}^{hiv}). Его находка была произведена И.С. Дедовой в 2010 г., а наличие этих пород позволяет установить относительный возраст б. Суводской Яр как дохвалынский.

Изучение особенностей залегания и контакта пород, а также последних данных по неотектонике Евразии позволяет ответить на вопрос, откуда на данной территории появились дислокации подобного рода и насколько они активны? Для правобережья Волгоградского водохранилища (а ранее р. Волги) отмечено множество локальных линейных дизъюнктив северо-западного простирания [6, 12, 13]. Это, например, Щербаковский сброс на севере области [14], сброс оврага Беленький в г. Камышин, Балыклейский грабен и т.д. Их появление обусловлено тектоническим опусканием северо-западной части Прикаспийской впадины и компенсационным поднятием Приволжской моноклинали [15].

Установлено, что амплитуда смещения горных пород в опущенной части Александровского грабена составляет 200 м, а основное проседание дневной поверхности произошло между концом эоцена и началом отложения песков ергенинской свиты (N_2^1er) [16]. Это было обусловлено горообразованием на Кавказе (аттическая и роданская фазы альпийского орогенеза) и вовлечением в компенсационное поднятие южной части Восточно-Европейской платформы в границах Воронежской антеклизы, а следовательно, и Приволжской моноклинали [16]. При этом амплитуда тектонических смещений составила до 70-80 м в указанное время, и до 100 м в валахскую фазу (поздний миоцен-квартер), что коррелируется с сохранностью и общей мощностью пород в опущенном блоке грабена. В позднем плиоцене (акчагыльский век) происходит формирование современного рельефа Приволжской возвышенности и закладка эрозионной сети [13].

В послехвалынское время отмечается пассивность грабена. Д.А. Солодовниковым с соавт. (2017 г.) установлено, что современная скорость смещения в грабене 0,6-1,1 мм в год. Исследователи утверждают, что это предельная для платформенных участков скорость и что подобная подвижность в Нижнем Поволжье отмечается только в ядрах активных солянокупольных структур [17]. Движения локализованы только в зоне грабена. Также Д.А. Солодовниковым с соавт. отмечен интересный факт, что опускание центральной части сменилось ее подъемом.

Пестрое геологическое строение и тектонические движения обусловили существование здесь специфического рельефа. На его тектонический облик обращали внимание исследователи на протяжении всего XX в. [6-7, 12-13]. Так, в работе Н.С. Шатского отмечено, что ст. Суводская находится в понижении рельефа, соответствующему опущенной части грабена. Тектонические движения обусловили существование здесь отвесных береговых обрывов Волги. М.Л. Коппом для отдельных их участков отмечена повышенная трещиноватость пород, наличие «зеркал скольжения» (например, в обрывах, сложенных мергелями и глинами P_2kw) [16]. Они являются факторами развития оползневого и обвально-осыпного рельефа, форм линейной эрозии. Дополнительными факторами развития последней служат климатические условия местности и разреженный растительный покров.

По сути, тектонический рельеф в границах грабена достаточно типичен. Наличие провалов и понижений земной поверхности (котловин, речных долин, площадей проседания), а также крутых и обрывистых склонов – явление, типичное для зон развития рифтов, систем сбросов и грабенов во всем мире. Для статуйирования грабена как особо охраняемой природной территории важную роль играет живописность, экзотичность и эстетическая привлекательность рельефа, более нигде в Нижнем Поволжье в таком виде не встречающиеся.

Грабен приурочен к южной части Приволжской возвышенности. Волго-Донской водораздел здесь из-за тектонических движений носит резко асимметричный характер. Восточный склон возвышенности короткий и крутой, протяженностью около 25 км. Западный склон более пологий и протяженный (около 70 км). Абсолютные отметки высоты

водораздельного плато +150 м...+160 м, максимальная отметка +163 м. Отметка уреза воды водохранилища +15...+20 м. Таким образом, амплитуда высот в зоне грабена составляет 130-140 м.

Морфоскульптура представлена двумя зональными типами: эрозионным и гравитационным. Эрозионные формы рельефа в зоне грабена многочисленны – это промоины, молодые растущие овраги и древние балки, формирующие разветвленную сеть двух водосборных артерий – б. Суводской Яр и р. Берёзовая. Их морфометрические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Морфометрические характеристики отдельных эрозионных форм зоны Александровского грабена (расчеты И.С. Дедовой)

Название	Длина, км	Густота, км/км ²	Площадь водосбора, км ²	Уклон русла, м	Плотность, шт./км ²	Водоток, км
Берёзовая	20	1	64	70	0,5	9,2
Суводской Яр	6,2	1,1	7	140	0,6	нет

Балки имеют плейстоценовый возраст (заложены в дохвалынское время), долины с корытообразными профилями. Питание водотока р. Берёзовая происходит как за счет атмосферных осадков, так и водоносного горизонта ергенинских песков. В настоящее время устье р. Берёзовая затоплено водами Волгоградского водохранилища и подвержено абразии.

Берег водохранилища и балочные склоны покрыты короткими промоинами (протяженностью до несколько десятков метров) со значительными уклонами русел и имеющими в плане перьевидную форму. Небольшие безымянные овраги, трассирующие разные по окраске и составу пород склоны, придают местности экзотический вид (рис. 4).



Рисунок 4 – Вид на северную часть Александровского грабена, июль 2025 г. (фото Т.Н. Буруль)

Условные обозначения: 1. Поднятый блок грабена, сложенный светлоокрашенными породами сызранской свиты палеоцена (P_{1sz}); 2. Опущенный блок грабена: 2а. Красноцветные глины и суглинки, скифская свита плиоцена (N_2^{2sk}); 2б. Светлоокрашенные пески ергенинской свиты плиоцена (N_2^{1er}).

Устьевые части балок, а также береговая полоса водохранилища изобилуют оползнями, обвалами и осыпями. Обвалы сложены глыбами до 1-1,5 м в поперечнике. Осыпи наиболее

развиты в местах выхода песков и слоистых глин. Оползнями поражен правый южный склон балки Суводской Яр. Они образовались в толщах глин и суглинков скифской свиты плиоцена (N_2^{2sk}) по поверхности обводненной толщи песков (N_2^{1er}). По данным Ю.А. Голиковой (Корховой), для оползневых блоков типичны пологие очертания и задернованность. Это древние пассивные оползни, имеющие хвалынский возраст. В южной части грабена этим же автором отмечены оползни-плывуны в глинах P_3mk и современные активные оползни в озерных отложениях ($ImN_2^{2^2}$) Чёрного рынка [18]. Немаловажную роль в активизации оползнеобразования в современную эпоху сыграла абразионная работа Волгоградского водохранилища. Процесс переработки берегов влияет не только на оползание блоков пород, но и обрушение отдельных участков берега в зоне грабена, что приводит к потере земель и обмелению прибрежной полосы водохранилища в результате накопления мелкозема.

Таким образом, геоморфологические особенности Александровского грабена определены преемственностью древних и современных геодинамических процессов. Тектоническая обусловленность рельефа выражена котловиной проседания, трассируемой р. Берёзовая, а также отдельными холмами на берегу водохранилища в его поднятой части.

Гидроклиматические условия Волгоградской области в совокупности с «пестрым» геологическим строением способствуют развитию здесь зональной степной растительности на каштановых почвах. В зависимости от материнских пород они различаются механическим составом и степенью солонцеватости, а условия мезорельефа влияют на мощность профиля, степень его смытости, полноту почвенных горизонтов. В ходе обследования охраняемой зоны Александровского грабена нами было установлено, что почвы на данном участке относятся к смытым и слабо смытым. Потеря гумуса для таких почв составляет до 25 % от объема горизонта А. Для тяжелосуглинистых разновидностей каштановых почв, развитых на красноцветных скифских глинах, мощность горизонта А в среднем равна 24 см, содержание гумуса в нем 1,65-1,87 % [19]. Такие почвы характеризуются новообразованиями в виде конкреций и стяжений карбонатов по всей толще почвенного профиля. На отдельных участках склонов каштановые солонцеватые почвы переходят в солонец. Реакция почвенной вытяжки нейтральная и слабо щелочная.

Для склонов балок, обладающих крутизной более 10^0 , отмечается практически полная смытость верхней части почвенного профиля (А+В мощностью до 10 см) и выход на поверхность материнских пород. На ергенинских песках развиты каштановые маломощные почвы супесчаного механического состава. Особенностью почвенного профиля является рыхлость частиц, развитие слоеватой структуры. Мощность горизонтов А+В в среднем 30 см, выделение карбонатов отсутствует. Содержание гумуса в горизонте А колеблется от 0,8 % до 1,5 %. На камышинских песчаниках, плотных песках и алевритах, на склонах шиханов развиты почвы различной степени смытости. Они могут содержать до 60 % хряща и щебня в горизонтах В+С. Почвы отличаются серо-бурой окраской горизонта А, реакция почвенной вытяжки нейтральная. В таких почвах содержится очень много обменного калия (до 46,4 мг/100 г почвы) [20].

Наличие различных почв определяют пестроту растительного покрова. Зональными группировками являются ковыльно-белопопынная и злаково-попынно-разнотравная южной разреженной степи [21]. Преобладающими видами являются полынь белая (*Artemisia austriaca* Jacq., 1773) и ковыли (*Stipa pennata* L., 1753; *S. lessingiana* Trin. & Rupr., *S. capillata* L.), единично встречается кохия (*Kochia* Roth, 1801). На песчаных почвах представлены пятна злаково-разнотравных и злаково-попынно-разнотравных псаммофитных степей, на глинистых каштановых солонцеватых почвах и каштановых солонцах – аazonальные галофитные степи. Проективное покрытие крайне низкое: на супесчаных почвах 10-15 %, на солонцах – до 35 %. Псаммофитные группировки характеризуются произрастанием полыни песчаной (*Artemisia arenaria* DC., 1838), ковыля песчаного (*Stipa pennata* subsp. *Sabulosa* (Pacz.) Tzvelev, 1973), (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench, 1794) и др. Весьма интересен видовой состав аazonальных растительных группировок на каштановых солонцах. Здесь произрастают камфоросмы (*Camphorosma monspeliaca* L., 1753; *C. lessingii* Litv.), курчавка (*Atraphaxis* L.), полынь белая

(*Artemisia austriaca* Jacq., 1773), ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana* Trin. & Rupr.), мортук восточный (*Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. & Spach, 1851). В изобилии на поверхности почвы встречаются пленки, образованные ностоком обыкновенным (*Nostoc Vaucher ex Bornet et Flahault*, 1886), которые в конце июля 2025 г. имели вид черных хлопьев. Склоны балки Суводской Яр являются местом обитания краснокнижных видов: тюльпана Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana* Schult. & Schult. f.), палимбии оживающей (*Palimbia salsa* (L. f.) Besser) [22]. Пространственные закономерности смены растительного покрова в зависимости от почвенных условий и мезорельефа отображены на ландшафтном профиле (рис. 5), выполненном в июле 2025 г. на северном склоне б. Суводской Яр.

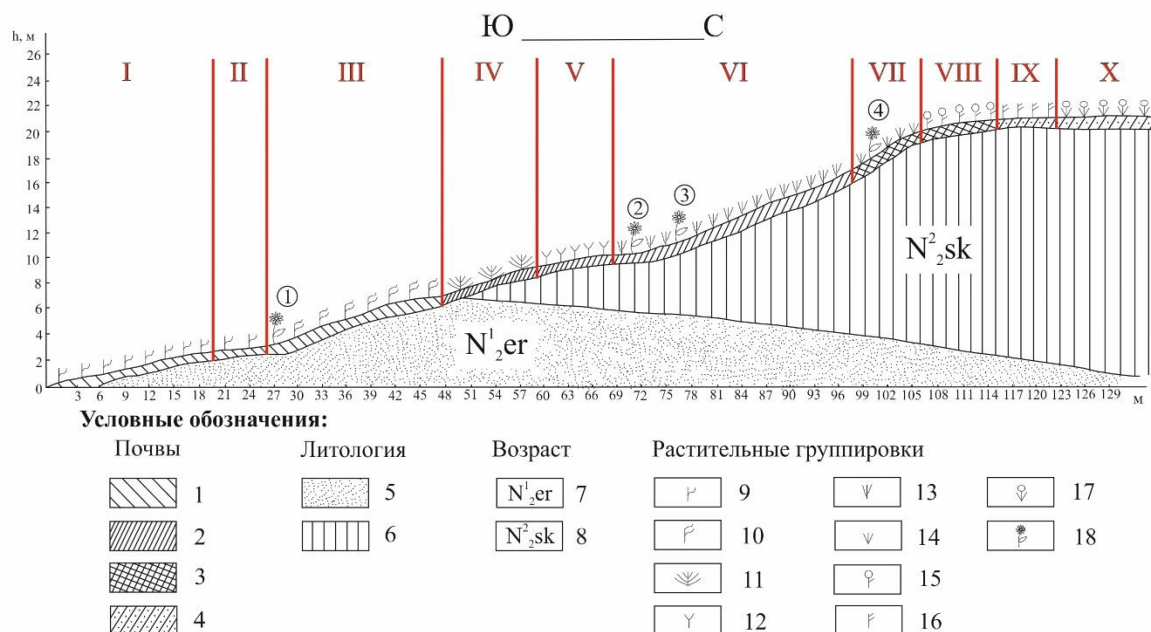


Рисунок 5 – Ландшафтный профиль склона южной экспозиции балки Суводской Яр

Условные обозначения:

Почвы: 1 – песчаные сильно смытые и слабо закрепленные пески; 2 – каштановые солонцеватые сильно смытые глинистые; 3 – солонцы каштановые смытые суглинистые; 4 – каштановые солонцеватые маломощные суглинистые.

Литология материнских пород: 5 – пески кварцевые; 6 – глины покровные засоленные.

Возраст материнских пород: 7 – Ергенинская свита, ранний плиоцен; 8 – Скифская свита, поздний плиоцен.

Растительные группировки: 9 – злаково-полынно-разнотравная; 10 – псаммофитно-злаково-разнотравная; 11 – камфоросмово-злаково-белопопынная; 12 – злаково-белопопынная; 13 – ковыльно-белопопынная; 14 – камфоросмово-белопопынно-ковыльковая; 15 – курчавково-камфоросмово-белопопынная; 16 – астрагалово-камфоросмово-ковыльково-белопопынная; 17 – камфоросмово-белопопынно-злаковая; 18 – места произрастания краснокнижных видов растений: ① Ириса низкого (*Iris humilis* Georgi), ② и ③ Тюльпана душистого (*Tulipa gesneriana* L.), ④ Палимбии оживающей (*Palimbia salsa* (L. f.) Besser).

Фации: I. Злаково-полынно-разнотравной псаммофитной степи на песчаных смытых почвах. II. Злаково-полынно-разнотравной псаммофитной степи на слабо закрепленных песках со следами пастбищной дигрессии. III. Злаково-разнотравной псаммофитной степи на песчаных слабогумусированных смытых почвах. IV. Камфоросмово-мятликово-белопопынной галофитной степи на каштановых смытых солонцеватых глинистых почвах. V. Злаково-белопопынной степи на каштановых солонцеватых смытых глинистых почвах. VI. Ковыльно-белопопынной степи на каштановых солонцеватых глинистых почвах. VII. Камфоросмово-белопопынно-ковыльковой галофитной степи на солонцах каштановых среднесмытых суглинистых. VIII. Курчавково-камфоросмово-белопопынной галофитной степи на солонцах каштановых среднесмытых тяжелосуглинистых. IX. Астрагалово-камфоросмово-ковыльково-белопопынной степи на каштановых солонцеватых суглинистых почвах. X. Камфоросмово-белопопынно-злаковой галофитной степи на каштановых солонцеватых суглинистых почвах.

Кроме комплексной физико-географической характеристики Александровского грабена, нами проводились и наблюдения, позволившие дать ответы на вопросы: какие виды

антропогенного воздействия представлены на грабене в условиях его активной посещаемости, а также существует ли угроза его уничтожения растущими эрозионными формами, о которой неоднократно в соцсетях сообщается к.г.н., доцентом С.Н. Мониковым.

Прежде всего, нами был произведен осмотр водоохранной зоны и прибрежной полосы Александровского грабена с целью установления ее геоэкологического состояния. Согласно статье 65, п. 2 Водного Кодекса РФ, прибрежная защитная полоса в границах охраняемой зоны грабена согласно пластике рельефа, имеет ширину 20-30 м [23]. На рассматриваемом участке берега отмечены зона пляжа шириной 5-6 м, береговой обрыв и высокая береговая плоская равнина. В ее границах, вблизи б. Суводской Яр, существует стихийная стоянка автомобилей отдыхающих и туристов (рис. 6).



Рисунок 6 – Стихийная стоянка автомобилей в охраняемой зоне Александровского грабена (нарушение почвенно-растительного покрова и переуплотнение почвенного горизонта) (фото Т.Н. Буруль, июль 2025 г.)

На площади около 1000 м² были выявлены следующие виды антропогенных нарушений:

1) антропогенный сбой естественной растительности и разрушение верхней части горизонта А почвенного профиля. Причиной сбоя являются движение и стоянка транспорта, пешие прогулки туристов. Нами отмечены сильные повреждения вегетативных частей растений (остатки побегов, стеблей, соцветий) полыни белой (*Artemisia austriaca* Jacq., 1773), кохии (*Kochia* Roth, 1801) в фенологической фазе, типичной для конца лета. Также сбой растительного покрова (пастбищная и пешеходная дигрессия) нами обнаружен на склоне южной экспозиции б. Суводской Яр;

2) для почвенного покрова отмечается сильное разрушение горизонта А и его смыв или дефляционная переработка. На отдельных участках горизонт А+В уничтожен до «материка» и не формируется. Данная ситуация служит дополнительным фактором развития плоскостного смыва и дефляции, что со временем может привести к полному уничтожению почвенного покрова этой территории и выходу коренных пород повсеместно. С целью изучения влияния стоянки транспортных средств на почвенный покров нами были отобраны образцы почв в ненарушенном состоянии из средней части горизонта А. Исследовались показатели объемной массы почвы, от которых напрямую зависит ее плотность, и, следовательно, ее устойчивость к размыву. Образцы были взяты из стенки почвенных профилей на стоянке транспорта и на расстоянии 30 м от нее, под целинной степью. Полученные средние показатели объемной массы (ОМ) отличаются: у почв под целинной степью показатели ОМ ниже и в среднем

составляют 0,99-1,00 г/см³. У почв стоянки транспорта показатели ОМ повышены до 1,15-1,17 г/см³, что свидетельствует о закономерном механическом уплотнении. Следовательно, более значительные показатели ОМ являются дополнительным фактором, препятствующим эрозионному размыву.

Что касается роста промоины, развитие которой исследуется последние 5 лет к.г.н., доцентом С.Н. Мониковым, то ее положение на склоне крутизной 12-15°, развитие в рыхлых глинах с низкими показателями допустимых неразмывающих скоростей (0,7-1,0 м/с) [24] и разреженным растительным покровом (проективное покрытие <30 %) с отсутствием плотнoderновинных злаков инспирируется именно данными факторами. Важную роль в росте эрозионной формы играет и экспозиция склона. Передвижение транспорта и людей могут лишь незначительно ускорить этот процесс. Кроме того, отмечается, что именно сбой растительного покрова привел к появлению и развитию этой промоины. Однако рядом исследователей приводятся сведения, что именно древесные культуры имеют основной противоэрозионный эффект [25]. Л.Г. Казаковой на примере лесостепи Кузнецкого Алатау установлено, что только при проективном покрытии травянистого покрова от 75 % и выше отмечается сокращение смыва почвенных частиц, при этом важную роль играют крутизна и экспозиция склона. Она приводит сведения, что на склонах крутизной 20° коэффициент смывности почв составляет 0,23, а на склонах крутизной менее 3° коэффициент смывности 0,03 [26]. Автор подчеркивает, что склоны, обращенные на юг, теряют больше почвы. При этом увеличиваются и коэффициенты смывности: до 0,58 на склонах крутизной 20° и до 0,05 на склонах крутизной менее 3°. Поэтому утверждать, что первопричиной появления данной формы является человеческая деятельность, не представляется достаточно обоснованным и доказательным.

На развитие промоины под действием природных факторов указывает и динамика эрозионных процессов. С.Н. Мониковым установлено, что за 5 лет углубление тальвега промоины составило 1 м (устное сообщение), что в среднем дает картину донного размыва до 0,2-0,3 м за 1 год. Изучение динамики прироста формы вершиной не проводится. Такие показатели углубления не отличаются от зональных, полученных И.С. Дедовой, А.В. Селезневой в периоды 2004-2006, 2010-2011 гг. для промоин и молодых оврагов, расположенных в границах особо охраняемого ядра природного парка «Донской» при почти полном отсутствии антропогенного воздействия (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика прироста отдельных эрозионных форм природного парка «Донской» за 2004-2006 гг. (выполнено И.С. Дедовой)

Название	Прирост вершиной, м	Углубление тальвега, м	Прирост в высоту конусов выноса в центральной части, м
Промоина. Безымянный приток оврага Медведев	0,96	0,1	0,03
Покрытая лесом ложбина в верховьях б. Филимоновская	нет	0,18	-
Приток безымянного оврага в окрестностях х. Зимовейский	1,5	0,2	0,05
Промоина на склоне балки Нижнегерасимовская	Более 1	0,1	0,05

Выводы

Таким образом, человеческий фактор не является ведущим в развитии эрозионных процессов в зоне особо охраняемой территории Александровского грабена. Он лишь частично инспирирует природные процессы, которые приводят к их появлению и развитию. Утверждение, что туристические поездки на грабен первостепенны в его разрушении и уничтожении, бездоказательно и лишено научной основы. Обширное тектоническое

нарушение не может быть разрушено растущими оврагами и балками, которые здесь широко распространены как зональное явление, существовавшее и до появления человека в этих краях. Однако поездки транспортных средств и пешие прогулки негативно сказываются, как и проложенные здесь скотопрогонные тропы, на состоянии почвенно-растительного покрова, особенно в устьевой части б. Суводской Яр.

В границах водоохранной зоны основной вид антропогенного воздействия – загрязнение бытовым мусором и пищевыми отходами с пляжей, обвалов и осыпей у основания обнажений, в том числе содержащих ценный палеонтологический материал. Вдоль южного склона б. Суводской Яр, в границах пляжа, нами обнаружены следующие виды запрещенной деятельности: разведение костров и установка мангалов с открытым пламенем (нарушение Постановления Губернатора Волгоградской области № 109 от 3 марта 2025 года; Постановления Губернатора Волгоградской области № 303 от 30 мая 2025 года) [27, 28]; замусоривание пляжа и береговой полосы пищевыми отходами, пластиком, продуктами жизнедеятельности; уничтожение и повреждение растительного покрова. Поэтому считаем, что для сохранения уникального Александровского грабена, а также чистоты водоохранной зоны и с целью соблюдения законного права граждан свободного доступа к водоему и пользования им для рекреации и любительского рыболовства (ст. 6 Водного Кодекса РФ в ред. от 08.08.2024 г.) [23] необходимо проведение следующего комплекса мероприятий:

1. Инспектирование профильными ведомствами мест отдыхающих в течение туристического сезона на указанной территории, проведение разъяснительных бесед, наложение штрафов и взысканий за нарушение режима природопользования.

2. Организация профильными ведомствами и Администрацией Дубовского района Волгоградской области стоянки с твердым покрытием для автотранспорта вдоль обочины грунтовых дорог общего пользования в границах буферной зоны памятника природы Александровский грабен.

3. Установка мусорных контейнеров и биотуалетов профильными ведомствами и Администрацией Дубовского района Волгоградской области в границах охраняемой зоны памятника природы Александровский грабен.

4. Установка аншлагов и стендов профильными ведомствами и Администрацией Дубовского района Волгоградской области в границах охраняемой зоны памятника природы Александровский грабен с описанием разрешенных и запрещенных видов деятельности в границах ООПТ и водоохранной зоны.

5. Изменение площади и границ памятника природы с целью включения в них прочих геологических обнажений, мест сбора палеонтологического материала, мест произрастания краснокнижных видов растений.

Список литературы

1. Брылев В.А., Ключникова Н.М., Селезнева А.В., Трофимова И.С. Экскурсии в родную природу. М.: Глобус, 2009. 120 с.
2. Постановление Губернатора Волгоградской области № 241 «О создании охранной зоны памятника природы регионального значения «Александровский грабен» от 21 апреля 2022 года. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/3400202204250002> (дата обращения: 09.09.2025).
3. Синцов И.Ф. Геологический очерк Саратовской губернии. СПб.: тип. Имп. Акад. наук, 1870. 62 с.
4. Павлов А.П. О новом выходе каменноугольного известняка в Саратовской губернии и о дислокациях правого побережья Волги // Bull. Soc. nat. Moscow. 1896. № 9. С. 81-84.
5. Архангельский А.Д. Среднее и Нижнее Поволжье: материалы к его тектонике // Землеведение. 1912. Т. 18. Кн. 4. С. 19-124.
6. Шатский Н.С. Балыклейский грабен и дизъюнктивные дислокации Южного Поволжья // Вестник Московской горной академии. 1922. Т. 1. № 1. С. 2-22.

7. Милановский Е.В. Очерк геологии Среднего и Нижнего Поволжья. М.; Л.: Гостоптехиздат, 1940. 276 с.
8. Монилов С.Н. Во имя российской науки. Ч. 3. Кн. 1. М.: Планета, 2024. 404 с.
9. Географический атлас-справочник Волгоградской области / Под ред. В.А. Брылева. М.: Планета, 2016. 64 с.
10. Геология СССР: Т. 46. Ростовская, Волгоградская, Астраханская области Калмыцкая АССР / Под ред. А.В. Белова. М.: Недра, 1970. 667 с.
11. Брылев В.А., Сагалаев В.А. Особо охраняемые природные территории. Волгоград: Перемена, 2000. 260 с.
12. Методика изучения неотектоники и морфоструктура Нижнего Поволжья / Под ред. А.В. Цыганкова. Волгоград: Нижне-Волж. кн. изд-во, 1971. 255 с.
13. Брылев В.А. Эволюционная геоморфология юго-востока Русской равнины Волгоград: Перемена, 2006. 350 с.
14. Брылев В.А., Дедова И.С. Уникальный рельеф Щербаковской излучины Нижней Волги и его использование с целью создания природного парка // VIII Щукинские чтения: рельеф и природопользование: материалы Всерос. конф. с междунар. участием. М.: Изд-во МГУ, 2020. С. 433-436.
15. Шафиро Я.Ш., Аванисьян Г.М. Мезо-кайнозойская структура Волгоградского Поволжья и ее соотношение с девонским региональным структурным планом // Вопросы геологии и нефтегазоносности Волгоградской области: сб. науч. статей. Л., 1965. Вып. 3. С. 206-232.
16. Копп М.Л. Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы. М.: Наука, 2005. 340 с.
17. Солодовников Д.А., Хаванская Н.М. Современная тектоническая активность Александровского грабена (Нижнее Поволжье) по данным повторного нивелирования // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки. 2017. Т. 7. № 4. С. 63-70.
18. Брылев В.А., Корхова Ю.А. Древние и современные оползни Нижнего Поволжья и факторы их образования // Геоморфология. 2010. № 4. С. 37-46. DOI: 10.15356/0435-4281-2010-4-37-46.
19. Дегтярева Е.Т., Жулидова А.Н. Почвы Волгоградской области. Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1970. 320 с.
20. Лепилин Г.Н., Рулёв А.С. Научные основы рационального использования заовраженных склонов Волгоградской области. Волгоград: ФНИЦ агроэкологии РАН, 2018. 227 с.
21. Сурагина С.А., Веденеев А.М., Кувалдина А.И., Попов А.В. Флора и растительность степей Волгоградской области // Волгоградская область: природные условия, ресурсы, хозяйство, население, геоэкологическое состояние. Волгоград: Перемена, 2011. С. 190-216.
22. Сурагина С.А., Веденеев А.М., Кувалдина А.И., Попов А.В. К вопросу о научной классификации объектов, нуждающихся в охране на территории Волгоградской области // Изучение и сохранение естественных ландшафтов: сб. статей междунар. науч.-практ. конф. М.: Планета, 2011. С. 391-394.
23. Водный кодекс Российской Федерации. № 74-ФЗ от 3 июня 2006 года (в ред. Федеральных законов от 04.12.2006 № 201-ФЗ, от 08.07.2024 № 166-ФЗ, от 08.08.2024 № 232-ФЗ). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=489368#h455> (дата обращения: 09.09.2025).
24. Гардинер В., Дакомб Р. Полевая геоморфология: практическое руководство для полевых исследований / Пер. с англ. А.А. Никонова, К.И. Никоновой. М.: Недра, 1990. 239 с.
25. Долганова М.В. Почвозащитная противоэрозионная способность культурной и естественной травянистой растительности: автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Брянск, 2005. 23 с.

26. Казакова Л.Г. Геоэкологические аспекты формирования и регулирования процессов ливневой эрозии: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36. М., 2005. 24 с.

27. Постановление Губернатора Волгоградской области № 109 «Об установлении периода противопожарного сезона на 2025 год» от 03 марта 2025. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/3400202503050003> (дата обращения: 09.09.2025).

28. Постановление Губернатора Волгоградской области № 303 «Об особом противопожарном режиме на территории Волгоградской области» от 30 мая 2025 года. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1134&documentId=19766> (дата обращения: 03.09.2025).

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 09.10.2025

Принята к публикации 12.12.2025

THE EXTENT AND CONSEQUENCES OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE NATURAL MONUMENT OF THE STEPPE ZONE "ALEXANDROVSKY GRABEN" IN THE CONTEXT OF TOURIST AND COGNITIVE INTEREST

***I. Dedova, T. Burul, S. Suragina, A. Popov**

Volgograd State Social and Pedagogical University, Russia, Volgograd

e-mail: itrofimova@yandex.ru

The article provides information on the geological and geomorphological natural monument "Aleksandrovsky Graben". It provides physical and geographical description of the monument and explains its uniqueness and aesthetic appeal. Due to an increased flow of tourists, anthropogenic impacts have been identified within the natural monument's boundaries, including destruction of the soil cover, disturbance of habitats for red-listed plants, and littering of beaches. It has been found that the growth of certain forms of linear erosion is not so much due to anthropogenic factors as to natural ones. A number of measures aimed at preserving natural and territorial complexes within the boundaries of the graben are proposed.

Key words: natural monument, Aleksandrovsky graben, geological exposure, ravine, erosion, anthropogenic impact.

References

1. Brylev V.A., Klyushnikova N.M., Selezneva A.V., Trofimova I.S. Ekskursii v rodnuyu prirodu. M.: Globus, 2009. 120 s.
2. Postanovlenie Gubernatora Volgogradskoi oblasti N 241 "O sozdanii okhrannoi zony pamyatnika prirody regional'nogo znacheniya "Aleksandrovskii graben" ot 21 aprelya 2022 goda. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/3400202204250002> (data obrashcheniya: 09.09.2025).
3. Sintsov I.F. Geologicheskii ocherk Saratovskoi gubernii. SPb.: tip. Imp. Akad. nauk, 1870. 62 s.
4. Pavlov A.P. O novom vykhode kamennougol'nogo izvestnyaka v Saratovskoi gubernii i o dislokatsiyakh pravogo poberezh'ya Volgi. Bull. Soc. nat. Moscow. 1896. N 9. S. 81-84.
5. Arkhangel'skii A.D. Srednee i Nizhnee Povolzh'e: materialy k ego tektonike. Zemlevedenie. 1912. T. 18. Kn. 4. S. 19-124.
6. Shatskii N.S. Balykleiskii graben i diz'yunktivnye dislokatsii Yuzhnogo Povolzh'ya. Vestnik Moskovskoi gornoj akademii. 1922. T. 1. N 1. S. 2-22.

7. Milanovskii E.V. Ocherk geologii Srednego i Nizhnego Povolzh'ya. M.; L.: Gostoptekhizdat, 1940. 276 s.
8. Monikov S.N. Vo imya rossiiskoi nauki. Ch. 3. Kn. 1. M.: Planeta, 2024. 404 s.
9. Geograficheskii atlas-spravochnik Volgogradskoi oblasti. Pod red. V.A. Bryleva. M.: Planeta, 2016. 64 s.
10. Geologiya SSSR: T. 46. Rostovskaya, Volgogradskaya, Astrakhanskaya oblasti Kalmytskaya ASSR. Pod red. A.V. Belova. M.: Nedra, 1970. 667 s.
11. Brylev V.A., Sagalaev V.A. Osobo okhranyaemye prirodnye territorii. Volgograd: Peremena, 2000. 260 s.
12. Metodika izucheniya neotektoniki i morfostruktura Nizhnego Povolzh'ya. Pod red. A.V. Tsygankova. Volgograd: Nizhne-Volzh. kn. izd- vo, 1971. 255 s.
13. Brylev V.A. Evolyutsionnaya geomorfologiya yugo-vostoka Russkoi ravniny Volgograd: Peremena, 2006. 350 s.
14. Brylev V.A., Dedova I.S. Unikal'nyi rel'ef Shcherbakovskoi izluchiny Nizhnei Volgi i ego ispol'zovanie s tsel'yu sozdaniya prirodnogo parka. VIII Shchukinskie chteniya: rel'ef i prirodoopol'zovanie: materialy Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem. M.: Izd-vo MGU, 2020. S. 433-436.
15. Shafiro Ya.Sh., Avanis'yan G.M. Mezo-kainozoiskaya struktura Volgogradskogo Povolzh'ya i ee sootnoshenie s devonskim regional'nym strukturnym planom. Voprosy geologii i neftegazonosnosti Volgogradskoi oblasti: sb. nauch. statei. L., 1965. Vyp. 3. S. 206-232.
16. Kopp M.L. Mobilisticheskaya neotektonika platform Yugo-Vostochnoi Evropy. M.: Nauka, 2005. 340 s.
17. Solodovnikov D.A., Khavanskaya N.M. Sovremennaya tektonicheskaya aktivnost' Aleksandrovskogo grabena (Nizhnee Povolzh'e) po dannym povtornogo nivelirovaniya. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11. Estestvennye nauki. 2017. T. 7. N 4. S. 63-70.
18. Brylev V.A., Korkhova Yu.A. Drevnie i sovremennye opolzni Nizhnego Povolzh'ya i faktory ikh obrazovaniya. Geomorfologiya. 2010. N 4. S. 37-46. DOI: 10.15356/0435-4281-2010-4-37-46.
19. Degtyareva E.T., Zhulidova A.N. Pochvy Volgogradskoi oblasti. Volgograd: Nizh.-Volzh. kn. izd-vo, 1970. 320 s.
20. Lepilin G.N., Rulev A.S. Nauchnye osnovy ratsional'nogo ispol'zovaniya zaovrazhennykh sklonov Volgogradskoi oblasti. Volgograd: FNTs agroekologii RAN, 2018. 227 s.
21. Suragina S.A., Vedeneev A.M., Kuvaldina A.I., Popov A.V. Flora i rastitel'nost' stepi Volgogradskoi oblasti. Volgogradskaya oblast': prirodnye usloviya, resursy, khozyaistvo, naselenie, geoekologicheskoe sostoyanie. Volgograd: Peremena, 2011. S. 190-216.
22. Suragina S.A., Vedeneev A.M., Kuvaldina A.I., Popov A.V. K voprosu o nauchnoi klassifikatsii ob"ektov, nuzhdayushchikhsya v okhrane, na territorii Volgogradskoi oblasti. Izuchenie i sokhranenie estestvennykh landshaftov: sb. statei mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: Planeta, 2011. S. 391-394.
23. Vodnyi kodeks Rossiiskoi Federatsii. N 74-FZ ot 3 iyunya 2006 goda (v red. Federal'nykh zakonov ot 04.12.2006 N 201-FZ, ot 08.07.2024 N 166-FZ, ot 08.08.2024 N 232-FZ). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=489368#h455> (data obrashcheniya: 09.09.2025).
24. Gardiner V., Dakomb R. Polevaya geomorfologiya: prakticheskoe rukovodstvo dlya polevykh issledovaniy. Per. s angl. A.A. Nikonova, K.I. Nikonovoi. M.: Nedra, 1990. 239 s.
25. Dolganova M.V. Pochvozashchitnaya protivooerozionnaya sposobnost' kul'turnoi i estestvennoi travyanistoi rastitel'nosti: avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.16. Bryansk, 2005. 23 s.
26. Kazakova L.G. Geoekologicheskie aspekty formirovaniya i regulirovaniya protsessov livnevoi erozii: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk: 25.00.36. M., 2005. 24 s.

27. Postanovlenie Gubernatora Volgogradskoi oblasti N 109 "Ob ustanovlenii perioda protivopozharnogo sezona na 2025 god" ot 03 marta 2025. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/3400202503050003> (data obrashcheniya: 09.09.2025).

28. Postanovlenie Gubernatora Volgogradskoi oblasti N 303 "Ob osobom protivopozharnom rezhime na territorii Volgogradskoi oblasti" ot 30 maya 2025 goda. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1134&documentId=19766> (data obrashcheniya: 03.09.2025).

Сведения об авторах:

Дедова Ирина Сергеевна

К.г.н., доцент кафедры географии, геоэкологии и методики преподавания географии
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет»

ORCID 0000-0002-2768-9421

Dedova Irina

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography,
Geoecology and Methods of Teaching Geography, Volgograd State Socio-Pedagogical University

Буруль Татьяна Николаевна

К.г.н., доцент кафедры географии, геоэкологии и методики преподавания географии,
директор Института естественнонаучного образования, физической культуры и безопасности
жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический
университет»

ORCID 0000-0002-6750-3919

Burul Tatyana

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography,
Geoecology and Methods of Teaching Geography, Director of the Institute of Natural Science
Education, Physical Culture and Life Safety of the Volgograd State Socio-Pedagogical University

Сурагина Светлана Александровна

К.б.н., доцент кафедры теории и методики биолого-химического образования и
ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-
педагогический университет»

ORCID 0000-0003-1516-7316

Suragina Svetlana

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and
Methodology of Biological and Chemical Education and Landscape Architecture, Volgograd State
Socio-Pedagogical University

Попов Александр Валентинович

Научный сотрудник научно-учебной лаборатории «Ботанический сад» ФГБОУ ВО
«Волгоградский государственный социально-педагогический университет»

ORCID 0009-0005-3452-8334

Popov Alexander

Researcher at the Scientific and educational Laboratory "Botanical Garden" of the Volgograd
State Socio-Pedagogical University

Для цитирования: Дедова И.С., Буруль Т.Н., Сурагина С.А., Попов А.В. Степень и последствия антропогенного воздействия на памятник природы степной зоны «Александровский грабен» в контексте туристического и познавательного интереса // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 77-92. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-77-92

СТЕПИ ФОРМАЦИИ *STIPETA PENNATAE* НА ЗАПОВЕДНЫХ УЧАСТКАХ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

О.Г. Калмыкова, *Н.В. Дусаева, Г.Х. Дусаева

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: *Maksutova1@mail.ru

В статье охарактеризованы распространение, состав и динамика надземной фитомассы фитоценозов, относящихся к формации *Stipeta pennata*, встречающихся на особо охраняемых природных территориях ранга заповедника в Южном Предуралье: участках «Буртинская степь» и «Предуральская степь» ГПЗ «Оренбургский». Обоснована необходимость охраны растительных сообществ этой формации согласно существующим критериям и подходам к оценке природоохранного статуса фитоценозов. Рассмотрены роль заповедных кластеров в охране перистоковыльных степей и проблемы их сохранения на этих территориях.

Ключевые слова: перистоковыльные степи, заповедник, «Буртинская степь», «Предуральская степь», охрана фитоценозов, динамика надземной фитомассы.

Введение

Выявление фитоценотического разнообразия, региональных особенностей состава, строения, сезонной и многолетней динамики степей лежит в основе оптимизации их сохранения. Анализ распространения и разнообразия фитоценозов основных степных формаций позволяет оценить репрезентативность и эффективность существующего природоохранного каркаса для сохранения зонального типа растительности.

Особо охраняемые территории, тем более с самым строгим, заповедным режимом, являются наиболее действенным способом сохранения растительного покрова. На заповедных участках есть возможность изучения особенностей фитоценозов и наблюдения за их динамикой при ограниченном влиянии антропогенных факторов с учетом исходного состояния растительного покрова, обусловленного использованием территории до присвоения заповедного статуса. В настоящее время эта возможность ограничивается предпринимаемыми попытками «управления экосистемами» (сенокосение, выпас, интродукция каких-либо видов животных, организация биотехнических мероприятий, приводящая к пространственному и сезонному перераспределению нагрузки на растительный покров и т.д.), а также туристической нагрузкой. Эти факторы могут влиять на исходные характеристики фитоценозов. Так, в Южном Предуралье расположены два заповедных участка: «Буртинская степь» и «Предуральская степь», находящиеся в 30 км друг от друга, но существенно отличающиеся по рельефу, степени сохранности степной растительности и времени присвоения природоохранного статуса. Фактором активного влияния на растительность в «Предуральской степи» является интродукция лошади Пржевальского.

Природоохранный статус *Stipa pennata* L. – вида, занесенного в Красную книгу региона, позволяет рассматривать перистоковыльные сообщества как потенциально нуждающиеся в особой охране. В условиях «Предуральской степи», основываясь на изучении состава, структуры и динамики надземной фитомассы, необходимо учитывать их способность к восстановлению после скармливания при использовании в качестве кормового ресурса для диких копытных. Подлежащие охране растительные сообщества выделяются по различным критериям и в силу этого могут значительно отличаться по распространению, пространственному распределению и встречаемости. Важным практическим аспектом сохранения таких фитоценозов является их территориальная охрана и детальное изучение.

Материалы и методы

В Южном Предуралье расположены два участка заповедника «Оренбургский»: «Предуральская степь» и «Буртинская степь». Участок «Предуральская степь» представляет собой территорию, испытавшую антропогенную нагрузку различного типа до присоединения к заповеднику в 2015 году. На участке широко распространены залежные, сбитые и сенокосные участки, кроме того, в прошлом на нем проводились военные учения. Помимо этих факторов, в «Предуральской степи» в 2010 и 2012 гг. произошли пожары. Участок «Буртинская степь» представляет собой более стабильную территорию с растительностью, в большей степени восстановившейся после воздействия антропогенного фактора в дозаповедный период, где основным дестабилизирующим фактором выступают пожары.

Растительный покров этих кластеров достаточно полно описан в ходе проведения геоботанических исследований. С учетом равномерного охвата территории участка и разных местообитаний выполнено 300 описаний степных фитоценозов в «Буртинской степи» и 80 – в «Предуральской степи». Это позволяет объективно оценить распространение и представленность фитоценозов перистоковыльной формации (*Stipeta pennatae*) на заповедных участках Южного Предуралья. Кроме того, на стационарной площадке в «Предуральской степи» в течение двух лет (2015-2016) на примере залесскоковыльно-типчаково-перистоковыльного сообщества, относящегося к рассматриваемой формации, оценивались запасы надземной фитомассы и их динамика. Для этого проводились укосы фитомассы «методом укосных квадратов» на площадках $50 \times 50 \text{ см}^2$ в трехкратной повторности [1]. Растения срезались вровень с почвой и делились на основные жизненные формы: злаки, разнотравье, полукустарнички, осоки. После укоса фитомассы с почвы вручную производился сбор подстилки (L). Укосы надземной фитомассы проводились в середине каждого месяца с мая по сентябрь. Полученные образцы высушивались до состояния воздушно-сухой массы, разбирались на живую фитомассу (G) и ветошь (D) всех жизненных форм, взвешивались на лабораторных весах. Динамика запасов фитомассы указанного сообщества сравнивалась с фитоценозами с доминированием других видов, развивающимися в аналогичных условиях антропогенного воздействия (залежи с выпасом).

По значениям гидротермического коэффициента Селянинова 2015 и 2016 годы исследования характеризовались как сухие (ГТК 0,32 и 0,39 соответственно) [2, 3].

Результаты и обсуждения

Распространение и состав фитоценозов. *Stipa pennata* L. – широко распространенный вид, встречающийся в различных местообитаниях от Средней Европы до Восточной Сибири в степной зоне, заходящий в лесостепную и пустынную зоны [4, 5].

В пределах Оренбургской области в настоящее время его распространение ограничено антропогенными факторами. Вид страдает не только от непосредственного нарушения местообитания путем распашки, но и быстро выпадает из травостоя под влиянием выпаса. Помимо влияния антропогенного фактора, уязвимость вида обуславливается длинным жизненным циклом. По данным Л.А. Жуковой, к генеративной фазе ковыль перистый приходит на третий год вегетации [6]. Согласно другим источникам, генеративный период ковыля наступает на 8-15 год развития. Только на этот момент дерновины достигают наибольшей мощности.

На заповедных участках Южного Предуралья, по нашим наблюдениям, сообщества с доминированием *Stipa pennata* немногочисленны. К перистоковыльной формации относится только одно из 300 описаний степных фитоценозов в «Буртинской степи» и три из 80 – в «Предуральской степи». Описанный в «Буртинской степи» фитоценоз занимает очень небольшую площадь в пределах лога между сопками (около 0,05 га). Территория, на которой встречаются перистоковыльные степи в «Предуральской степи», занимает не более 230 га. Значительно больше распространены и разнообразны такие сообщества за пределами охраняемых территорий.

В степной зоне Предуралья перистоковыльные псаммофитные степи встречаются как в северной, так и в средней подзонах на песчаных почвах. Участие в растительном покрове фитоценозов этой формации значительно увеличивается в лесостепной зоне, где они занимают не только легкие почвы. В Оренбургском Предуралье перистоковыльные степи обычны в песчаных массивах бассейна р. Илек и р. Самара. Приводятся они для территории Урало-Сакмарского водораздела и рек Волжского бассейна [7]. Для лесостепной части указываются Д.Е. Янишевским [8], И.И. Спрыгиным [9]. И.М. Крашенинниковым отмечены для лесостепных и степных районов Башкирского Предуралья [10], И.Н. Сафроновой – южнее Уфы [11].

Сообщества перистоковыльной формации на участке «Предуральская степь» представлены на песчаных почвах в его юго-западной части как на равнинах, так и на пологонаклонных склонах увалов юго-западной и северо-восточной экспозиций. В «Буртинской степи» они встречаются только в логе между сопками хребта Южный Кармен. В «Предуральской степи» перистоковыльные степи расположены на залежах, используемых под выпас участков до заповедования (до 2015 года), в «Буртинской степи» – на целинном участке с многолетним периодом (более 25 лет) после использования под пастбище.

Общее проективное покрытие большинства сообществ на нарушенной территории составляет 40-47 %, на восстановленных участках – 100 %. Сообщества состоят из 19-31 вида.

Видовой состав всех перистоковыльных сообществ территории исследования насчитывает 60 видов растений из 18 семейств. Доминантом сообществ является плотнoderновинный мезоксерофитный злак *Stipa pennata*. Его проективное покрытие в фитоценозах не превышало 20 % на равнине, 10-12 % на пологих склонах и достигало 55% в более влагообеспеченном местообитании в понижении рельефа. Проективное покрытие содоминантов, в качестве которых выступают плотнoderновинные ксерофитные злаки *Festuca valesiaca* Gaudin, *Stipa zalesskii* Wilensky, составляло 5-7 %. В сообществе в понижении содоминантом выступает *Poa transbaicalica* Roshev. с проективным покрытием 10 %.

Присутствующие в сообществах петрофиты, псаммопетрофиты: *Astragalus rupifragus* Pall., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Iris pumila* L. и псаммофиты *Potentilla arenaria* Borkh., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench – единичны.

Большинство видов, входящих в состав перистоковыльной формации, относится к стержнекорневым многолетним травам. Доминирующие виды составляют небольшую группу плотнoderновинных трав. В сообществах формации встречается два полукустарничка (*Artemisia austriaca* Jacq., *Artemisia marschalliana* Spreng.) и один кустарник (*Amygdalus nana* L.). Из экологических групп по отношению к фактору увлажнения, по количеству входящих в их состав видов, преобладают мезоксерофиты, к которым относится доминант сообществ. Вторую весомую группу по числу видов составляют ксерофиты, часть которых является содоминантами.

Разный уровень антропогенного влияния, время присвоения заповедного статуса, а значит, и степень сохранности фитоценозов, отразились на их составе. Так, в «Предуральской степи» во всех фитоценозах встречаются сорные виды: *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., *Carduus uncinatus* Bieb., *Convolvulus arvensis* L., *Polygonum patulum* M. Bieb., *Berteroia incana* (L.) DC. В двух сообществах значительного обилия достигает *Poa bulbosa* L. – показатель пасторальной дигрессии, а в двух – *Agropyron pectinatum* (M. Bieb.) P. Beauv., подсевавшийся для улучшения пастбищ. Такие черты растительных сообществ «Предуральской степи» связаны как с использованием территории до присвоения заповедного режима под пашни и пастбища, так и с тем, что участок степи с перистоковыльными сообществами выгорал за 4 года до описания. Поэтому восстановление нарушенных фитоценозов не просто было остановлено, но и отброшено назад, к более ранним этапам. Такую тенденцию мы наблюдали в ходе многолетнего изучения влияния пожаров на степную растительность территории «Буртинской степи» [12].

В остальном различия в составе перистоковыльных сообществ двух заповедных участков связаны с разницей в местообитаниях фитоценозов, отличающихся в «Буртинской степи» большей влагообеспеченностью.

Запасы надземной фитомассы и их динамика. Исследование запасов надземной фитомассы проводилось на участке «Предуральская степь» в первый год его заповедования для залесскоковыльно-типчаково-перистоковыльного сообщества. Следует отметить, что формирование данного сообщества происходило на залежном участке с подсеиванием житняка, где периодически выпасался скот, и оно дважды выгорало за последние годы.

Запасы надземной фитомассы сообщества варьировали в 2015 г. от 252,16 г/м² в мае до 372 г/м² в конце лета (последний учетный месяц отсутствует), на следующий год запасы фитомассы возросли с весенних значений 265 г/м² до максимальных 490 г/м² в позднелетний период (рис. 1). Среднее значение запасов фитомассы в 2016 году, с большим увлажнением, составляло 433 г/м² и превысило значения прошлого года, который характеризовался меньшим количеством осадков и максимальными летними температурами в начале летнего сезона. Большие значения запасов надземной фитомассы на второй год исследования во многом обуславливались высокими значениями мортмассы в течение всего учетного периода. Средние значения мортмассы в 2016 году были в 1,6 раза больше, чем в предыдущем году, что в различные периоды было обусловлено либо значительным прибавлением ветоши, либо подстилки.

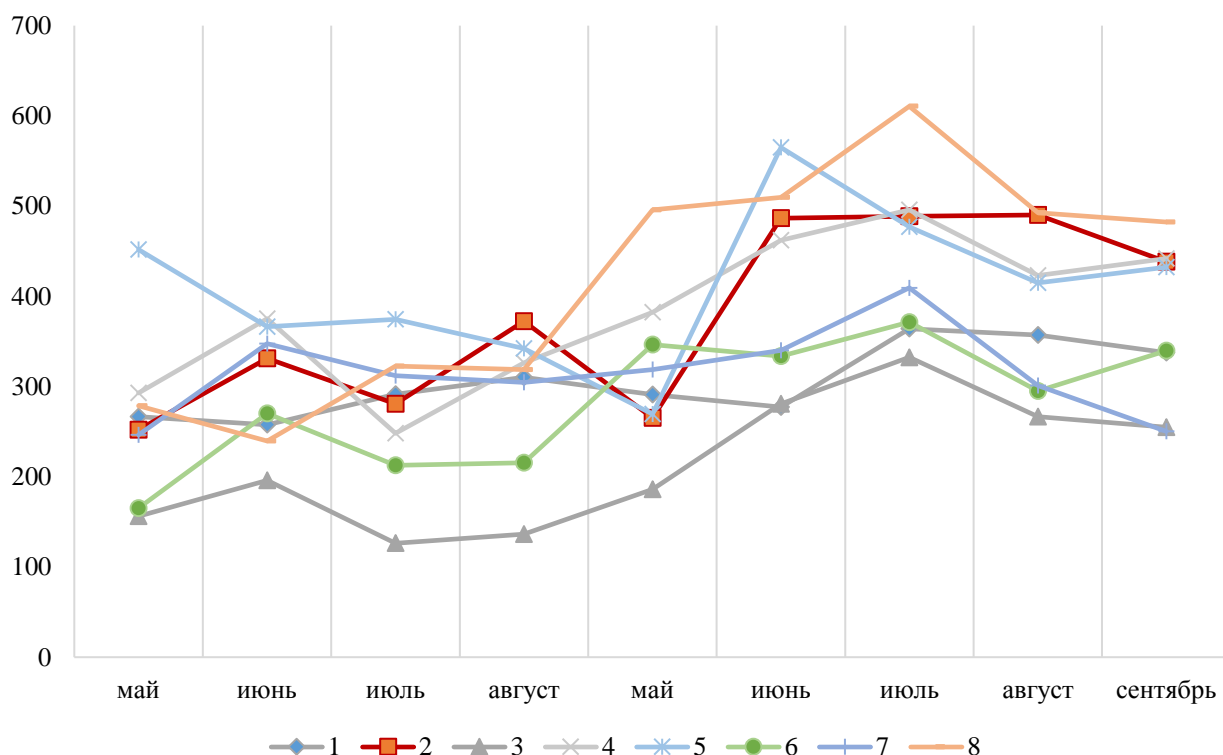


Рисунок 1 – Запасы надземной фитомассы растительных сообществ степных формаций: 1 – нитрозовополынной, 2 – перистоковыльной, 3 – мохнаторудницевой, 4, 6, 7 – залесскоковыльной, 5 – ковыльковой, 8 – житняковой

Общие запасы надземной фитомассы исследованного сообщества перистоковыльной формации сравнивались с запасами надземной фитомассы фитоценозов других формаций участка «Предуральская степь», формирующихся на залежах с периодическим выпасом (рис. 1). Значения этого показателя в рассматриваемом сообществе были сравнимы со значениями, полученными в других ковыльных и житняковом сообществах. В первый, более сухой год исследования, запасы надземной фитомассы у всех сообществ были ниже, чем в 2016 году. При этом значение этого показателя в фитоценозе перистоковыльной формации,

наряду с фитоценозами ковыльковой, житняковой и некоторыми фитоценозами залесскоковыльной формаций (4 сообщества), на второй год наблюдений выросло значительно (рис. 1). Это сообщество в 2016 году относилось к числу фитоценозов с наибольшими запасами надземной фитомассы.

Основу надземной фитомассы перистоковыльного сообщества составляли злаки (*Stipa pennata*, *S. zalesskii*, *Festuca valesiaca*). Доминирующие ковыли относятся к зимне-летним растениям раннелетнего и среднелетнего циклов развития. Максимальное развитие их фитомассы приходится на период колошения и цветения (июнь). Зрелые плоды образуются в июле. В фазе молочной спелости семян у ковылей начинают отмирать нижние листья. Далее, к восковой спелости, семян растения полностью желтеют (переходят в ветошь), за исключением 2-3 верхних листьев. После восковой спелости растения постепенно отмирают. В сентябре у ковылей снова начинается вегетация. Зеленые листья уходят в зиму и с новым вегетационным сезоном отмирают [13].

Доля живой фитомассы злаков от общих запасов надземной фитомассы в 2015 году варьировала от 33 % весной до 45 % в июле. В 2016 году этот показатель уменьшился до минимальных 20 % в начале осени и до 36 % в период максимального развития (июнь). Наибольшая доля злаков в первый год исследования приходилась на месяц позднее цветения ковылей, что обуславливается увеличением доли разнотравья в этот период (рис. 2).

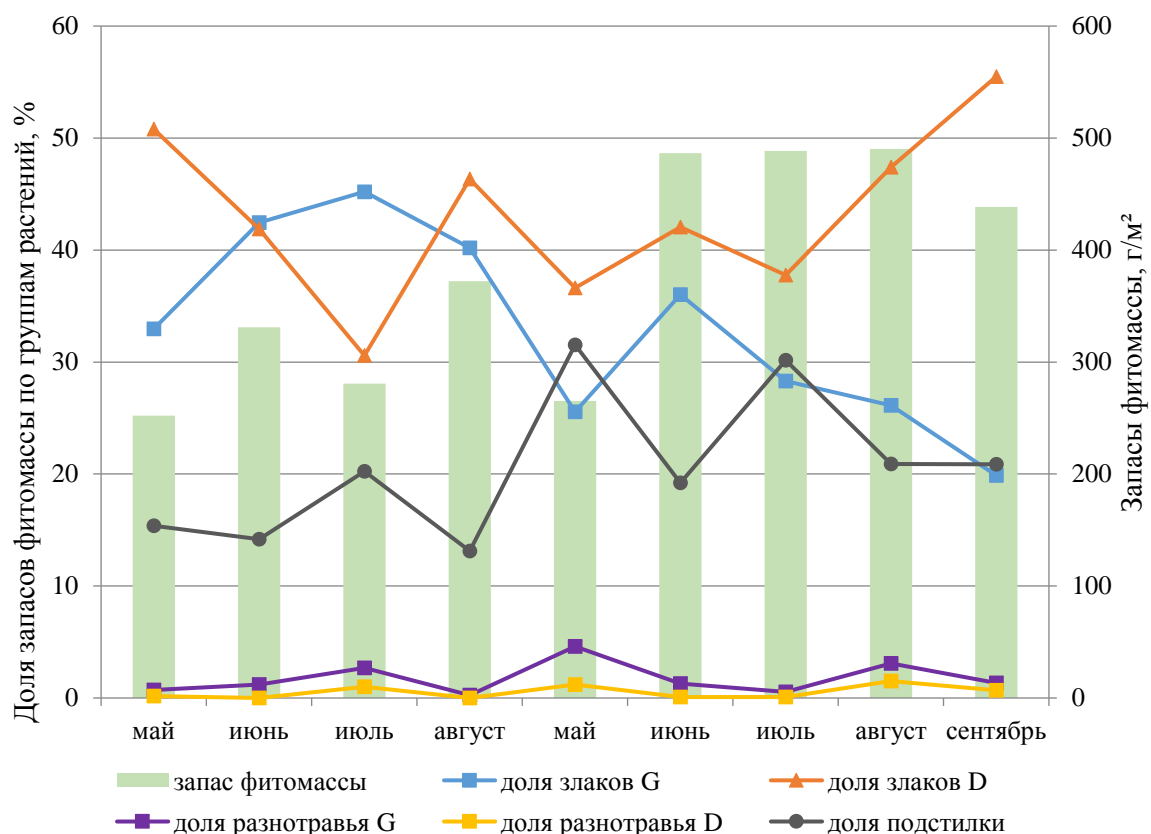


Рисунок 2 – Доля запасов фитомассы по группам растений и подстилки в общих запасах надземной фитомассы залесскоковыльно-типчаково-перистоковыльного сообщества

В течение двух лет наблюдений доля участия различных групп растений, их фракций (G, D) и подстилки в сложении запасов надземной фитомассы менялась (рис. 2). Несмотря на то, что первый год был более сухим, доля ветоши злаков превалировала в запасах надземной фитомассы только в весенний (51 %) и позднелетний период (46 %). Доля живой фитомассы злаков от общих запасов надземной фитомассы варьировала от 33 % весной до 45 % в июле.

Весной 2015 года запасы надземной фитомассы были минимальны, что в первую очередь определяется минимальным развитием живой надземной фитомассы злаков за год. В

этот период основную долю участия в сложении травостоя имеет ветошь злаков (рис. 2). Своих средних годовых значений достигает подстилка. Мортмасса в этот период почти вдвое превышает значение живой фитомассы.

В начале лета запасы надземной фитомассы пополнились в основном за счет живой фитомассы злаков, которая выросла в 1,7 раза. Доля живой фитомассы злаков и их ветоши сравнялись и составляли 42 %.

В середине лета наблюдалось общее уменьшение запасов надземной фитомассы, со значительным увеличением живой фитомассы и ветоши разнотравья, переходом злаков от периода максимального развития и цветения в период плодоношения (листья и стебли постепенно отмирали, созревали семена, ветошь активно пополняла запасы подстилки, превышая темпы отмирания живой фитомассы). Доля ветоши злаков в травостое была минимальна. Доля живой фитомассы злаков, напротив, имела максимальные значения в этот период, несмотря на уменьшение запасов живой фитомассы злаков. Обусловливается это общим уменьшением запасов надземной фитомассы и, главным образом, уменьшением ветоши злаков на 38 %.

На момент наибольшего накопления запасов надземной фитомассы (август) в 2015 году значения мортмассы также были максимальны. Доля ветоши злаков почти достигла своих весенних значений – 46 %, запасы ветоши злаков с прошлого учетного периода выросли вдвое. Заметно снизилась доля разнотравья и подстилки.

Следующий, более влажный, вегетационный период характеризовался большими запасами надземной фитомассы. К началу лета ее показатель вырос почти вдвое. Мортмасса на всем протяжении вегетации превышала запасы живой фитомассы от 1,5 до 3,5 раз. Выросли значения запасов всех ее составляющих. За сезон запасы ветоши злаков увеличились с минимальных весенних показателей в 2,5 раза, ветоши разнотравья – в 7 раз.

Доля ветоши злаков на протяжении всего 2016 г. превышала долю живой фитомассы злаков. Весной отмечалась высокая доля подстилки, которая была соизмерима с участием ветоши злаков в травостое и превысила долю живых злаков. Своего максимального развития достигали запасы разнотравья, которые при этом не имели значительной доли в общих запасах фитомассы.

В июне с увеличением запасов надземной фитомассы почти вдвое изменилось соотношение подстилки и фитомассы злаков. Доля подстилки уменьшилась в 1,6 раза. В этот период отмечалось максимальное развитие живой фитомассы злаков, запасы которых в 2,6 раза превысили прошлые показания. Запас ветоши злаков увеличился за этот период в 2 раза.

В течение всего лета запасы надземной фитомассы оставались примерно на одном уровне. К июлю заметно уменьшились как запасы живой фитомассы злаков, так и ветоши. Доля подстилки в июле выросла в 1,5 раза и сравнялась с долей живой фитомассы злаков. Отмечалось заметное присутствие в травостое полукустарничков. В конце лета значительно увеличились запасы живой фитомассы разнотравья и ветоши.

В конце вегетационного сезона запасы надземной фитомассы несколько уменьшились. Доля живой фитомассы злаков и подстилки постепенно снижались с середины лета и достигали своего минимального участия в запасах фитомассы. Доля ветоши злаков на данный момент была максимальной, она составляла основу травостоя.

В рассматриваемом растительном сообществе в более влажный год отмечалось повышение прироста живой надземной фитомассы (ANP) и минерализации подстилки (ΔM) (табл. 1). При этом наибольший прирост живой фитомассы (ΔG) и ветоши (ΔD) в 2015 году отмечался в период с июля по август, а подстилки (ΔL) с июня по июль. В 2016 году пик прироста живой фитомассы (ΔG) и ветоши (ΔD) приходился на май-июнь, подстилки также на июнь-июль (ΔL).

По данным Б.Д. Абатурова с соавторами, для лошадей, отличающихся заднекишечным типом пищеварения, питание почти во все сезоны года ограничивается преимущественно злаками, доля участия которых в питании >80 % [14]. Разнотравье, за небольшим исключением, практически неощутимо в их питании. В связи с этим злаки, составляющие

основу запасов надземной фитомассы рассматриваемого сообщества, в наибольшей степени будут испытывать влияние со стороны интродуцируемого вида лошадей. Учитывая неустойчивость перистых ковылей к выпасу, это может привести к коренной перестройке растительного сообщества, не восстановившегося от ранее оказываемого воздействия. Характерным результатом выпаса на определенной территории одного вида копытных с ограниченными пищевыми предпочтениями является угнетение и даже утрата на пастбищах наиболее поедаемых видов растений, что ведет к господству менее поедаемых, низкопитательных и даже ядовитых растений, как следствие, резко снижает кормовое качество пастбищ и кардинально меняет видовой состав растительного покрова [14].

Таблица 1 – Интенсивность продукционно-деструкционных процессов надземной фитомассы, в г/м²

Сезон	2015				2016			
	ΔL	ΔD	ΔG	ΔM	ΔL	ΔD	ΔG	ΔM
май-июнь	8,13	18,33	78,97	0,00	9,73	114,93	221,23	0,00
июнь-июль	60,18	10,18	0,00	50,31	53,93	35,73	2,17	0,00
июль-август	0,00	83,80	99,38	7,93	0,00	52,40	46,41	44,93
август-сентябрь					40,88	49,21	0,00	51,75
ANP/ΣΔM			263,25	58,25			351,08	96,68

Сравнивая суточные потребности лошади Пржевальского в корме по сезонам года и сезонную динамику фитомассы растительного сообщества, стоит отметить, что периоды накопления фитомассы соответствуют увеличению потребности в ней животных. Максимальную сухую массу корма лошади Пржевальского потребляют в летне-осеннее время и значительно меньше в зимне-весеннее (апрель), что отражает характерную для крупных растительноядных млекопитающих умеренных широт зимнюю гипофагию [14]. Запасы фитомассы злаков и общие запасы фитомассы максимальны в летне-осеннее время, а минимальны весной.

Считается, что копытные животные способны влиять на запасы подстилки в растительных сообществах, уменьшая их. В нашем случае идет поступательное нарастание подстилки в фитоценозе. Это связано с его послепожарным прошлым. Именно в выгоревших растительных сообществах подстилка накапливается, из года в год увеличиваясь, тогда как в негоревших ее количество изменяется с изменением условий среды [15]. В связи с этим уменьшение подстилки при выпасе в выгоревших фитоценозах может существенно замедлять процесс их восстановления после пожара.

Вопросы сохранения и охраны. К настоящему времени разработан целый ряд подходов к оценке природоохранного статуса растительных сообществ. Основоположителем теоретических разработок в этом направлении является Е.М. Лавренко [16], который считал, что наличие редких видов, особенно в статусе доминантов и содоминантов, служит одним из критериев охраны сообществ, указывал на необходимость охраны и характерных для региона сообществ, и фитоценозов, находящихся на границе своих ареалов. Разными авторами в качестве критериев редкости указываются также следующие: распространение местообитаний, к которым приурочены сообщества, то есть их экологическая амплитуда, редкость ценозообразователя, участие прочих редких видов в ценофлоре, сокращение площади, способность к восстановлению, естественность, устойчивость к антропогенному воздействию [17].

По многим из перечисленных критериев фитоценозы перистоковыльной формации могут рассматриваться как заслуживающие охраны. Так, доминант и эдификатор фитоценозов перистоковыльной формации – *Stipa pennata* – в пределах Оренбургской области относится к категории уязвимых видов, хотя из списка видов Красной книги РФ он исключен в 2023 году. В составе фитоценозов этой формации участвуют виды растений, занесенные в региональную

Красную книгу [18]. В описанных нами растительных сообществах на территории заповедных участков Южного Предуралья, на всех площадках в «Предуральской степи» встречался *Helichrysum arenarium* (L.) Moench., на двух – *Iris pumila* L. и *Stipa zalesskii* Wilensky., причем последний в статусе содоминанта. В «Буртинской степи» из видов Красной книги в перистоковыльной степи отмечен *Fritillaria ruthenica* Wikstr.

Экологическая амплитуда фитоценозов перистоковыльной формации в степной зоне ограничивается механическим составом почв. Встречаясь в разных условиях рельефа, они приурочены к легким почвам. Как и любые степные сообщества, занимающие в зональных условиях в характерных для них местообитаниях значительные пространства, перистоковыльные степи в Южном Предуралье сильно пострадали от антропогенного воздействия в результате распашки и перевыпаса и продолжают находиться под угрозой, нередко страдая при нефте- и газодобыче. При этом влияние на степи исследуемой формации редко бывает локальным, приводя к значительному сокращению площадей естественных фитоценозов. Как в долине р. Самары, так и в долине р. Илек нередко крупные залежные массивы на песчаных почвах. В долине Илека характерны также сильнообитые (местами до состояния развеваемых песков) участки. Известно, что перистые ковыли одними из первых выпадают из травостоя при усилении выпаса. Обладая низкой устойчивостью к антропогенному воздействию, перистоковыльные степи имеют высокий потенциал к восстановлению, увеличивая конкурентоспособность за счет специфичности осваиваемых местообитаний. Однако длительность восстановительных процессов может быть довольно высокой, особенно при дополнительном воздействии выпаса интродуцированных копытных.

Среди рассматриваемых нами фитоценозов заповедных участков Южного Предуралья, как показано выше, наиболее близок к естественным, встречающийся в «Буртинской степи». Перистоковыльные степи, описанные нами в «Предуральской степи», – это нарушенные сообщества (залежи, перевыпас), имеющие хорошие перспективы восстановления до состояния близкого к естественному.

Таким образом, роль заповедных участков в охране перистоковыльных сообществ невелика. В то же время они сохраняются на территории некоторых региональных памятников природы. Однако контроль за состоянием ООПТ этого типа и охрана встречающихся там редких компонентов растительного покрова значительно менее надежна, чем в условиях заповедников.

Выводы

По таким критериям, как редкость ценозообразователя, участие прочих редких видов в ценофлоре, экологическая амплитуда, сокращение площади, способность к восстановлению, перистоковыльные степи могут быть отнесены к нуждающимся в охране. В то же время роль заповедных участков Южного Предуралья в их сохранении невелика. Здесь они не широко распространены, а в «Предуральской степи», кроме того, значительно пострадали от антропогенного воздействия (распашка, выпас, пожары) в дозаповедный период. Значительно большие площади перистоковыльные степи занимают за пределами заповедных кластеров, где также повсеместно распахивались и подвергались перевыпасу.

Негативные изменения антропогенно нарушенных перистоковыльных сообществ участка «Предуральская степь» указывают на уязвимость и неспособность к быстрому восстановлению этих фитоценозов, в особенности на песчаных почвах. Растительные сообщества характеризуются присутствием сорных видов во всех описанных фитоценозах, значительной фитоценотической ролью *Poa bulbosa* как показателя перевыпаса в прошлом. Длительность восстановления степей до состояния, близкого к естественному, определяется также присутствием *Agropyron pectinatum* на распахивавшихся участках. Этот вид с трудом выпадает из состава растительных сообществ и уступает место доминантам из числа степных дерновинных злаков. В остальном различия в составе перистоковыльных сообществ двух заповедных участков связаны с разницей в местообитаниях фитоценозов, отличающихся в «Буртинской степи» большей влагообеспеченностью.

Одним из факторов, влияющих на растительный покров в «Предуральской степи», является жизнедеятельность интродуцированной на заповедный участок лошади Пржевальского. Анализ сезонной динамики перистоковыльных фитоценозов показал, что характерные пики увеличения фитомассы совпадают с сезонной потребностью животных в увеличении ее потребления. В то же время такой компонент фитомассы, как подстилка, находится на стадии интенсивного восстановления после пожара. Уменьшение ее количества при выпасе может существенно замедлить этот процесс, тем самым повлияв на восстановление фитоценоза в целом за счет неадекватного выполнения подстилкой регулирующей напочвенный микроклимат функции и нарушения процессов ее минерализации.

Активное использование фитоценозов формации *Stipeta pennatae* в «Предуральской степи» в качестве кормовых участков может привести к укреплению роли *Poa bulbosa* и сорных видов в составе фитоценозов. Кормовая избирательность лошади Пржевальского, предпочитающей злаки, особенно ковыли и типчак, является фактором риска преобразования степных растительных сообществ в сторону усиления роли непоедаемых видов. Учитывая неустойчивость перистых ковылей к воздействию выпаса и текущее антропогенно измененное состояние фитоценозов, влияние животных на рассматриваемые фитоценозы будет иметь более глубокие и долгосрочные последствия.

Выведение подобных участков из пастбищеоборота лошади Пржевальского на участке «Предуральская степь» можно рассматривать как основной способ восстановления сообществ *Stipa pennata* данного участка, одну из мер охраны сообществ и их местообитаний.

В случае активного вмешательства в экосистемы, особенно в рамках реализации проектов по воспроизводству и охране редких видов животных, изучение состава, структуры, динамики различных показателей фитоценозов, оценка их природоохранного статуса должны предшествовать проведению таких проектов, учитываться как при анализе ресурсоемкости территории для сохраняемого вида животного, так и при оценке устойчивости фитоценозов к воздействию нового компонента экосистем. При необходимости, на основе данных о формационном разнообразии, закономерностях распределения и особенностях динамики фитоценозов, должно проводиться зонирование территории ООПТ, планирование туристических маршрутов.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме № ГР АААА-А21-121011190016-1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем».

Список литературы

1. Базилевич Н.И., Титлянова А.А., Смирнов В.В., Родин Л.Е., Нечаева Н.Т., Левин Ф.И. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. 184 с.
2. Летопись природы. Кн. 24. 2015-2016 фенологический год. Оренбург, 2017. 246 с. / Оренбургский государственный природный заповедник. URL: https://orenzap.ru/sites/default/files/Летопись%20природы_книга%2024_2015-2016_Заповедники%20Оренбуржья.pdf (дата обращения: 20.10.2024).
3. Летопись природы. Кн. 25. 2016-2017 фенологический год. Оренбург, 2018. 210 с. / Оренбургский государственный природный заповедник. URL: https://orenzap.ru/sites/default/files/Летопись%20природы_книга%2025_2016-2017_Заповедник%20Оренбургский.pdf (дата обращения: 20.10.2024).
4. Ганнибал Б.К. Относительные эколого-фитоценотические позиции ковылей *Stipa pennata* L. и *Stipa tirsia* Stev. в сообществах Ямской степи (Белгородская область) // Растительность России. 2011. № 19. С. 29-54. DOI: 10.31111/vegrus/2011.19.29.

5. Сафронова И.Н. О зональных типах и зонально-экологических вариантах степной растительности в Европейской России // Вопросы степеведения. 2011. № 9. С. 141-143.
6. Онтогенетический атлас лекарственных растений: учебное пособие / Отв. ред. Л.А. Жукова. Йошкар-Ола: МаРГУ, 2013. Т. 7. 364 с. ISBN 978-5-94808-793-1.
7. Рожанец-Кучеровская С.Е. Очерк растительности Оренбургской губернии. Оренбург: 5-я Гостип. Полиграфтреста, 1926. 16 с.
8. Янишевский Д.Э. Материалы для флоры Бузулукского уезда Самарской губернии // Тр. общества естествоиспытателей при Императорском Казанском ун-те. 1898. Т. 32. № 2. 55 с.
9. Спрыгин И.И. Годовой отчет по управлению Средне-Волжского государственного заповедника на 1929-1930 г. // Природа и социалистическое хозяйство. 1931. Т. 4. № 1-3. С. 28-35.
10. Крашенинников И.М., Кучеровская-Рожанец С.Е. Природные ресурсы Башкирской АССР. Т. I. Растительность Башкирской АССР. М.; Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1941. 153 с.
11. 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.
12. Kalmykova O.G., Dusaeva G.Kh., Maksutova N.V. Early Postfire Vegetation Dynamics of Shrub-steppe Communities (On the example of Burtinskaya Shrub-steppe of Orenburg Nature Reserve) // KnE Life Sciences. 2019. Vol. 4 (14). P. 946-955. DOI: 10.18502/cls.v4i14.5693.
13. Леушкина О.В. Вегетация ковыля перистого *Stipa pennata* L. в окрестностях с. Симкино Большеберезниковского района Республики Мордовия // Студенческий научный форум: Материалы V Междунар. студенческой науч. конф. Саранск, 2013. URL: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013002989?ysclid=mio773mrfd536050826> (дата обращения: 10.10.2024).
14. Абатуров Б.Д., Джапова Р.Р., Казьмин В.Д., Аюшева Е.Ч., Джапова В.В. Сравнительные особенности питания лошади Пржевальского *Equus przewalskii*, двугорбого верблюда *Camelus bactrianus* и сайгака *Saiga tatarica* на степном изолированном пастбище // Известия РАН. Серия биологическая. 2019. № 6. С. 625-639. DOI: 10.1134/S0002332919060031/.
15. Dusaeva G.Kh., Kalmykova O.G., Dusaeva N.V. Fire influence on dynamics of above-ground phytomass in steppe plant communities in the Burtinskaya steppe (Orenburg state nature reserve, Russia) // Nature Conservation Research. 2019. Vol. 4. (Supp.1). P. 78-92. DOI: 10.24189/ncr.2019.050.
16. Лавренко Е.М. Об охране биологических объектов в СССР // Вопросы охраны биологических объектов. Л., 1971. С. 6-13.
17. Лысенко Т.М. Проблема охраны растительных сообществ // Экологический сборник 6: Труды молодых ученых Поволжья. Международная молодежная научная конференция. Тольятти, 2017. С. XVII-XXI.
18. Красная книга Оренбургской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов: офиц. изд. / Министерство природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области, Оренбургский государственный педагогический университет, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук. Воронеж: ООО «МИР», 2019. 488 с.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 24.06.2025
Принята к публикации 12.12.2025

COMMUNITIES OF THE STIPETA PENNATAE FORMATION IN PROTECTED AREAS OF THE SOUTHERN CIS-URALS

O. Kalmykova, *N. Dusaeva, G. Dusaeva

Institute of the Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg
e-mail: *Maksutova1@mail.ru

The article describes the distribution, composition and dynamics of aboveground phytomass in phytocenoses pertaining to the Stipeta pennata formation, found in specially protected natural reserved areas in the Southern Cis-Urals. These areas include the Burtinskaya Steppe and Preduralskaya Steppe sites of the Orenburgsky Reserve. It substantiates the need to protect the plant communities of this formation according to existing criteria and approaches for assessing the conservation status of phytocenoses. The article discusses the role of protected clusters in preserving the feather grass steppes and the issues with their conservation on these areas.

Key words: feather grass steppes, nature reserve, Burtinskaya Steppe Site, Preduralskaya Steppe Site, protection of phytocenoses, dynamics of aboveground phytomass.

References

1. Bazilevich N.I., Titlyanova A.A., Smirnov V.V., Rodin L.E., Nechaeva N.T., Levin F.I. Metody izucheniya biologicheskogo krugovorota v razlichnykh prirodnnykh zonakh. M.: Mysl', 1978. 184 s.
2. Letopis prirody. Kn. 24. 2015-2016 fenologicheskii god. Orenburg. 2017. 246 s. Orenburgskiy gosudarstvennyy prirodnyy zapovednik. URL: https://orenzap.ru/sites/default/files/Летопись%20природы_книга%2024_2015-2016_Заповедники%20Оренбуржья.pdf (data obrashcheniya: 20.10.2024).
3. Letopis prirody. Kn. 25. 2016-2017 fenologicheskii god. Orenburg. 2018. 210 s. Orenburgskiy gosudarstvennyy prirodnyy zapovednik. URL: https://orenzap.ru/sites/default/files/Летопись%20природы_книга%2025_2016-2017_Заповедник%20Оренбургский.pdf (data obrashcheniya: 20.10.2024).
4. Gannibal B.K. Otnositel'nye ekologo-fitotsenoticheskie pozitsii kovylei Stipa pennata L. i Stipa tirsia Stev. v soobshchestvakh Yamskoi stepi (Belgorodskaya oblast'). Rastitel'nost' Rossii. 2011. N 19. S. 29-54. DOI: 10.31111/vegrus/2011.19.29.
5. Safronova I.N. O zonal'nykh tipakh i zonal'no-ekologicheskikh variantakh stepnoi rastitel'nosti v Evropeiskoi Rossii. Voprosy stepovedeniya. 2011. N 9. S. 141-143.
6. Ontogeneticheskii atlas lekarstvennykh rastenii: uchebnoe posobie. Otv. red. L.A. Zhukova. Ioshkar-Ola: MaRGU, 2013. T. 7. 364 s. ISBN 978-5-94808-793-1.
7. Rozhanets-Kucherovskaya S.E. Ocherk rastitel'nosti Orenburgskoi gubernii. Orenburg: 5-ya Gostip. Poligrafrest, 1926. 16 s.
8. Yanishevskii D.E. Materialy dlya flory Buzuluskogo uезда Samarskoi gubernii. Tr. obshchestva estestvoispytatelei pri Imperatorskom Kazanskom un-te. 1898. T. 32. N 2. 55 s.
9. Sprygin I.I. Godovoi otchet po upravleniyu Sredne-Volzhskogo gosudarstvennogo zapovednika na 1929-1930 g. Priroda i sotsialisticheskoe khozyaistvo. 1931. T. 4. N 1-3. S. 28-35.
10. Krashenninnikov I.M., Kucherovskaya-Rozhanets S.E. Prirodnye resursy Bashkirskoi ASSR. T. I. Rastitel'nost' Bashkirskoi ASSR. M.; L.: Izd-vo Akad. nauk SSSR, 1941. 153 s.
11. Safronova I.N., Kalmykova O.G. Voprosy zonal'nosti i rol' zapovednikov v ikh reshenii. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. 2012. T. 14. N 1 (6). S. 1638-1641.
12. Kalmykova O.G., Dusaeva G.Kh., Maksutova N.V. Early Postfire Vegetation Dynamics of Shrub-steppe Communities (On the example of Burtinskaya Shrub-steppe of Orenburg Nature Reserve). KnE Life Sciences. 2019. Vol. 4 (14). P. 946-955. DOI: 10.18502/cls.v4i14.5693.
13. Leushkina O.V. Vegetatsiya kovyla peristogo Stipa pennata L. v okrestnostyakh s. Simkino Bol'shebereznykovskogo raiona Respubliki Mordoviya. Studencheskii nauchnyi forum:

Materialy V Mezhdunar. studencheskoi nauch. konf. Saransk, 2013. URL: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013002989?ysclid=mio773mrfd536050826> (data obrashcheniya: 10.10.2024).

14. Abaturov B.D., Dzhapova R.R., Kaz'min V.D., Ayusheva E.Ch., Dzhapova V.V. Sravnitel'nye osobennosti pitaniya loshadi Przheval'skogo Equus przewalskii, dvugorbogo verblyuda Camelus bactrianus i saigaka Saiga tatarica na stepnom izolirovannom pastbishche. Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya. 2019. N 6. S. 625-639. DOI: 10.1134/S0002332919060031/

15. Dusaeva G.Kh., Kalmykova O.G., Dusaeva N.V. Fire influence on dynamics of above-ground phytomass in steppe plant communities in the Burtinskaya steppe (Orenburg state nature reserve, Russia). Nature Conservation Research. 2019. Vol. 4. (Suppl.1). P. 78-92. DOI: 10.24189/ncr.2019.050.

16. Lavrenko E.M. Ob okhrane biologicheskikh ob'ektov v SSSR. Voprosy okhrany biologicheskikh ob'ektov. L., 1971. S. 6-13.

17. Lysenko T.M. Problema okhrany rastitel'nykh soobshchestv. Ekologicheskii sbornik 6: Trudy molodykh uchenykh Povolzh'ya. Mezhdunarodnaya molodezhnaya nauchnaya konferentsiya. Tol'yatti, 2017. S. XVII-XXI.

18. Krasnaya kniga Orenburgskoi oblasti: Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoi ischeznoveniya vidy zhivotnykh, rastenii i gribov: ofits. izd. Ministerstvo prirodnikh resursov, ekologii i imushchestvennykh otnoshenii Orenburgskoi oblasti, Orenburgskii gosudarstvennyi pedagogicheskii universitet, Institut stepi Ural'skogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk. Voronezh: OOO "MIR", 2019. 488 s.

Сведения об авторах:

Калмыкова Ольга Геннадьевна

К.б.н., старший научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук
ORCID 0000-0001-5743-5054

Kalmykova Olga

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Department of Landscape Ecology, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Дусаева Нейля Вакильевна

Младший научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук
ORCID 0000-0002-7224-1255

Dusaeva Neilya

Junior Research, Department of Landscape Ecology, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Дусаева Гульнара Хусаиновна

К.б.н., научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук
ORCID 0000-0002-7333-6416

Dusaeva Gulnara

Candidate of Biological Sciences, Researcher, Department of Landscape Ecology, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Калмыкова О.Г., Дусаева Н.В., Дусаева Г.Х. Степи формации *Stipeta pennatae* на заповедных участках Южного Предуралья // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 93-104. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-93-104

НЕКОТОРЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БУЗУЛУКСКИЙ БОР» И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ РЕГИОНА

П.В. Дебело, А.А. Латыпов, Д.В. Федоренко

ФГБУ Национальный парк «Бузулукский бор», Россия, Оренбургская область,
Бузулукский район, пос. Колтубановский
e-mail: info@npbuzbor.ru

Специфика и тренды динамики экосистем Национального парка «Бузулукский бор» определяются комплексом климатических факторов региона. Их важнейшей особенностью является многолетняя цикличность изменения основных показателей. Анализ материалов метеорологической станции (МС) «Боровое лесничество» с 1905 по 2024 г. позволил выделить 7 периодов общей продолжительностью 57 лет с пониженным количеством осадков и столько же периодов продолжительностью 63 года с их повышенным количеством. Отмеченный тренд увеличения количества влажных лет наблюдается со второй половины прошлого столетия. Изменение количества осадков сказывается на обводненности территории и состоянии ее экосистем, в которых при засухе резко изменяется состав ихтиофауны, амфибий, водоплавающих и околоводных птиц (исчезало не менее 15, резко сокращалась численность около 30 видов) и полуводных млекопитающих. Существенно перестраивалась в засушливые годы и структура дендрофильного орнитокомплекса – в разных сообществах исчезало 26 и появлялось 22 новых вида, изменялась также численность ряда других представителей.

Существенно изменялось в различные периоды и состояние гидрологической сети региона, которая сейчас представляет собой сложный комплекс русел рек, их стариц и озерно-болотных систем, в зависимости от наполнения которых в регионе выделяются зоны избыточного, оптимального и недостаточного увлажнения. Эти данные необходимо учитывать при разработке планов лесокультурных мероприятий, направленных на сохранение и поддержание экосистем бора на благоприятном уровне.

Ключевые слова: Бузулукский бор, климат, обводненность территории, фаунистические комплексы, гидрологическая сеть, зоны увлажнения.

Введение

Уникальный природный феномен степного Заволжья – Бузулукский бор – уже около 250 лет привлекает внимание исследователей. Вместе с тем, регулярное инструментальное изучение различных климатических факторов было начато лишь в 1903 г. В последующие годы изучение динамики важнейших параметров и их влияния на лесные культуры проводилось многими специалистами, но в интересующем нас «ключе» по 1946 г. они были обработаны лишь В.И. Рутковским [1], который показал наличие резко выраженной зависимости состояния экосистем региона от климатических и гидрологических факторов и выделил в их динамике ряд трех-семилетних согласованных циклов. Позднее материалы МС «Бузулукский бор» по 2005 г. проанализировал А.И. Климентьев [2], который в динамике температуры и количества осадков выделил 12 метеоролого-фенологических периодов, выявил наличие положительного тренда осадков и гидротермического коэффициента (ГТК), свидетельствующих об относительно благоприятных условиях функционирования экосистем бора во второй половине XX в. Аналогичный подход применен нами при обработке данных МС «Бузулукский бор» за последующие два десятилетия, обобщены известные литературные и ведомственные материалы по динамике фаунистических комплексов региона и современному состоянию его гидросети, что позволит уточнить характер и закономерности

происходящих изменений и может послужить основой для разработки стратегии охраны экосистем региона.

Материалы и методы

В работе рассматривается влияние климата и состояния гидрологической сети на фаунистические комплексы региона, включающего в основном лесной массив Бузулукский бор, и пойму р. Самары. Существование и специфика всех его наземных экосистем определяются в основном температурой, влажностью и их соотношением, совокупное воздействие которых определило формирование на его территории континентальных климатических условий умеренных широт [3]. Вместе с тем, термическое воздействие подстилающей поверхности открытых сопредельных пространств, определяющее высокую испаряемость, дефицит влаги и иссушение воздуха, приближают климат региона к резко континентальному степному типу, хотя по количеству выпадающих осадков он сближается с более мягким климатом лесостепи. Другой характерной особенностью климатических условий региона является повышенная динамичность температуры и осадков, определяющих колебания ряда других показателей и в совокупности оказывающих существенное влияние на биоту региона. Накопленные к настоящему времени материалы (наиболее полные за первую половину прошлого столетия и преимущественно фрагментарные за его вторую половину) позволяют проследить ее изменения за исследуемый период времени и, с известной долей вероятности, спрогнозировать ее дальнейшее развитие после наполнения водоемов в 2024 г., по крайней мере, в течение нескольких ближайших лет.

Сведения об изменении среднегодовой температуры и количества осадков региона приводятся по данным МС «Бузулукский бор»: за 1903-1946 гг. по В.И. Рутковскому [1], за 1905-2004 гг. по А.И. Климентьеву [2], а за 2005-2024 гг. предоставлены начальником отдела науки и экологического мониторинга ФГБУ Национальный парк «Бузулукский бор» Л.В. Камышовой. Динамика этих показателей сравнена со статистически обработанными Е.В. Барбазюком и П.В. Вельмовским [4] материалами МС г. Бузулука. Изменение состояния основных экосистем региона и видового состава населяющих их обитателей с конца XIX столетия прослеживается по данным А.Н. Карамзина [5], за 1926-1941 г. – П.А. Положенцева [6] и Е.П. Кнорре [7], середину прошлого столетия – Я.Н. Даркшевича [8, 9], а за первые десятилетия XXI в. по работам А.А. Чибилева [3], Е.С. Преображенской, О.А. Стопаловой [10, 11], Е.В. Барбазюка, П.В. Вельмовского [4] и личным наблюдениям авторов. В связи с тем, что количественные данные по большинству видов фауны, как правило, отсутствуют, нами, вслед за Е.П. Кнорре [7] и Я.Н. Даркшевичем [9], применялась качественная оценка состояния фаунистических комплексов. При анализе динамики состояния гидросети региона за основу взята карта водоемов бора, составленная Я.Н. Даркшевичем в 1979 г. (копия), сведения которой впоследствии частично были уточнены по материалам лесоустройства 2013 г., а последующие изменения авторами визуально определялись на протяжении всего времени функционирования Национального парка. По этим материалам впервые составлен перечень наиболее значимых озер-старичь пойм рр. Самары, Боровки (включающий около 100 и 20 наименований соответственно) и основных озерно-болотных систем, уровень которых является важнейшим фактором, определяющим состояние экосистем региона, его биоразнообразие и особенности их динамики.

Результаты и обсуждение

Особенности климата региона хорошо проявляются в значительной амплитуде абсолютных летних и зимних температур, достигающей 98°C (lim +48 и -50), существенной среднемесячной амплитуде июля и января, достигающей 51,1°C (lim +26,0 и -25,1) и небольшой среднегодовой температуре, составляющей 3,6°C (1,1-5,9) [2]. Вместе с тем, если в 1905-1915 гг. среднегодовая температура составляла 1,14-4,70, то в 2005-2015 гг. 2,43-6,52 соответственно, т.е. она повысилась на 1,29-1,82, при стандартной ошибке не более 0,24°C [12].

Однако это происходило в основном за счет повышения температуры зимних месяцев, что проявлялось уже в начале прошлого столетия. Так, если за первые 15 лет наблюдений превышение отмечено только один раз, то за последующие 21 год оно проявлялось 7 раз [1]. Среднегодовое количество осадков здесь в среднем составляет 527,3 (lim 322-856) мм, из которых зимой в среднем выпадало 100,9, весной – 99,5, летом – 143,7 и осенью 134, 2 мм [2, 3]. Характерной особенностью региона является цикличность изменения этих показателей. В целом за прошедший отрезок времени здесь выявлено 7 периодов общей продолжительностью 57 лет с пониженным количеством осадков и столько же периодов продолжительностью 63 года с их повышенным количеством, что особенно заметно стало со второй половины XX в. [2]. Наличие в течение исследуемого периода статистически значимых восходящих трендов по среднегодовой температуре (увеличилась на 2°C) и осадкам (возросло почти на 100 мм) подтверждается и данными МС г. Бузулука [4].

Материалы МС «Боровое лесничество» с 1903 по 2024 г. [1, 2] показывают наличие в бору следующей периодичности в изменении важнейших климатических элементов и, как следствие, состояния его экосистем и фаунистических комплексов;

- 1903-1912 годы – с температурой лишь незначительно (на 0,3°C) превышающей среднюю многолетнюю и количеством осадков ниже среднего многолетнего уровня (за исключением 1909 г.). Однако, учитывая повышенное обводнение территории в конце XIX столетия, экологическая обстановка этого времени оказалась сравнительно благополучной, что определило, как свидетельствовали наблюдения А.Н. Карамзина [5], обилие водоплавающих и околоводных птиц (поганки, утки, лысухи, чайки);

- 1913-1919 гг. – с пониженной (на 1,2°C) средней многолетней величиной температуры и существенным (в 1918 г. на 141 мм) превышением осадков, что способствовало сохранению благоприятного уровня обводнения территории, определивших оптимальное состояние экосистем бора за всю первую половину прошлого столетия. В совокупности это способствовало сохранению всего комплекса населяющих водоемы и околоводные пространства видов;

- 1920-1925 гг. – с преобладанием высокой температуры (превышение составило 0,8°C) и существенным (в среднем на 67, а в 1920 г. на 195 мм) недостатком осадков. Однако, если в начале периода недостаток осадков в определенной степени был сглажен благоприятными условиями предшествующих влажных лет, то в последующие годы он привел к формированию экстремальных условий, повлекших пересыхание большинства и сильное обмеление оставшихся водоемов и, как следствие, исчезновение или резкое сокращение численности целого ряда гидрофильных видов. Вследствие сильной засухи началось усыхание и мезофильных сообществ, сначала находящихся в наименее благоприятных условиях – на вершинах и южных склонах дюн, а впоследствии (в 1924 и 1925 гг.) и на ровных участках. По образному выражению В.И. Рутковского [1], в 1920 и 1921 гг. наблюдался первый, а в 1923-1925 гг. – второй «удар засухи» и формирование экстремальных ситуаций. Следует отметить также, что высокая засуха сопровождалась пожарами, охватившими значительные территории и формированием обширных гарей, ставших своеобразными «стартовыми площадками» формирования степных сообществ в центральной части бора. Среди них, по северным склонам и в междюнных понижениях, сохранились небольшие участки прежних экосистем, ставших своеобразными рефугиями прежних фаунистических комплексов;

- 1926-1929 гг. – с пониженной (в среднем на 0,8°C) температурой и максимальным с начала столетия и в целом за весь период наблюдений (в 1926 г. выпадало 856 мм) количеством осадков, что привело к наполнению всех водоемов, известных еще с 1853 г. – Лебяжье, Светлейшее, Борзяево, Моховое и ряда других [9]. Это существенно сглаживало негативные последствия засухи предыдущего периода и способствовало началу частичного восстановления экосистем бора и расширению распространения видов [6]. Однако уже к концу периода стали заметны негативные последствия недостатка осадков большинства последних лет;

– 1930-1940 гг. – с повышенной температурой (средний показатель превышен на 0,7°C) и пониженным количеством осадков (в 1934 и 1935 гг. их количество составляло только 355 и 344 мм и было близко к абсолютному минимуму). В зиму 1936/1937 гг. мощность снегового покрова достигала только 29 см, хотя в среднем она составляла 64 (max 100) см [3]. Это определило резкое снижение уровня грунтовых вод и развитие длительной затяжной засухи. В эти же годы преобладало антициклональное состояние воздушных масс (усилившееся с конца 1920-х гг.) и, как следствие, почти все остальные метеорологические элементы отклонились в отрицательную сторону. Особенно тяжелыми были 1931, 1933, 1936, 1938 и 1940 гг. В итоге, прекратившееся было в предыдущий период сплошное усыхание, вновь стало оказывать существенное негативное воздействие, а поскольку засуха была почти непрерывной, то и процесс усыхания носил непрерывный характер. В итоге это привело к усыханию большинства водоемов пойм, надпойменных террас и, как следствие, резкому обеднению, прежде всего, комплекса водоплавающих и околоводных видов – лысух, уток, серых журавлей, цапель, чаек и ряда видов куликов. Так, у самой многочисленной ранее лысухи *Fulica atra* Linnaeus, 1758 в 1939 г. была отмечена только одна особь, а в 1940 г. этот вид не отмечался вовсе [3]. В начале 1930-х гг. наблюдался также массовый исход болотных черепах *Emys orbicularis* Linnaeus, 1758 из пересыхающих водоемов высокой части бора к уцелевшим, расположенным преимущественно в пойме р. Боровки. С усыханием водоемов в них исчезали жерех *Aspius aspius* Linnaeus, 1758 и лещ *Abramis brama* Linnaeus, 1758, которые лет 10 назад были самыми обычными обитателями крупных озер, редкими становились сом *Silurus glanis* Linnaeus, 1758, налим *Lota lota* Linnaeus, 1758, волжский подуст *Chondrostoma variable* Jacwin, 1870, уменьшилась численность щуки *Esox lucius* Linnaeus, 1758, голавля *Leuciscus cephalus* Linnaeus, 1758 и мелкой бели, снизилась продуктивность линя *Tinca tinca* Linnaeus, 1758 и карасей. В эти же годы усилилось усыхание дубрав, а на горях сформировался сплошной покров из ковылей, ряда других ксерофилов, и растительность приобрела степной облик. С остепнением гарей в центральной части бора появились новые нехарактерные виды и сложились фаунистические комплексы, в составе которых отмечались дрофа *Otis tarda* Linnaeus, 1758, стрепет *Tetrax tetrax* Linnaeus, 1758, степной лунь *Circus macrourus* Gmelin, 1771, каменка *Oenanthe oenanthe* Linnaeus, 1758, а также рыжеватый суслик *Spermophilus major* Pallas, 1770, слепушонка *Ellobius talpinus* Pallas, 1770, степная пеструшка *Lagurus lagurus* Pallas, 1773. В бору резко сократилась численность белки *Sciurus vulgaris* Linnaeus, 1758, вызванная снижением урожайности сосновых шишек, ухудшение кормовых условий негативно сказалось на состоянии рождавшегося молодняка лося *Alces alces* Linnaeus, 1758 [8, 9];

– 1941-1950 гг. – с несущественным отклонением показателя температуры от средней многолетней величины. Кроме того, начало этого периода ознаменовалось выпадением значительного количества осадков (второй максимум с начала века). Специальное обследование, проведенное в 1944 г., показало, что в этом году в бору было не меньше водоемов, чем в 1853 г. С возрождением водоемов на них вернулся ряд исчезающих видов (лысуха), увеличилась численность уток, чему в значительной мере способствовало создание искусственных прудов, ставших местом концентрации ряда пролетных видов [8]. Вместе с тем, существенное влияние это оказало преимущественно на состояние экосистем поймы, первой и прилегающей части второй надпойменной террас. На экосистемы высокой части бора это сказалось в меньшей степени, где общего существенного улучшения состояния экосистем не могло произойти, хотя интенсивность усыхания несколько уменьшилась;

– 1951-1955 гг. – были сухими (с заметно усилившимся трендом температуры) и с меньшим количеством осадков на протяжении большей части периода. В итоге усилилось усыхание дубрав, охватившее обширные пространства, причем не только в бору, но и на пространствах всей Восточной Европы [2];

– 1956-1965 гг. – с близкой к среднему многолетнему показателю температуры и существенным (на 258 мм) превышением многолетнего уровня количества осадков, определивших резкое (до 1,8) повышение величины гидротермического коэффициента во

время вегетационного периода. В итоге для экосистемы бора сложились довольно благоприятные (почти за всю вековую историю) условия;

– 1966-1976 гг. – с повышенной (в отдельные годы на 2,1°C) температурой и почти на протяжении всего периода количеством осадков ниже средней многолетней величины. В эти годы исчезли наполнявшиеся было озера Лебяжье, Светлейшее, ряд других, а обмеление оставшихся существенно сказалось на численности не только всех видов рыб, но также озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771 и водяной крысы *Arvicola terrestris* Linnaeus, 1758. Недостаточное количество осадков привело к сплошному усыханию дубрав и сосны на сотнях (в 1969 г. – 487) гектар, определило резкое ухудшение состояния остальных компонентов экосистемы бора, приведших к сокращению численности ласки *Mustela nivalis* Linnaeus, 1766, горностая *Mustela erminea* Linnaeus, 1758, а также тетерева *Lyrurus tetrix* Linnaeus, 1758, вальдшнепа *Scolapax rusticola* Linnaeus, 1758, вяхиря *Columba palumbus* Linnaeus, 1758, сплюшки *Otus scops* Linnaeus, 1758, серой неясыти *Strix aluco* Linnaeus, 1758, филина *Bubo bubo* Linnaeus, 1758, лазоревки *Parus caeruleus* Linnaeus, 1758, ополовника *Aegithalos caudatus* Linnaeus, 1758 и ряда других, особенно гнездящихся в дуплах видов [13];

– 1977-1990 гг. – с незначительным (в среднем на 0,28°C) превышением многолетнего показателя температуры и повышенным, почти на протяжении всего периода, количеством осадков, причем в отдельные годы достигающим довольно значительной величины (в 1990 г. – 781 мм). Эти факторы, а также значительная (14 лет) продолжительность периода сыграли важную роль в восстановлении экосистемы бора после неблагоприятного предшествующего периода;

– 1991-1996 гг. – со значительным (в среднем на 1,12°C) превышением многолетнего показателя температуры и количеством осадков ниже многолетнего показателя. Это определило высыхание множества водоемов, усыхание древесной растительности и, как следствие, обеднение всего фаунистического комплекса, вступившего в стадию депрессии;

– 1997-2004 гг. – с температурой, близкой к многолетнему среднему значению и существенно повышенным количеством осадков (в 2004 г. до 759 мм). В итоге это способствовало некоторому восстановлению состояния экосистемы бора и снижению уровня депрессии в состоянии ее фаунистического комплекса;

– 2005-2014 гг. – период, на протяжении которого из 10 лет 7 были с количеством осадков ниже среднего многолетнего уровня, и составляло 501,6 мм. Особенно засушливым оказался 2009 г., когда выпадало лишь 344,5 мм, то есть около 2/3 средней нормы. В этом и последующем маловодных годах пересыхали практически все мелководные и сильно мелело большинство остальных озер и стариц, что приводило к гибели или сильному сокращению численности большинства гидрофильных, а также изменению соотношения дендрофильных и ряда других видов. Так, в сосняках центральной части бора после влажного 2011 г. отмечалось 19, а после засушливого 2012 г. лишь 11 (57,9 % исходного состава) видов. Вместе с тем, здесь появились 2 новых представителя. В широколиственных массивах поймы р. Самары из 14 зарегистрированных в 2012 г. видов, в 2013 г. сохранились 9 (64,3 %), хотя появилось 8 новых. В лугах с перелесками в пойме р. Самары из 20 видов (2012 г.) после засухи были отмечены лишь 14 (70,0 %), вместе с тем появилось 7 новых. В полях с перелесками по окраинам бора из 22 видов после влажного периода в 2013 г. сохранилось 15 (68,2 %), хотя появилось 5 новых [10, 11].

Наряду с этим, у некоторых видов также существенно изменялась и численность. Так, после засушливого 2012 г. в сосняках центральной части бора отмечено сокращение численности большого пестрого дятла *Dendrocopos major* Linnaeus, 1758, большой синицы *Parus major* Linnaeus, 1758, пухляка *Parus montanus* Baldenstein, 1827 и поползня *Sitta europaea* Linnaeus, 1758, в то время как она увеличилась у малого пестрого дятла *Dendrocopos minor* Linnaeus, 1758, лазоревки *Parus caeruleus* Linnaeus, 1758 и снегиря *Pyrrhula pyrrhula* Linnaeus, 1758. В широколиственных массивах поймы р. Самары, после влажного года увеличение численности наблюдалось у черного дятла *Dryocopus martius* Linnaeus, 1758 и малого пестрого дятла *Dendrocopos minor* Linnaeus, 1758, снегиря, сойки *Garrulus glandarius* Linnaeus, 1758,

серой вороны *Corvus cornix Linnaeus, 1758* и ворона *Corvus corax Linnaeus, 1758*, а у большого пестрого и белоспинного *Dendrocopos leucotos Bechstein, 1809* дятлов она уменьшилась. В лугах с перелесками по пойме р. Самары после влажного года численность увеличивалась у большого и малого пестрых, а также белоспинного дятлов и чечетки *Acantis cannabina Linnaeus, 1758*, а после засушливого года она уменьшалась у большой синицы, лазоревки, чижа *Spinus spinus Linnaeus, 1758*, сойки и снегиря. В перелесках среди полей после влажного года наблюдалось увеличение численности черного и белоспинного дятлов, сойки, а после засушливого 2012 г. здесь отмечено сокращение количества большого пестрого дятла [10, 11].

– 2015-2024 гг. – с близкой к средней многолетней величине температуры характеризовались повышенным количеством осадков (особенно в первые три года), что определило существенное ослабление депрессии в состоянии экосистемы бора. В 2024 г. этому способствовало также резкое повышение уровня р. Самары, вызванное залповым сбросом воды из Сорочинского водохранилища. Наиболее существенную роль это сыграло в возрождении водоемов пойм рр. Самары и Боровки, а также их первой и второй надпойменных террас и в целом гидрофильного фаунистического комплекса Национального парка.

Таким образом, приведенные материалы свидетельствуют, что видовой состав и структура фаунистических комплексов региона постоянно перестраиваются, и важную роль при этом играют температура и влажность среды.

Отмеченные особенности динамики климатических условий существенным образом сказывались и на гидрологической сети бора, которая представляет собой сложный комплекс русел рек, многочисленных озер-старич, сформировавшихся во время их прежней и современной деятельности, различных запруд, междюнных и котловинных озерно-болотных систем и временных водоемов, состояние которых в основном совпадает с отмеченной выше периодичностью колебания увлажнения территории. Этот комплекс является составной частью бассейна р. Самары, на протяжении 83 км ограничивающей территорию бора с юга в области ее среднего течения. Здесь она протекает по древнему тектоническому разлому, заполненному преимущественно песчаными отложениями, в связи с чем отличается широкой (2-7 км) долиной с многочисленными озерами-старичами, извилистым руслом шириной 20-85 м и преобладающими глубинами 1,2-1,8 м (хотя на отдельных плесах они достигают 4 м). Перепад ее уровня на этом отрезке достигает 11 м, что определяет довольно высокую скорость течения, даже в межень, достигающую 0,3 м/с. Питание реки осуществляется преимущественно за счет талых вод, в связи с чем в створе пос. Елшанка почти 74 % (1142 млн куб. м), а иногда 80,0 % стока проходит в апреле-мае. Средний многолетний расход здесь составляет 48,9, минимальный 3,3 куб. м/с [3, 14, 15].

В ее пойме имеется около 100 сравнительно постоянных озер-старич – не менее 30 в Богатовском, около 40 в Борском и 20 в Бузулукском районах (табл. 1). В большинстве из них глубина достигает 2-3 м, что даже при отсутствии регулярного пополнения во время паводка, на протяжении нескольких лет обеспечивает поддержание уровня до 1,5-2 м и, соответственно, сохранение большинства видов ихтиофауны и амфибий. Более значительные колебания уровня наблюдаются на озерах второй группы, которые порой сильно мелеют (в связи с чем здесь развиваются заморные явления), а озера третьей группы часто пересыхают полностью или от них остаются лишь небольшие плесики, что приводит к гибели их обитателей.

Основной водной артерией центральной части Национального парка является р. Боровка [3], в пределах которого она протянулась на 53,3 км. Ее русло также приурочено к тектоническому нарушению и, в связи со структурой и литологией заполняющих пород, прижато к левому склону. На большей части ее долины берега песчаные, и лишь выше с. Паники (на левом берегу) выделяется каменистый обрыв, сложенный пестроцветными пермскими породами. Ширина долины достигает 2 км, в пределах которых довольно четко выражены низкая и высокая поймы, возвышающиеся над урезом воды на 2-3 и 3-6 м соответственно. На большей части поймы ширина русла не превышает 25-35 м, по ходу которого преобладают глубины 0,2-0,8, реже 1-2 м, хотя на отдельных плесах (в ямах) она

достигает 3-4 м. Вместе с тем, преимущественно песчаный состав руслообразующих пород в многоводные годы приводит к довольно значительным локальным размываниям и аккумуляции наносов, существенно изменяющих форму русла и его рельеф. Наиболее стабильны участки в зонах перекатов (Гремячий, Красная Глинка, Щербаков, 2-й Гремячинский и другие), образуемых выходами плотных глин и песчаников. Они, а также искусственно созданный каменный перекаат у пос. Партизанский, разделяют русло реки на ряд крупных, выше по течению расположенных одноименных плесов, служащих основным местом концентрации ихтиофауны.

Таблица 1 – Состояние водоемов поймы р. Самара (2005-2024 гг.)

Водоемы	Протяженность, км	Годы		
		наполнения	обмеления	пересыхания
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
р. Самара	83,0	постоянно	2008-2010, 2020, 2021	-
Богатовский район				
Озера-старицы				
Вязовое	1,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022-2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Старица	2,0	2006, 2007, 2011-2012, 2024	2008-2010, 2013-2015, 2019-2023	-
Затон	0,8	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2019, 2020-2023	-
Колодное	0,5	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022- 2023	2005, 2008-2010, 2015, 2020-2021
Попова	0,5	2006-2024	-	-
Широкое	1,5	2006, 2007, 2011- 2014, 2016-2018, 2024	2008-2010, 2015, 2019-2021, 2022, 2023	-
Кривое	2,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2014, 2017-2019, 2022, 2023	2005, 2015, 2020-2021
Антоновское	0,9	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2014, 2017-2019, 2022, 2023	2005, 2015, 2020-2021
Старица	2,5	2006-2009, 2011- 2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019- 2023	-
Домовое	3,5	2006-2009, 2011- 2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019- 2023	-
Сазанье	1,2	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2014, 2017-2019, 2022, 2023,	2005, 2015, 2020-2021
Каряжное	1,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2014, 2017-2019, 2022, 2023	2005, 2015, 2020-2021
Старый затон	0,7	2006, 2007, 2011, 2012, 2016, 2017, 2024	2008-2010, 2013- 2015, 2018-2023	-

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Духовское	1,5	2006, 2007, 2011, 2012, 2016, 2017, 2024	2008-2010, 2013-2015, 2018-2023	-
Круглое	0,5	2006, 2007, 2011, 2012, 2016, 2017, 2024	2008-2010, 2013-2015, 2018-2023	-
Земляночное	0,8	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2005, 2015, 2020, 2021
Сосновское	1,5	2006-2009, 2011-2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Троицкий затон	0,7	2006-2009, 2011-2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Песчаное	1,2	2006-2009, 2011-2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Долгий плес	2,0	2006-2009, 2011-2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Нижнее Елховое	1,8	2006-2009, 2011-2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Верхнее Елховое	1,5	2006-2009, 2011-2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Холодные ключи	1,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2005, 2015, 2020, 2021
Большое Гранное	1,0	2006-2009, 2011-2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Пеньковое	0,8	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012-2015, 2017-2023	-
Сызганское	3,0	2006-2009, 2011-2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Жерличное	1,5	2006-2009, 2011-2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Медвежье	1,2	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012-2015, 2017-2023	-
Глубокое	0,8	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2005, 2015, 2020-2021
Старая Самара	15,0	2006, 2007, 2011-2019, 2022-2024	2008-2010, 2020, 2021	-
Вершник	0,5	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012-2014, 2017-2019	2015, 2020, 2021
Стеглянка	1,0	2006-2009, 2011-2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Горячка	0,6	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2014, 2017-2019, 2022, 2023.	2005, 2015, 2020, 2021
Борский район				
Кабанное	0,8	2006, 2007, 2011- 2019, 2022-2024	2008-2010, 2020, 2021	-
Светлое	0,6	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Землянка	0,3	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Горелое	2,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2023	-
Захарка	2,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2023	-
Затон	0,6	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2023	-
Подгорное	1,0	2006-2009, 2011-2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Крутые	1,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012-2014	2015-2023
Полоустное	0,4	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2023	-
Ефремкино	0,8	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2023	-
Щипное	0,4	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2014, 2017-2019, 2022, 2023	2015, 2020- 2021
Елховое	1,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2019, 2022, 2023	-
Теплое	0,5	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Червивки	0,6	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Елховка	1,0	2006-2009, 2011- 2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019- 2023	-
Томашка	1,5	2006-2009, 2011- 2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019- 2023	-
Коновалово	0,5	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Шаляпино	1,3	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2023	-
Домашкино	0,3	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Вшивое	1,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Старостино	1,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Чашка	0,8	2006-2009, 2011- 2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019- 2023	-
Потапово	12,0	2006-2024	-	-
Мирончики	0,5	2006-2009, 2011- 2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Черное	0,4	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Безымянное	0,5	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Песчаное	1,2	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Круглинка	0,5	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Семипесочное	0,4	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Лебяжье	1,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2023	-
Ветельное	0,6	2006-2024	-	-
Затон	0,4	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Курейка	0,3	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Воронцово	0,5	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2023	-
Могильное	1,2	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017- 2023	-
Атаманка	0,3	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2023	-
Боковое	0,4	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017- 2023	-
Подгорное	0,5	2006-2009, 2011- 2014, 2016-2018, 2024	2010, 2015, 2019-2023	-
Трехлапное	1,3	2006-2009, 2011- 2014, 2016-2019,	2010, 2015, 2020, 2021-2023	-
Деминтелеевское	0,4	2006, 2011, 2016, 2023, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022,	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Широкое	0,6	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012- 2015, 2017- 2023	-

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Черепаново	2,7	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Бузулукский район				
Березовое	2,2	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Крутые	2,3	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2008, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2009, 2010, 2015, 2020, 2021
Грязные	1,3	2006, 2007, 2011, 2016, 2017, 2024	2008, 2009, 2012-2014, 2018, 2019, 2022, 2023	2010, 2015, 2020, 2021
Солуяново	0,7	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2010, 2012-2015, 2017-2023	-
Огибное	1,2	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2009, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2010, 2015, 2020, 2021
Курья	0,9	2006, 2011, 2016, 2024.	2007, 2008, 2012, 2013, 2017-2019, 2022, 2023	2009, 2010, 2014, 2015, 2020, 2021
Старая Боровка	6,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2009, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2010, 2015, 2020, 2021
Боровое	0,8	2006, 2007, 2011-2013, 2016, 2017, 2024	2008-2010, 2014, 2015, 2018-2023	-
Гороховая	2,5	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2009, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2010, 2015, 2020, 2021
Водоканал	8,0	2006, 2007, 2011, 2012, 2016, 2017, 2024	2008-2010, 2013-2015, 2018-2023	-
Казачий ерик	4,0	2006, 2007, 2011, 2012, 2016, 2017, 2024	2008-2010, 2013-2015, 2018-2023	-
Дунаев садок	0,5	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Старица	2,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Глубокое	0,8	2006, 2007, 2011, 2012, 2016, 2024	2008-2010, 2013-2015, 2017-2023	-
Сумежное	0,9	2006, 2007, 2011, 2012, 2016, 2024	2008-2010, 2013-2015, 2017-2023	-
Куклинка	0,5	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2015, 2020, 2021
Тухлое	0,8	2006, 2007, 2011, 2012, 2016, 2024	2008-2010, 2013-2015, 2017-2023	-

Питание р. Боровки (как и р. Самары) осуществляется в основном за счет талых вод. Многолетний среднегодовой сток ее составляет 5,71 куб. м/с, минимальный при открытом русле – 0,44, а в зимний период – 0,42 куб. м/с. Определенную роль в подпитке реки играют

ее притоки и грунтовые воды. В итоге, если при входе р. Боровки в пределы бора в летнюю межень (август) расход составляет 3,264 м³/с, то в центральной части уже 4,703, а при выходе из бора – 5,365 м³/с. Особую значимость грунтовые воды имеют в поддержании водного режима пойменных озер-стариц, которых между устьем ручья Черталык и пос. Колтубановский насчитывается около двух десятков (табл. 2). Большинство из них так или иначе сохраняют связь с руслом Боровки, в связи с чем в них почти постоянно поддерживается довольно высокий уровень, и они служат своеобразными рефугиями для большинства видов ихтиофауны и батрахофауны бассейна реки. Кроме того, в пойме и местами на притеррасных участках имеется около 30 более мелких, периодически наполняющихся, различного возраста и степени заболоченности мочажин и впадин. В прошлом по руслу р. Боровки был сооружен ряд мельничных запруд.

Таблица 2 – Состояние водоемов поймы р. Боровки (2005-2024 гг.)

Водоемы	Протяженность, км	Годы		
		наполнения	обмеления	пересыхания
Державинская	1,5	2006-2024	-	-
Черталыкская	1,5	2006-2024	-	-
Зыбулина	1,3	2006-2024	-	-
Опытное	1,0	2011, 2016, 2024	2006, 2007, 2012, 2013, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2014, 2015, 2020, 2021
Продолжение Слезинка	0,5	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012, 2013, 2017-2019, 2022, 2023	2005, 2008-2010, 2014, 2015, 2020, 2021
Мазанка	1,2	2006, 2007, 2011, 2016, 2024	2008, 2009, 2012, 2013, 2018, 2019, 2022, 2023	2010, 2014, 2015, 2020, 2021
Холерные (2)	2,2	2006, 2007, 2011, 2016, 2017, 2024	2008-2010, 2012-2015, 2018-2023	-
Птичье	1,3	2006, 2007, 2011, 2016, 2017, 2024	2008-2010, 2012-2015, 2018-2023	-
Старый пруд	0,5	2006, 2007, 2011, 2016, 2017, 2024	2008, 2009, 2012-2014, 2018-2023	2010, 2015
Золотая	0,4	2006, 2007, 2011, 2016, 2017, 2024	2008, 2009, 2012, 2013, 2018, 2019	2010, 2014, 2015, 2020, 2021
Студенка	0,6	2006, 2007, 2011, 2016, 2017, 2024	2008-2010, 2012-2015, 2018-2023	-
Волчье	0,4	2006, 2011, 2016, 2024	2007, 2012, 2013, 2017-2019	2008-2010, 2014-2015, 2020-2023
Косово	1,2	2006, 2007, 2011, 2016, 2017, 2024	2008, 2009, 2012-2014, 2018-2020, 2022, 2023	2010, 2015, 2021
Горелое	0,5	2011, 2016, 2024	2006, 2007, 2012, 2013, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2014, 2015, 2020, 2021
Кондрашкино	0,8	2011, 2016, 2024	2006, 2007, 2012, 2013, 2017-2019, 2022, 2023	2008-2010, 2014, 2015, 2020, 2021
Песчаное	1,0	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2009, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2010, 2015, 2020, 2021
Леяка	1,8	2006, 2011, 2016, 2024	2007-2009, 2012-2014, 2017-2019, 2022, 2023	2010, 2015, 2020, 2021

В пределах парка р. Боровка принимает ряд притоков, важнейшим из которых является ручей Черталык (l = 26 км). В летний период он представляет собой небольшой водоток шириной 2-4 м и преобладающими глубинами 0,2-0,3 м, хотя на отдельных плесах глубина достигает 0,5-1,2 м. Кроме него, в Боровку справа впадают более мелкие ручьи Ключ, Сусарка, Холодный, Сидоркин и Карачев Муштай, Холерный, Мазанка, а слева – Лебяжий, Студенка и Березовка. По территории бора протекают также небольшие речки Танеевка, Гатная и Колтубань с притоками Елшанка и Индоха. По руслам этих небольших водотоков имеется ряд запруд, в частности в низовьях Карачева и Сидоркина Муштай, Холодного, Сусарки, а также по р. Колтубанке у с. Красная Зорька и Новоскобелевский пруд. Небольшие водозаборные (противопожарные) запруды в прошлом устраивались и на ряде временных водотоков.

Важную роль в жизни экосистем бора играют также озера и болота, сформировавшиеся при подпруживании древних водотоков и в котловинах выдувания, которые сейчас группируются в 8 озерно-болотных систем (табл. 3). На левобережье Боровки известны следующие группы:

- Лебяжинская, включающая периодически наполняемые, довольно крупные подпруженные озера Лебяжье, Кочкарное, 3 небольших безымянных и около 20 мелких, нерегулярно обводняемых впадин. Крупные озера с водой (хотя и сильно обмелевшие) сохранялись до 2006 г., до осени вода в них сохранялась в 2015-2017 гг., а в остальные годы они пересыхали уже к середине лета. В безымянных озерах вода до осени сохранялась лишь в 2011, 2015-2017 гг., а в другие годы они пересыхали уже летом. Небольшие котловины водой наполняются лишь весной и вскоре пересыхают;

- Светлейшая, включающая озера Чистенькое, Светлейшее (Лебяжье), Волчье и несколько небольших в ур. Гатнушка. В озерах сравнительно высокий уровень сохранялся до 2007 г., затем на протяжении 10-12 лет они постепенно мелели, а в последние годы к концу лета пересыхали. Котловина оз. Гатнушка на протяжении большей части последней четверти века наполнялась только весной, а к концу лета пересыхала;

- Елшанская, на междуречье Боровки и Гатнушки, с ур. Оляха. Здесь сравнительно высокий уровень отмечался только в годы с обилием осадков. В последующие годы система сильно мелела, а большую часть других лет вода здесь держится лишь весной.

На правобережье р. Боровки находятся:

- ур. Моховое, с одноименным озером, которое питает ручей Ключ. На протяжении последней четверти века оно не пересыхало;

- ур. Лосиная пристань включает оз. Лебяжье, не менее 30 небольших безымянных озерных котловин и болото Лосиное. Озеро Лебяжье и некоторые другие наиболее многоводными бывают лишь в годы с максимальным количеством осадков. В другие годы большинство из них обводняется нерегулярно и, в связи с этим, в разной степени мелеют, хотя обычно полностью не пересыхают. Болото Лосиное представляет собой типичную, в разной степени зарастающую угнетенным редколесьем сплаvinу с небольшими «оконцами» чистой воды;

- ур. Озерное, включающее около 40 небольших озерков и болот, сохранялось до 2006 г. В последующие годы они наполнялись водой лишь весной и, в зависимости от уровня, с разной скоростью к осени пересыхали;

- ур. Березово-Моховое, с отдельными впадинами протяженностью до 1 км, озеровидный облик принимающими в годы с максимальным количеством осадков. В остальные годы они наполняются лишь частично и вскоре становятся типичными болотами;

- Колтубанская группа с оз. Гнилые караси, периодически заливаемым болотом Побочное и рядом других, более мелких водоемов.

Их отличительной особенностью является «исключительная динамичность»: в многоводные годы болота превращаются в озера, а во время засухи значительная часть их сильно усыхает, постепенно превращаясь в «кочкарники» с небольшими «зеркальцами» воды, а затем в торфяники. По литературным [3, 14] и ведомственным материалам в 1903, 1904, 1914, 1918, 1919, 1925-1930, 1942, 1944, 1945, 1947, 1956, 1957, 1963 и 1964 годах, все нынешние

болота превращались в озера, причем некоторые из них (Светлейшее, Чистенькое) сохранялись на протяжении более двух десятилетий.

Таблица 3 – Состояние озерно-болотных водоемов центральной части Бузулукского бора (2005-2024 гг.)

Водоемы	Площадь, га	Годы		
		наполнения	обмеления	пересыхания
ур. Лебяжинское: оз. Лебяжье оз. Кочкарное 3 безымянные	20,0 30,0 по 0,5-1	- - -	2006 2006 -	2007-2024 2007-2024 2005-2024
ур. Светлейшее: оз. Светлейшее (Лебяжье) оз. Чистенькое оз. Волчье оз. Гатнушка	6,0 1,5 1,0 1,5	2005-2007 2005-2007 2005-2007, 2011, 2016 -	2008-2020 2008-2020 2008-2010, 2012- 2015, 2017-2020 2005, 2006, 2011, 2016, 2017	2021-2024 2021-2024 2021-2024 2007-2010, 2012-2015, 2018-2024
ур. Елшанское: оз. Оляха котловины	2,0 до 1,0	2006, 2011, 2016 -	2007, 2017 2006, 2011	2008-2010, 2012- 2015, 2018-2024 2007-2010, 2012-2024
ур. Моховое	5,6	2005-2024	-	-
ур. Лосиная пристань: оз. Лебяжье болото Лосиное	2,0 11,5	2006, 2011, 2016 -	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2024 -	- 2006-2024
ур. Озерное	-	-	до 2006	2007-2024
ур. Колтубановское: оз. Гнилые караси бол. Побочное	3,5 30,0	2006, 2011, 2016 -	2007, 2012, 2017 -	2008-2010, 2013- 2015, 2018-2024 2006-2024
ур. Березово-моховое: оз. Березовое бол. Моховое	8,5 70	- -	2006, 2011, 2016 2006	2007-2010, 2012- 2015, 2017-2024 2007-2024

Сведения сотрудников Национального парка о состоянии его водоемов свидетельствуют, что после значительного наполнения водоемов в 1995-1996 г. и последующего снижения их уровня (когда значительная часть котловин оказалась на разной стадии обмеления и заболачивания), очередное повышение обводненности территории происходило в 2004-2006 гг.

Последующие годы, когда р. Самара не выходила из берегов, характеризовались падением уровня, который минимального значения достиг в 2010 г. После повышения обводненности в 2011 г., на протяжении трех последующих (2012-2014) лет она сохранялась на среднем уровне, а затем началось постепенное усыхание, продолжавшееся до 2020-2021 гг., когда наблюдался «пик» засухи. В течение двух последующих лет наполнение водоемов находилось на «среднем» уровне, а в 2024 г. достигло максимума (уровень р. Самары превышал среднее значение на 1,5-2 м), хотя вызвано это было залповым сбросом воды из Сорочинского водохранилища.

В динамике обводненности территории бора, его гидрологического режима, а в конечном итоге состояния его экосистем, как отмечалось, значительную роль играет уровень грунтовых вод. В зависимости от глубины их залегания на территории бора выделяют следующие зоны:

- избыточного увлажнения на притеррасных понижениях, где грунтовые воды, выклиниваясь, заполняют озерные и болотные котловины, в пределах которых древесная растительность периодически (через 40-80 лет) вымокает;
- оптимального увлажнения, при глубине залегания до 3-4 м. Она охватывает собственно пойму, первую надпойменную террасу и сопредельные пространства второй террасы. В пойме р. Боровки грунтовые воды залегают на глубине 1,5-3 м, под первой террасой в понижениях на глубине 3-4 м и под дюнами на уровне до 6-7 м. В полосе перехода первой надпойменной террасы во вторую под уступом местами образуются понижения с озерами, старицами и мелкими озеровидными мочажинами. Здесь влияние уровня р. Боровки на режим грунтовых вод сказывается в зоне не выше 4 м над меженью;
- недостаточного увлажнения при глубине залегания грунтовых вод до 6-10 м, включающую большую часть второй надпойменной террасы. Здесь гидрологический режим в значительной степени зависит от количества выпадающих осадков и «внутреннего» рельефа территории [16]. При недостатке осадков на вершинах холмов и их южных склонах (увлажняемых только поверхностными водами) в критические по влажности годы, не имеющие дополнительной «водной дотации», обычно наблюдается значительная гибель культур. На притеррасовых водоразделах режим грунтовых вод определяется количеством и периодичностью выпадающих осадков.

В целом динамика количества выпадающих осадков и уровня грунтовых вод имеет общий характер и, следовательно, подчинена общим закономерностям. В связи с этим при разработке плана лесокультурных мероприятий необходимым условием становится подъем уровня грунтовых вод путем сооружения плотин как на основных, так и на второстепенных водотоках.

Выводы

1. Важнейшей особенностью динамики климатических факторов региона является ее цикличность. По материалам МС «Бузулукский бор» за 1905-2024 гг. здесь выявлено 7 периодов общей продолжительностью 57 лет с пониженным количеством осадков и столько же периодов продолжительностью 63 года с их повышенным количеством, что существенно сказывалось на состоянии его экосистем.
2. Наиболее значительные изменения в течение этого времени наблюдались в составе и численности гидрофильных элементов фауны, в меньшей степени они проявлялись в составе дендрофильных видов.
3. Существенно изменялось в эти годы и состояние гидрологической сети, которая сейчас представляет сложный комплекс русел рек, их стариц (более 120) и озерно-болотных систем, степень наполнения которых оказывает влияние на состояние экосистем парка.

Благодарности

Авторы выражают благодарность всем сотрудникам Национального парка за предоставленные сведения.

Список литературы

1. Рутковский В.И. Бузулукский бор. Влияние динамики климатических и гидрологических условий на лесные культуры. Т. 4. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1950. 144 с.
2. Климентьев А.И. Бузулукский бор: почвы, ландшафты и факторы географической среды. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 402 с.

3. Чибилёв А.А. Природные условия территории Бузулукского бора // Бузулукский бор. Эколого-экономическое обоснование организации Национального парка. Т. 1. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. С. 7-30.
4. Барбазюк Е.В., Вельмовский П.В. Многолетние изменения качественного состава авифауны Бузулукского бора (Оренбургская область) по данным ретроспективных и современных наблюдений // Тр. Зоологического института РАН. 2024. Т. 326. № 4. С. 3-19.
5. Карамзин А.Н. Птицы Бугурусланского и сопредельных с ним частей Бугульминского, Бузулукского уездов Самарской губернии и Белебеевского уезда Уфимской губернии // Материалы к познанию фауны и флоры Российской имп. Отд. зоол. М., 1901. Вып. 5. С. 203-394.
6. Положенцев П.А. К фауне млекопитающих и гадов Бузулукского бора // Материалы по изучению природы Среднего Урала. Самара, 1935. Вып. 1. С. 77-111.
7. Кнорре Е.П. Материалы по орнитофауне Бузулукского заповедника. Качественная инвентаризация птиц и зверей госзаповедника Бузулукский бор. 1928-1941. Папка 21. Листы 31-94 (рукопись).
8. Даркшевич Я.Н. Отчет о работе зоосектора заповедника Бузулукский бор за первое полугодие 1946 г. 8 листов (рукопись).
9. Даркшевич Я.Н. Бузулукский бор. Чкалов: Кн. изд-во, 1953. 88 с.
10. Преображенская Е.С., Стопалова О.А. Результаты зимних учетов птиц России и сопредельных регионов. М., 2012. Вып. 26. 55 с.
11. Преображенская Е.С., Стопалова О.А. Результаты зимних учетов птиц России и сопредельных регионов. М., 2013. Вып. 27. 60 с.
12. Кожакин П.А., Хазиахметов Р.М. Анализ динамики климатических данных на территории НП «Бузулукский бор» // В мире научных открытий. 2018. Т. 10. № 1. С. 30-37.
13. Даркшевич Я.Н. Зеленый монолит // Природа и мы. Челябинск: ЮКИ, 1982. С. 38-50.
14. Даркшевич Я.Н., Кнорре Е.П., Лаченков С.Т. Бузулукский бор. Чкалов: Облгиз, 1940. 58 с.
15. Падалко Ю.А. Анализ регулирования речного стока в бассейне р. Самары // Экологический сборник № 7: Материалы Всерос. молодежной науч. конф. Тольятти: ИЭВБ РАН, Изд-во «Анна», 2019. С. 352-355.
16. Сквалецкий Е.Н., Климентьев А.И., Нестеренко Ю.М. Гидрогеологические особенности Бузулукского бора // Степи Северной Евразии: Материалы IV Междунар. симпозиума. Оренбург: ИС УрО РАН, 2006. С. 662-664.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 14.04.2025
Принята к публикации 12.12.2025

SOME CLIMATIC AND HYDROLOGICAL FEATURES OF THE BUZULUKSKY BOR NATIONAL PARK AND THEIR IMPACT ON THE VERTEBRATES OF THE REGION

P. Debelo, A. Latypov, D. Fedorenko

Buzuluk Pine Forest National Park, Russia, Orenburg region, Buzuluksky district,
village Koltubanovsky
e-mail: info@npbuzbor.ru

The specifics and trends of ecosystem dynamics in the Buzuluk Pine Forest National Park are determined by a complex of climatic factors in the region. Their most important feature is the long-term cyclical nature of changes in key indicators. An analysis of the materials from the Borovoe Forestry Meteorological Station (MS) from 1905 to 2024 has made it possible to identify seven periods with a total duration of 57 years with reduced precipitation, and an equal number of periods with increased precipitation lasting 63 years. The noted trend of increased number of wet years has been observed since the second half of the last century. Changes in precipitation have affected the water availability of the territory and the state of its ecosystems. During drought, the composition of ichthyofauna, amphibians, waterfowl and near-aquatic birds dramatically changed (at least 15 species disappeared, about 30 – sharply decreased). Semi-aquatic mammals populations also experienced changes. During the dry years, the structure of the dendrophilic ornithocomplex was significantly rebuilt – 26 species disappeared and 22 new species appeared in different communities, and the numbers of other species changed as well.

The state of the hydrological network in the region has also changed significantly over various periods. Nowadays it consists of a complex of riverbeds, their elders (about 100 in the floodplain of the Samara River, and 20 in the valley of the Borovka River) and lake-marsh systems (8), depending on the filling of which zones of excessive, optimal and insufficient moisture are allocated in the region. These data should be taken into account when developing plans for forestry and cultural activities aimed at preserving and maintaining the Pine Forest ecosystems at an optimal level.

Key words: Buzuluk Pine Forest, climate, water availability of the territory, faunal complexes, hydrological network, humidification zones.

References

1. Rutkovskii V.I. Buzulukskii bor. Vliyanie dinamiki klimaticheskikh i gidrologicheskikh uslovii na lesnye kul'tury. T. 4. M.; L.: Goslesbumizdat, 1950. 144 s.
2. Kliment'ev A.I. Buzulukskii bor: pochvy, landshafty i faktory geograficheskoi sredy. Ekaterinburg: UrO RAN, 2010. 402 s.
3. Chibilev A.A. Prirodnye usloviya territorii Buzulukskogo bora. Buzulukskii bor. Ekologo-ekonomicheskoe obosnovanie organizatsii Natsional'nogo parka. T. 1. Ekaterinburg: UrO RAN, 2008. S. 7-30.
4. Barbazyuk E.V., Vel'movskii P.V. Mnogoletnie izmeneniya kachestvennogo sostava avifauny Buzulukskogo bora (Orenburgskaya oblast') po dannym retrospektivnykh i sovremennykh nablyudenii. Tr. Zoologicheskogo instituta RAN. 2024. T. 326. N 4. S. 3-19.
5. Karamzin A.N. Ptitsy Buguruslanskogo i sopredel'nykh s nim chastei Bugul'minskogo, Buzulukskogo uездov Samarskoi gubernii i Belebeevskogo uезда Ufimskoi gubernii. Materialy k poznaniyu fauny i flory Rossiiskoi imp. Otd. zool. M., 1901. Vyp. 5. S. 203-394.
6. Polozhentsev P.A. K faune mlekopitayushchikh i gadov Buzulukskogo bora. Materialy po izucheniyu prirody Srednego Urala. Samara, 1935. Vyp. 1. S. 77-111.
7. Knorre E.P. Materialy po ornitofaune Buzulukskogo zapovednika. Kachestvennaya inventarizatsiya ptits i zveri goszapovednika Buzulukskii bor. 1928-1941. Papka 21. Listy 31-94 (rukopis').
8. Darkshevich Ya.N. Otchet o rabote zoosektora zapovednika Buzulukskii bor za pervoe polugodie 1946 g. 8 listov (rukopis').
9. Darkshevich Ya.N. Buzulukskii bor. Chkalov: Kn. izd-vo, 1953. 88 s.
10. Preobrazhenskaya E.S., Stopalova O.A. Rezul'taty zimnikh uchetov ptits Rossii i sopredel'nykh regionov. M., 2012. Vyp. 26. 55 s.
11. Preobrazhenskaya E.S., Stopalova O.A. Rezul'taty zimnikh uchetov ptits Rossii i sopredel'nykh regionov. M., 2013. Vyp. 27. 60 s.
12. Kozhakin P.A., Khaziakhmetov R.M. Analiz dinamiki klimaticheskikh dannykh na territorii NP «Buzulukskii bor». V mire nauchnykh otkrytii. 2018. T. 10. N 1. S. 30-37.
13. Darkshevich Ya.N. Zelenyi monolit. Priroda i my. Chelyabinsk: YuKI, 1982. S. 38-50.

14. Darkshevich Ya.N., Knorre E.P., Lachenkov S.T. Buzulukskii bor. Chkalov: Oblgiz, 1940. 58 s.
15. Padalko Yu.A. Analiz regulirovaniya rechnogo stoka v basseine r. Samary. Ekologicheskii sbornik N 7: Materialy Vseros. molodezhnoi nauch. konf. Tol'yatti: IEVB RAN, Izd-vo "Anna", 2019. S. 352-355.
16. Skvaletskii E.N., Kliment'ev A.I., Nesterenko Yu.M. Hidrogeologicheskie osobennosti Buzulukskogo bora. Stepi Severnoi Evrazii: Materialy IV Mezhdunar. simpoziuma. Orenburg: IS UrO RAN, 2006. S. 662-664.

Сведения об авторах:

Дебело Петр Васильевич

К.б.н., доцент, старший научный сотрудник, ФГБУ Национальный парк «Бузулукский бор»

ORCID0009-0001-4355-2951

Debelo Petr

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Buzuluk Pine Forest National Park

Латыпов Андрей Александрович

Директор, ФГБУ Национальный парк «Бузулукский бор»

ORCID 0009-0006-0007-3316

Latypov Andrej

Director, Buzuluk Pine Forest National Park

Федоренко Даниил Владимирович

Заместитель директора по охране окружающей среды, ФГБУ Национальный парк «Бузулукский бор»

ORCID 0009-0006-6687-9910

Fedorenko Daniil

Deputy Director for Environmental Protection, Buzuluk Pine Forest National Park

Для цитирования: Дебело П.В., Латыпов А.А., Федоренко Д.В. Некоторые климатические и гидрологические особенности Национального парка «Бузулукский бор» и их влияние на позвоночных животных региона // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 105-122. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-105-122

СТЕПНЫЕ ПОЧВЫ ЗАБАЙКАЛЬЯ: МОРФОЛОГИЯ И СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ, С-БИОМАССЫ, ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

*Э.О. Чимитдоржиева¹, Ц.Д.-Ц. Корсунова¹, Г.Д. Чимитдоржиева¹,
Ю.Б. Цыбенков¹, Д.Б. Аюрова²

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Россия, Улан-Удэ

²Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова,
Агротехнический колледж, Россия, Улан-Удэ
e-mail: *erzhena_ch@mail.ru

В работе дана сравнительная характеристика морфологии черноземов Забайкалья. Цель исследования заключалась в изучении черноземов Забайкалья с комплексным анализом их морфологических характеристик, физико-химических показателей, содержания и распределения С-биомассы, а также элементного состава гуминовых кислот (ГК). Формирование различных подтипов черноземов Забайкалья происходило в условиях контрастных биоклиматических режимов и на разных материнских породах, что предопределило их морфологические и химические различия. Дисперсно-карбонатные черноземы характеризуются сплошным карбонатным горизонтом на глубине около 50 см, квазиглеевые – участками неравномерного распределения карбонатов вследствие криотурбационных и инволюционных процессов, бескарбонатные черноземы полностью лишены карбонатного горизонта. Содержание органического углерода в среднем составляет: в дисперсно-карбонатных – 3,1 %, в квазиглеевых – 4,0 %, в бескарбонатных – 3,7 %. Квазиглеевые черноземы обогащены обменным кальцием и магнием и имеют тяжелый гранулометрический состав, тогда как дисперсно-карбонатные и бескарбонатные отличаются легким гранулометрическим составом и низким содержанием обменных Са и Mg. Определение С-биомассы позволило выявить уровень биологической активности, а исследование гуминовых кислот показало особенности их структуры, степень устойчивости и роль в почвообразовании. Элементный состав ГК показал, что его состав и структура существенно различаются в зависимости от подтипа почвы. В условиях низких температур и периодического переувлажнения (квазиглеевые черноземы) ГК характеризуются слабым развитием алифатической части с преобладанием циклических структур. В бескарбонатных и дисперсно-карбонатных черноземах преобладают гуминовые кислоты с меньшей степенью конденсации. Установленные закономерности подтверждают тесную зависимость между биоклиматическими факторами, свойствами почв и особенностями структурной организации ГК. Результаты исследования уточнили понимание процессов формирования черноземов в Забайкалье.

Ключевые слова: органический углерод, С-биомасса, чистая первичная продукция, гуминовые кислоты, степень бензоидности, черноземы, Haplic Chernozems Pachic, Turbic Chernozem Molliglossic, Haplic Phaeozems.

Введение

Черноземы в бассейне озера Байкал распространены от дельты реки Селенги до ее верховьев. Однако они не образуют сплошной зоны, а встречаются фрагментарно, формируя изолированные участки в лесостепной и степной зонах, где занимают специфические геоморфологические позиции. Так, в лесостепи черноземы развиваются преимущественно на южных склонах, тогда как в степях их формирование характерно для северных склонов.

Местоположение этих почв охватывает высотный диапазон от 800 до 1000 метров над уровнем моря [1].

Формирование черноземов определяется взаимодействием биогенно-дернового накопительного процесса с особенностями географической обстановки и температурно-водного режима почв, что приводит к развитию черноземов с высоким естественным плодородием. Их становление – длительный процесс почвообразования в условиях степной и лесостепной растительности и при непромывном либо периодически промывном водном режиме [2, 3].

Ключевым фактором высокой продуктивности черноземов является наличие гумуса – наиболее устойчивой части органического вещества почвы, определяющей функциональное биоразнообразие наземных экосистем. Гуминовые вещества (ГВ), прежде всего гуминовые кислоты (ГК), отражают текущее состояние почвенно-экологических условий и служат индикатором биологической активности и продуктивности почв [4, 5]. Особое значение в поддержании почвенного равновесия имеют гуминовые кислоты – надмолекулярные структуры, формирующиеся через процессы самоорганизации, регулируемые термодинамическими законами [6]. Несмотря на изменчивость структурных характеристик, они сохраняют относительную устойчивость в определенном диапазоне температуры и влажности, что обуславливает их ведущую роль в устойчивости и плодородии почвенных экосистем. Около четверти всего резервуара органического углерода биосферы сосредоточено именно в ГВ, которые представляют собой сложные молекулы с высокоорганизованной структурой и играют ключевую роль в глобальном углеродном цикле [7].

Изучение гуминовых кислот имеет фундаментальное значение, так как они определяют водный режим, физико-химические свойства и температурные характеристики почвы. Одним из главных диагностических показателей этих соединений является элементный состав, отражающий закономерности молекулярной архитектуры, степень конденсации [8].

Поскольку черноземы являются одними из самых плодородных почв в мире, изучение их свойств представляет собой большой интерес [9-11]. Исследователи [12] уделяли внимание влиянию длительного применения традиционной агротехники на водно-физические и химические свойства, а также на состав органического вещества в черноземах. Исследование показало, что продолжительная обработка почвы традиционными методами уменьшает количество алифатических соединений и повышает содержание ароматических структур в почвах. Горбовым и Безугловой [13] выявлено, что структура и состав ГК черноземов зависят от типа антропогенной нагрузки. В условиях антропогенной нагрузки и климатических изменений наблюдается ускоренное разрушение компонентов органического вещества [14]. Независимо от характера и уровня изменений, преобразование молекул ГК остается в рамках, определяемых типом почвообразования.

Согласно данным, полученным в ходе исследований Лодыгина и Абакумова [15], распашка нетронутых черноземных почв приводит к сокращению количества алифатических компонентов в составе молекул гумусовых соединений. Прекращение сельскохозяйственного использования почв влечет за собой постагрогенные изменения, которые, как отмечают многие исследователи, вызывают трансформацию углеродных запасов, модификацию молекулярной структуры гумусовых соединений и вариацию скорости стабилизации органического вещества [16].

В исследовании [17] были рассмотрены результаты ГИС-анализа карты изогумусных кривых, которая была создана В.В. Докучаевым для черноземной зоны европейской России на базе данных 1877-1878 годов. Этот анализ выявил, что в областях, где природные условия наиболее способствовали образованию черноземов в лесостепной зоне, в прошлом были самые обширные территории с почвами, содержащими Сорг в пределах 4-7 % (Центрально-Черноземный район – 44 %, Молдавия – 7 %). Степные черноземы, характерные для южных подтипов черноземов (Северное Причерноморье и Степной Крым), еще 145 лет назад не имели содержания Сорг > 4 % [17]. Как указывается в литературе, черноземы Среднерусской возвышенности быстро реагируют на антропогенное воздействие [9]. Перевод целинных

черноземов в сельскохозяйственные угодья приводит к значительным изменениям в содержании углерода в почве [18].

Актуальность работы определяется необходимостью детального изучения морфологических особенностей, свойств, содержания С-биомассы и элементного состава гумусовых кислот различных подтипов черноземов Забайкалья, формирующихся в контрастных климатических условиях и на разнородных почвообразующих породах. Такой подход позволяет выявить закономерности формирования органического вещества в специфических экстраконтинентальных условиях региона, что важно для понимания механизмов поддержания плодородия и устойчивости почв к современным экологическим изменениям. Полученные сведения создают научную основу для рационального использования и сохранения черноземов в условиях климатических и антропогенных вызовов.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования были выбраны различные подтипы черноземов, распространенные в Забайкалье. В частности, были исследованы дисперсно-карбонатные черноземы Тугнуйской степи Селенгинского среднегорья (Pachic Haplic Chernozems), квазиглеевые черноземы Еравнинской мерзлотной лесостепи юга Витимского плоскогорья (Molliglossic Turbic Chernozem), а также бескарбонатные черноземы, расположенные на южных склонах Могойтуйского хребта (Haplic Phaeozems). Почвы были определены по классификации и диагностике почв России [19] и по Мировой справочной базе почвенных ресурсов [20].

Климатические условия Забайкалья, оказывающие влияние на формирование черноземов, значительно отличаются от восточно-европейских более суровым характером и спецификой распределения осадков. Континентальный климат создает жесткие рамки для теплового и водного баланса, что оказывает воздействие на процессы формирования почвы. В течение морозного периода, длящегося от шести до семи месяцев, грунт промерзает вглубь на 2,4-2,7 метра. Обычно средняя температура января колеблется от -23 до -28°C , но в редких случаях может опускаться до экстремальных отметок в $-47\ldots-54^{\circ}\text{C}$. В степных районах Бурятии в весенние и раннелетние месяцы коэффициент увлажнения держится на низком уровне – от 0,13 до 0,29, однако в июле-августе он возрастает до 1 [21]. Столь значительные сезонные колебания в обеспеченности влагой не свойственны большинству других степных областей [3].

Физико-химические характеристики почв определены с помощью общепринятых в почвоведении методов (Сорг, кислотность, обменные кальций и магний, содержание CO_2 карбонатов, гранулометрический состав почвы) [22]. Чистая первичная продукция (NPP) была определена согласно методу Титляновой [23], с учетом наземной (ANP) и подземной (BNP) массы. Определение углерода микробной биомассы (С-биомасса) в почве методом регидратации по Т.Г. Мирчинку и Н.С. Паникову [24]. Все анализы выполнялись в трехкратной повторности.

Для изучения характеристик гуминовых кислот, содержащихся в черноземах, препараты были получены путем многократной экстракции в соответствии с методикой Д.С. Орлова [25]. Определение содержания С, Н и N в выделенных образцах ГК выполняли с использованием элементного анализатора CHNS/O Elementary Analyzer Series II (Perkin Elmer Inc., США) в Институте общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ.

Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики с применением электронных таблиц Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждение

Морфологическая характеристика почв.

Исследованные черноземы различаются между собой морфологическими характеристиками, такими как мощность гумусового горизонта, гранулометрическим

составом, структурой, плотностью, характеристиками карбонатного горизонта, почвообразующей породой, наличием подстилающей мерзлоты, а также растительностью, произрастающей на этих почвах. Вышеперечисленные отличия более подробно приведены ниже.

Экспериментальная площадка 1. Мухоршибирский район, центральная часть Тугнуйской котловины, целина (рис. 1а). Полынно-разнотравно-злаковое сообщество (*Stipa capillata* - *Koeleria gracilis* - *Tanacetum vulgare*, *Achillea millefolium*, *Oxytropis oxyphylla*, *Pulsatilla turczaninowii*, *Allium odorum* - *Artemisia frigida*) с проективным покрытием 50-60 %.

AU 0-33 см. Темно-серый легкий суглинок комковатой структуры, пронизан корнями растений, уплотнен, не вскипает от HCl, переход к нижележащему горизонту четко выражен по изменению окраски.

В 33-50 см. Бурый непрочнокомковатый легкий суглинок, имеются включения корней, уплотнен, не вскипает от HCl, переход в следующий горизонт по линии вскипания.

BCA₁ 50-75 см. Белесовато-буроватая бесструктурная супесь, имеются включения корней, бурно вскипает от HCl, уплотнен, переход в следующий горизонт по цвету.

BCA₂ 75-137 см. Белесоватая бесструктурная супесь, имеются единичные включения корней, вскипает от HCl на карбонатных выцветах, уплотнен, переход в следующий горизонт по плотности, цвету и по линии вскипания.

Cca 137-170 см. Буровато-белесоватая бесструктурная супесь, встречаются единичные включения корней, менее плотный, чем предыдущий горизонт, вскипает от HCl.

Почва: дисперсно-карбонатный чернозем на делювиальных и пролювиально-делювиальных отложениях.

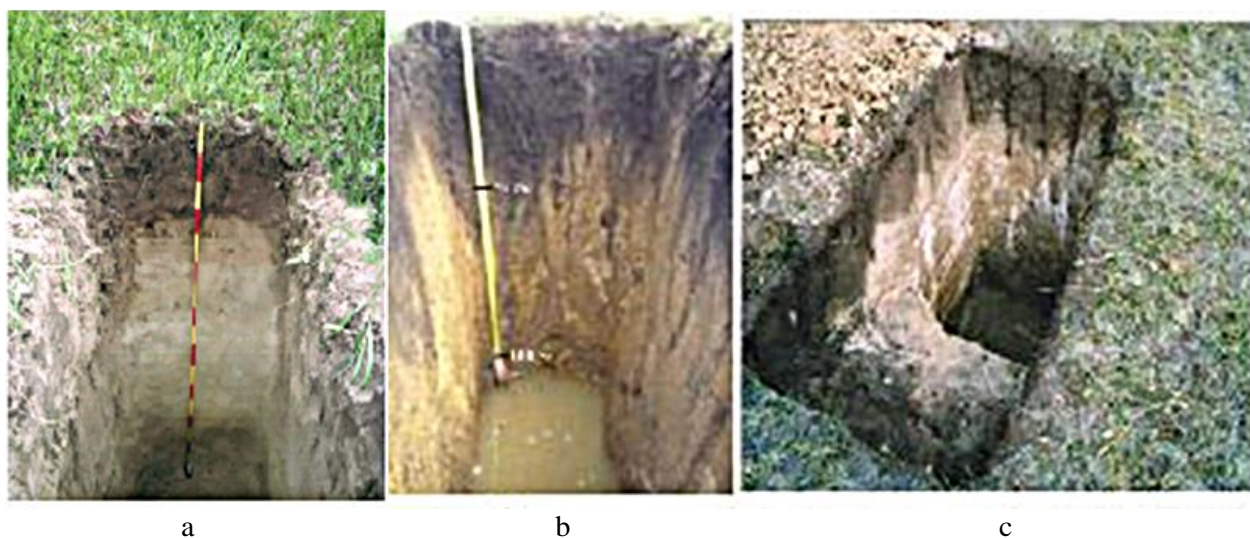


Рисунок 1 – Черноземы: а – дисперсно-карбонатные (фото Э.О. Чимитдоржиевой); б – квазиглеевые (фото Г.Д. Чимитдоржиевой); в – бескарбонатные (фото Г.Д. Чимитдоржиевой)

Экспериментальная площадка 2. Днище Еравнинской котловины, представляющее собой древнее озерное понижение с равнинным и слабоволнистым рельефом. Юго-восточная окраина с. Сосново-Озерское. Пастбище (рис. 1б). Разнотравно-злаковое сообщество (*Poa trivialis*, *Koeleria gracilis* – *Sanguisorba officinalis*, *Achillea millefolium*, *Taraxacum officinale*, *Galium verum*), проективное покрытие около 70 %.

Ad 0-3 см. Темно-серый средний суглинок, сильно задернованный, слабохрящеватый, уплотненный, переход в следующий горизонт постепенный.

AU 3-24 (55) см. От темно-серого до черного средний суглинок, хрящеватый, мелкокомковатая структура с элементами ореховатости, очень плотный, свежий, корней мало,

встречается мелкая галька. Переход заметен по цвету, граница неровная с карманами и клиньями.

ВСА 25-50 см. Желтовато-светло-бурый тяжелый суглинок, комковатый с элементами призмовидности, плотнее предыдущего, влажный, переход неровный.

В₁ 50-76 см. Тяжелый суглинок бурого цвета с сероватым оттенком, комковато-ореховатой структуры, плотный и влажный. Справа отмечается карбонатная линза треугольного сечения, бурно реагирующая с HCl; через нее проходит округлая гумусовая жилка диаметром около 6 см, переходящая в гумусовую полосу шириной 1,5-2 см и длиной 13 см.

В₂ 76-108 см. Тяжелый суглинок буровато-желтого цвета, крупнокомковатой структуры, плотный и сырой. Встречаются мелкие ржавые точечные примазки. Справа в пределах горизонта завершается карбонатный клин. Зафиксированы тонкие гумусовые прожилки насыщенного черного цвета, плотные, с включением мелкой гальки.

ВС 108-120 см. Желтая глина, лишенная четкой структуры, влажная, с крупными и мелкими каменистыми включениями. На глубине около 108 см обнаруживается надмерзлотная верховодка.

Почва: чернозем квазиглеевый на промороженных аллювиально-лимнических фациальных комплексах.

Экспериментальная площадка 3. Забайкальский край. Местоположение: в 10 км от станции Могойтуй, район Хоер Толгой. Объект расположен на гряде холмов по южному склону Могойтуйского хребта с уклоном 3-5°, в верхней части северо-восточного склона (рис. 1с). Разнотравно-злаковое сообщество (*Stipa capillata* – *Tanacetum vulgare*, *Achillea millefolium*, *Potentilla erecta*) с проективным покрытием около 50-60 %.

AU 0-10 см. Средний суглинок темно-серого цвета, с непрочной комковатой структурой, слабо уплотненный, сухой, густо пронизанный корневой системой. Переход к следующему слою постепенный, определяется изменением окраски.

AUB 10-25 см. Средний суглинок серого оттенка, непрочной комковатой структуры, плотный и сухой. Обильно пронизан корнями, встречаются включения кварцита и плитчатого сланца. Переход к следующему горизонту языковатый, контрастный по цвету.

В 25-73 см. Средний суглинок буровато-коричневого цвета с непрочной комковатой структурой. Верхняя часть более темная, к нижней границе цвет светлеет. Отмечаются обломки темноокрашенных сланцеватых кристаллических пород. Слои уплотнены.

Почва: чернозем бескарбонатный на хлоритовых сланцах.

Чистая первичная продукция.

Анализ данных выявил, что максимальные показатели чистой первичной продуктивности (ЧПП) зафиксированы для квазиглеевого чернозема и составили 1,51 кг/м² в год. В дисперсно-карбонатном и бескарбонатном черноземах уровень ЧПП составил – 1,34 и 1,29 кг/м² в год, соответственно (рис. 2).

Содержание органического углерода (Сорг).

В дисперсно-карбонатных черноземах среднее содержание Сорг составляет 3,1 % (табл. 1), что на 22,5 % снижено по сравнению с квазиглеевыми черноземами (4,0 % в верхнем горизонте) и примерно на 16,0 % меньше, чем в бескарбонатных черноземах (3,7 %). Таким образом, в дисперсно-карбонатных черноземах отмечается пониженное содержание Сорг относительно других типов черноземов. В квазиглеевых черноземах наблюдается выраженное уменьшение содержания Сорг с глубиной до 0,9 %, обусловленное обеднением органическим веществом за пределами гумусового горизонта. В бескарбонатных черноземах данная тенденция проявляется более резко – от 3,7 % в верхнем горизонте до 0,2-0,3 % в нижних слоях (табл. 1). Более высокие показатели в квазиглеевых черноземах связаны с улучшенной влагообеспеченностью и замедленной минерализацией органического вещества.

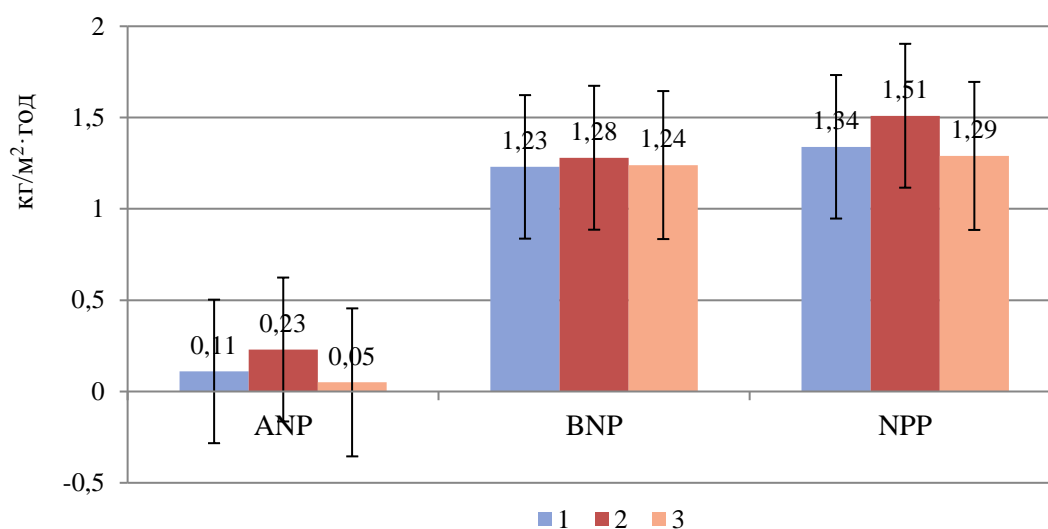


Рисунок 2 – Чистая первичная продукция растительных сообществ черноземов

Условные обозначения: 1 – чернозем дисперсно-карбонатный; 2 – чернозем квазиглеевый; 3 – чернозем бескарбонатный.

Таблица 1 – Химические свойства черноземов

Горизонт	Глубина, см	Сорг, %	Азот, %	рНН ₂ О	Обменные кальций и магний		СаСО ₃ , %
					Са ²⁺	Mg ²⁺	
					ммоль-экв/100 г почвы		
Черноземы дисперсно-карбонатные							
AU	0-33	3,1±0,03	0,35±0,02	6,7±0,02	24,9±0,04	4,8±0,01	–
B	33-35	0,8±0,04	0,10±0,01	7,0±0,02	20,6±0,03	4,0±0,01	–
BCA1	50-75	0,2±0,01	–	7,9±0,01	20±0,03*		2,8±0,09
BCA2	75-137	0,1±0,01	–	8,2±0,02	22±0,03*		3,2±0,08
C	137-170	–	–	8,3±0,02	18±0,01*		2,7±0,04
Черноземы квазиглеевые							
AU	0-24	4,0±0,05	0,81±0,01	7,3±0,02	27,2±0,03	9,3±0,02	–
BCA	24-50	1,1±0,03	0,35±0,01	7,6±0,02	13,4±0,02	7,0±0,01	22,9±0,07
B	50-96	0,9±0,01	–	7,6±0,01	13,3±0,02	8,9±0,01	3,3±0,07
Черноземы бескарбонатные							
AU	0-10	3,7±0,06	0,79±0,02	6,8±0,02	12,5±0,03	8,8±0,02	–
AUB	10-25	3,7±0,04	0,44±0,01	6,5±0,01	5,0±0,03	3,8±0,02	–
B	25-73	0,3±0,02	–	6,7±0,01	4,3±0,01	3,2±0,01	–
C	73-102	0,2±0,01	–	6,9±0,01	4,2±0,01	3,2±0,01	–

Примечание: *- емкость поглощения.

Мощность гумусового горизонта и гранулометрический состав.

Дисперсно-карбонатные черноземы имеют гумусовый горизонт мощностью в среднем 33 см и легкий гранулометрический состав (табл. 2). Квазиглеевые черноземы характеризуются меньшей мощностью гумусового слоя (24 см) и тяжелосуглинистым составом, способствующим аккумуляции влаги и органического вещества. Бескарбонатные черноземы отличаются наименьшей мощностью гумусового горизонта (до 25 см) и, как правило, более легким гранулометрическим составом профиля.

Таблица 2 – Гранулометрический состав черноземов, %

Почвы	Глубина, см	Размер фракций, мм							
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	>0,01	<0,01
Дисперсно-карбонатный чернозем	0-33	22,92	16,64	30,67	3,25	13,24	13,28	70,23	29,77
	33-50	33,44	13,15	32,04	3,43	7,34	10,6	78,63	21,37
	50-75	36,45	12,33	33,68	4,98	6,4	6,16	82,46	17,54
	75-137	38,8	12,73	30,63	5,55	6,21	6,08	82,16	17,84
	137-170	30,99	13,46	37,65	5,33	6,08	6,49	82,1	17,9
Квази-глеевый чернозем	0-10	28,38	19,53	11,95	8,72	11,74	19,68	59,86	40,14
	10-20	30,3	24,47	11,58	7,72	10,69	15,24	66,35	33,65
	20-30	22,56	25,4	13,56	8,27	10,75	19,46	61,52	38,48
	30-40	20,3	23,52	13,87	8,14	11,99	22,18	57,69	42,31
	40-50	20,39	37,3	13,6	7,86	10,81	23,63	57,69	42,31
	50-60	13,63	18,58	21,2	10,74	14,74	21,11	53,4	46,6
	60-70	14,41	20,73	13,88	9,31	15,49	26,16	49,04	50,96
	70-80	9,52	16,01	18,9	13,3	18,37	23,89	44,43	55,57
	80-90	4,21	11,36	26,63	18,01	23,93	15,87	42,2	57,8
Бескарбонатный чернозем	0-10	3,23	15,9	60,4	8,74	8,14	3,59	79,53	20,47
	10-25	4,6	40,06	36,12	15,53	3,43	0,26	80,78	19,22
	25-73	7,23	23,82	45,37	3,86	14,84	4,88	76,42	23,58
	73-102	7,73	9,00	48,34	14,03	16,07	4,83	65,07	34,93

Содержание обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} .

В дисперсно-карбонатных черноземах суммарное содержание обменного кальция и магния составляет 23-30 ммоль-экв/100 г, что на 38 % меньше, чем в квазиглеевых (37 ммоль-экв/100 г), и в 2,5-3,0 раза больше, чем в бескарбонатных (8-9 ммоль-экв/100 г) (табл. 1). Повышенные значения в квазиглеевых почвах связаны с аккумуляцией катионов в условиях застойного увлажнения, а низкие в бескарбонатных – с отсутствием карбонатного материала и интенсивным вымыванием оснований.

Реакция почвенного раствора (рН).

Дисперсно-карбонатные черноземы имеют близкий к нейтральному рН в верхних горизонтах (6,7-6,9) и слабощелочную реакцию в нижних слоях за счет присутствия карбонатов (табл. 1). В квазиглеевых черноземах в верхних горизонтах рН составляет около 7,3, в нижних слоях условия переходят в слабощелочные. Бескарбонатные черноземы характеризуются диапазоном рН от слабокислого до нейтрального (6,5-6,7) и отсутствием тенденции к ощелачиванию с глубиной вследствие полного отсутствия карбонатов.

Углерод микробной биомассы. В начале роста растений на всех изученных экспериментальных площадках отмечалось небольшое накопление С-биомассы. Это связано с глубоким промерзанием грунта и его медленным оттаиванием в весенний период.

В течение лета наблюдается рост увлажненности верхних горизонтов почвы, что обусловило повышение показателя. Максимальное содержание С-биомассы было выявлено в квазиглеевом черноземе и достигало $140,2 \pm 25,4$ мг на 100 г почвы. Присутствие большого количества микроорганизмов в области ризосферы и повышенное содержание органического углерода в почве являются причиной рассматриваемого эффекта. В черноземах бескарбонатных и дисперсно-карбонатных недостаток увлажнения в сочетании с высокой температурой приводит к снижению деятельности микробов до $55,0 \pm 15,0$ и $80,0 \pm 10,2$ мг на 100 г почвы, соответственно.

В сентябре происходит сокращение накопления С-биомассы, что обусловлено замедлением темпов биологической активности в почве. Отмечается постепенное падение углерода в микробной биомассе на всех участках исследования, при этом сохраняются различия в его содержании между разными экспериментальными площадками.

Элементный состав ГК.

В гумусе холодных и мерзлотных исследуемых черноземов содержание углерода варьируется в пределах 36,0-38,7 ат. % (табл. 3), что указывает на наличие в нем неустойчивых алифатических боковых групп. Данная особенность объясняется тем, что почвы Забайкалья формируются в условиях низких температур и относительно слабой биологической активности.

Таблица 3 – Элементный состав ГК в черноземах, ат. %.

	С	Н	N	О	Н/С	С/Н	О/С	СБ
Чернозем дисперсно-карбонатный	38,7	32,9	2,5	25,2	0,9	15,5	0,7	17
Чернозем квазиглеевый	38,0	25,3	2,1	26,8	0,7	18,1	0,7	23
Чернозем бескарбонатный	36,0	38,0	2,0	24,0	1,1	18	0,7	25,4
Черноземы ЕЧР (по Орлову, 1990 [8])	42,5	35,2	2,4	19,9	0,8	17,7	0,5	32,4

В черноземах квазиглеевых содержание углерода в гуминовых кислотах достигало 37,8 ат. %. Это обусловлено замедлением процессов конденсации первичных органических веществ и более активным их гидролитическим разложением. Происходит увеличение процентного содержания алифатических компонентов, в то время как содержание углерода понижается. Криогенные процессы сокращают время, необходимое для биотрансформации растительных остатков, что приводит к замедлению процесса их минерализации и консервации органического материала на ранних этапах гумификации (в виде детрита и неспецифических веществ).

В черноземах дисперсно-карбонатных, обладающих более благоприятными тепловыми условиями, чем мерзлотные аналоги, процессы конденсации происходят более интенсивно. Это приводит к отделению боковых частей макромолекул и увеличению содержания углерода до 38,7 ат. % углерода. В черноземах бескарбонатных данный параметр не превышал 36 ат. %.

В квазиглеевых черноземах содержание водорода достигало 25,3 ат. % (табл. 3), что, по всей видимости, обусловлено щелочной реакцией среды. В черноземах бескарбонатных содержание водорода достигало пикового значения в 38,0 ат. %, что объясняется воздействием кислых материнских пород, способствующих формированию разветвленных углеродных цепочек. В дисперсно-карбонатных черноземах содержание водорода достигало 32,9 ат. %, что близко к показателям, наблюдаемым в почвах европейской части России.

В изученных образцах содержание кислорода варьировало от 25,2 ат. % в дисперсно-карбонатных черноземах до 26,8 ат. % в квазиглеевых. Содержание азота варьировало в пределах от 2,1 до 2,5 ат. %, что, по-видимому, обусловлено обеднением ресурсов, участвующих в образовании гумуса. Соотношение С/Н показало пониженное количество азота в гуминовых кислотах мерзлотных и бескарбонатных подтипов черноземов по сравнению с дисперсно-карбонатными, что сопоставимо с данными европейской части России и Западной Сибири.

Важнейшими обобщенными характеристиками элементного состава ГК являются атомное отношение Н/С и степень бензоидности (СБ). Отношение Н/С в квазиглеевых черноземах достигало значения 0,7 (табл. 3), что объясняется оптимальным уровнем влажности. В черноземах бескарбонатных отношение Н/С было больше 1, указывая на значительное количество алифатических компонентов в структуре гуминовых кислот, которые образовывались на хлоритовых сланцах с малым количеством кальция [21].

Сравнительный анализ показал, что черноземы Забайкалья имеют как общие черты с черноземами других регионов, так и ярко выраженные региональные особенности.

Климатические условия Забайкалья вносят дополнительную специфику: экстремально низкие зимние температуры, глубокое промерзание и короткий вегетационный период ограничивают биологическую активность поверхностным горизонтом. Таким образом, биологические процессы в сибирских черноземах имеют ярко выраженную сезонность, что существенно влияет на динамику органического вещества и особенности гумусообразования [25].

Климат выступает ключевым регулятором динамики растительности и процессов разложения органических остатков, что напрямую отражается на формировании почвенного профиля. Для Забайкалья характерна пониженная чистая первичная продукция (NPP), что ограничивает поступление органического вещества в почву [23].

Углерод микробной биомассы, составляющий лишь 3-5 % от ее общего запаса [26, 27], является наиболее чувствительным индикатором изменения экосистемных процессов. В ходе исследования установлено, что температура и увлажнение определяют его накопление: максимальные показатели зафиксированы в полугидроморфных черноземах квазиглеевого типа, обогащенных влагой и гумусом, тогда как дисперсно-карбонатные и бескарбонатные аналоги содержат меньшие количества. Статистический анализ подтвердил достоверность данных, а высокая корреляция с климатическими параметрами ($r = 0,75-0,99$) отражает прямую зависимость углеродной биомассы от температуры и влажности почвы.

Подобная зависимость фиксируется и в черноземах европейской части России, однако для Забайкалья характерна более резкая сезонность, связанная с суровыми зимами и коротким периодом активной вегетации. В условиях летней засухи и переменного увлажнения почвы интенсивность микробиологических процессов закономерно снижается, что замедляет разрушение формирующихся гумусовых веществ (ГВ). Полученные данные согласуются с выводами Н. Наумовой с соавторами [28], которая отмечает, что специфическая синусоидальная динамика гидротермического режима в Забайкалье создает уникальные предпосылки для интенсивного гумусообразования. Сравнение с черноземами европейской России показывает, что там более стабильное увлажнение способствует непрерывности микробиологических процессов, тогда как в Забайкалье их выраженная сезонность определяет особенности состава ГВ.

Для сравнения можно привести данные по каштановым почвам региона – они накапливают С-биомассы в меньших количествах: 32,2-37,6 мг на 100 г в целинных землях и 27,5-33,5 мг на 100 г в агроценозах [29]. Это указывает на более слабый потенциал их органогенного профиля и меньшую устойчивость к агротехногенному воздействию.

Химический анализ показал, что гуминовые кислоты, несмотря на устойчивую компонентную структуру, чувствительны к условиям почвообразования – от увлажнения и карбонатности до свойств материнской породы.

Содержание углерода в ГК черноземов Казахстана, европейской части России и Западной Сибири содержится в пределах 55,8-58,6 ат.% [8, 30]. Это согласуется с данными настоящего исследования и подтверждает универсальность закономерностей формирования гумусовых соединений в черноземных почвах.

Повышение температуры и иссушение почвы увеличивают плотность структуры гуминовых кислот за счет реакций поликонденсации и окисления. Аналогичные закономерности выявлены и в степях Казахстана, где засушливый климат также стимулирует образование более конденсированных ГК. В то же время образцы из европейской части России и Западной Сибири демонстрируют более высокий уровень карбонизации по сравнению с Забайкальем, что подтверждается данными (табл. 3).

В исследованных образцах (кроме дисперсно-карбонатных черноземов) содержание азота оказалось меньше по сравнению с черноземами европейской России [8]. Это подчеркивает региональные различия и подтверждает более слабое азотное обогащение гумуса в условиях резко континентального климата.

Для анализа структуры ГК использован показатель степени бензоидности, вычисленный по методу Ван Кревелена [8]. Диагностическая ценность данного показателя подтверждена множеством публикаций, и его использование позволяет сопоставлять

результаты между различными регионами. В Забайкалье значения СБ отражают увеличение ароматических структур, что согласуется с наблюдениями в почвах Западной Сибири, где также фиксируется увеличение ароматичности ГК вследствие вымывания и вымораживания менее стабильных компонентов [30, 31].

Сравнение степени конденсации ГК между регионами выявило, что наибольший диапазон значений характерен для европейской России, а наименьший – для Забайкалья. Это можно объяснить особенностями пространственной неоднородности: в Европе климат и почвы более равномерны в широтном направлении, тогда как в Забайкалье выражена высотная зональность, связанная с впадинным рельефом.

Климатообразующие процессы Забайкалья радикально отличаются от других регионов: сюда одновременно проникают холодные аридные массы Сибири, сухой жар Гоби и влажные океанические воздушные потоки [30]. Такое сочетание формирует резкие контрасты в гидротермике и определяет вариативность свойств ГК. В Забайкалье на одной территории могут сосуществовать степи и таежные леса. Именно эта природная мозаичность, вероятно, является ведущим фактором, определяющим структурное разнообразие и специфику гуминовых кислот.

Разные климатические режимы и типы растительности формируют широкий спектр свойств забайкальских черноземов. Их органогенный профиль определяется сложным взаимодействием климатических факторов и микробиологической активности, а трансформация гумусовых соединений отражает как локальные особенности почвообразования, так и общие закономерности эволюции черноземов.

Черноземы Забайкалья демонстрируют специфику, обусловленную резко контрастными климатическими условиями и орографической неоднородностью, которая отличает их от черноземов европейской России и Западной Сибири, несмотря на общие закономерности в процессах гумусообразования. Гумусовые вещества черноземов Забайкалья обладают признаками, свойственными общим закономерностям гумусообразования, выявленным в других регионах, но их структурно-химические особенности напрямую связаны с уникальной комбинацией климатических и орографических факторов, что отличает их от аналогов европейской России, Казахстана и Западной Сибири.

Заключение

Различия между исследованными черноземами в их морфологических и физико-химических характеристиках обусловлены формированием в существенно отличающихся климатических зонах и на различных материнских породах.

Проведенное исследование показало, что гуминовые кислоты черноземов бассейна озера Байкал обладают специфическим элементным составом, отражающим особенности почвообразования в условиях мерзлотной лесостепной и степной зон региона. Сравнительный анализ данных позволяет утверждать, что структурная организация гуминовых кислот тесно связана с региональными климато-экологическими факторами и положением почв в рельефе.

Длительное нахождение квазиглеевых черноземов в условиях низких температур и избыточного увлажнения приводит к образованию гуминовых кислот со слабо выраженными боковыми цепями из-за гидролитического разложения. Это, в свою очередь, вызывает пропорциональное повышение содержания ароматических элементов в сохранившейся молекулярной структуре.

Для ГК бескарбонатных черноземов типично относительно небольшое количество углерода при повышенном содержании водорода в их элементном составе. Это обусловлено влиянием материнских пород – элювиально-делювиальных отложений, которые сложены глинистыми и хлоритовыми сланцами. ГК черноземов бескарбонатных и дисперсно-карбонатных черноземов обладают меньшей степенью уплотненности, чем в квазиглеевых черноземах. Последние характеризуются повышенным содержанием циклических структур.

Процесс гумификации ведет к постепенному уменьшению отношения Н:С. Эта величина убывает в следующем порядке: чернозем бескарбонатный → чернозем дисперсно-

карбонатный → чернозем квазиглеевый. Однако, наблюдаемая тенденция одновременного уменьшения соотношения Н:С и роста СБ не всегда выполняется в отношении бескарбонатных черноземов, что обусловлено особенностями этого подтипа.

Трансформация органического вещества проявляется в увеличении показателя, отражающего ароматичность гуминовых кислот, при смене типов почвы: от чернозема дисперсно-карбонатного к чернозему бескарбонатному и далее к чернозему квазиглеевому. Данная последовательность отражает усиление степени насыщенности гуминовых кислот бензольными структурами.

Таким образом, можно утверждать, что экстремальный климат изучаемой территории и мерзлотные процессы оказывают влияние на характеристики почв и химическое строение гуминовых кислот.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках Госзадания № 121030100228-4 «Эволюционно-генетические, биогеохимические и продукционные функции почв Байкальского региона как компонента биосферы, оценка их ресурсного потенциала и разработка технологий рационального использования и охраны» в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской академии наук.

Список литературы

1. Цыбжитов Ц.Х., Цыбжитов А.Ц. Почвы бассейна озера Байкал. Т. 2. Генезис, география и классификация степных и лесостепных почв. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2000. 165 с.
2. Русский чернозем: 100 лет после Докучаева. М.: Наука, 1983. 304 с.
3. Наумов В.Д. Почвоведение и география почв. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. 344 с.
4. Kölli R., Köster T. Interrelationships of humus cover (pro humus form) with soil cover and plant cover: Humus form as transitional space between soil and plant // Appl. Soil Ecology. 2018. Vol. 123. P. 451-454.
5. Chen S., Yin X., Wang S., Wu J. Effects of Organic Material Types on Temporal Changes in Characteristics of Humic Acids Extracted from a Chernozem // Sustainability. 2019. Vol. 11. P. 5683.
6. Piccolo A. The supramolecular structure of humic substances // Advances in Agronomy. 2002. Vol. 75. P. 57-134.
7. Weber J., Chen Y., Jamroz E., Miano T. Preface: Humic substances in the environment // J. Soils Sediments. 2018. Vol. 18. P. 2665-2667.
8. Орлов Д.С. Гуминовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
9. Chendev Y.G., Sauer T.J., Ramirez G.H., Burras C.L. History of East European Chernozem Soil Degradation, Protection and Restoration by Tree Windbreaks in the Russian Steppe // Sustainability. 2015. Vol. 7. P. 705-724.
10. Plotnikova O.O., Demidov V.V., Farkhodov Y.R., Tsymbarovich P.R., Semenov I.N. Influence of Water Erosion on Soil Aggregates and Organic Matter in Arable Chernozems: Case Study // Agronomy. 2024. Vol. 14. P. 1607.
11. Savin I., Prudnikova E., Chendev Y., Bek A., Kucher D., Dokukin P. Detection of Changes in Arable Chernozemic Soil Health Based on Landsat TM Archive Data // Remote Sens. 2021. Vol. 13. P. 2411
12. Suleymanov A., Suleymanov R., Polyakov V., Dorogaya E., Abakumov E. Conventional Tillage Effects on the Physico-Chemical Properties and Organic Matter of Chernozems Using ¹³C-NMR Spectroscopy // Agronomy. 2022. Vol. 12. P. 2800.

13. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Элементный состав гуминовых кислот почв урбанизированных территорий (на примере г. Ростова-на-Дону) // Почвоведение. 2013. № 11. С. 1316-1324.
14. Debicka M. The Role of Organic Matter in Phosphorus Retention in Eutrophic and Dystrophic Terrestrial Ecosystems // Agronomy. 2024. Vol. 14. P. 1688.
15. Lodygin E., Abakumov E. The Use of Spectroscopic Methods to Study Organic Matter in Virgin and Arable Soils: A Scoping Review // Agronomy. 2024. Vol. 14. P. 1003.
16. Polyakov V., Nizamutdinov T., Abakumov E. Molecular Composition of Humic Acids of Different Aged Fallow Lands and Soils of Different Types of Use in Northwest of Russia // Agronomy. 2024. Vol. 14. P. 996.
17. Lisetskii F.N., Buryak Z.A., Marinina O.A., Ukrainskiy P.A., Goleusov P.V. Features of Soil Organic Carbon Transformations in the Southern Area of the East European Plain // Geosciences. 2023. Vol. 13. P. 278.
18. Mikhailova E.A., Bryant R.B., Galbraith J.M., Wang Y., Post C.J., Khokhlova O.S., Schlautman M.A., Cope M.P., Shen Z. Pedogenic Carbonates and Radiocarbon Isotopes of Organic Carbon at Depth in the Russian Chernozem // Geosciences. 2018. Vol. 8. P. 458.
19. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
20. IUSS Working Group WRB. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria, 2022. URL: https://wrb.isric.org/files WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf (дата обращения: 22.12.2024).
21. Ногина Н.А. Почвы Забайкалья. М.: Наука, 1964. 314 с.
22. Аринушкина Е.А. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Московского университета, 1970. 487 с.
23. Титлянова А.А., Шибарева С.В. Продуктивность травяных экосистем: справочник. М.: Изд-во МБА, 2020. 100 с.
24. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. М.: Агроконсалт, 2002. 280 с.
25. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 271 с.
26. Horwath W.R. The Role of the Soil Microbial Biomass in Cycling Nutrients // Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry. Singapore: World Scientific, 2017. P. 41-66.
27. Tate K.R. (Ed.) Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry. Singapore: World Scientific, 2017. 327 p.
28. Naumova N., Barsukov P., Baturina O., Rusalimova O., Kabilov M. West-Siberian Chernozem: How Vegetation and Tillage Shape Its Bacteriobiome // Microorganisms. 2023. Vol. 11. P. 2431.
29. Chimitdorzhieva E.O., Chimitdorzhieva G.D. Accumulation and dynamics of carbon-biomass in the krioarid soils of Transbaikalia // Arid Ecosyst. 2014. Vol. 4. P. 69-74.
30. Кленов Б.М. Устойчивость гумуса в автоморфных почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 173 с.
31. Чуков С.Н. Структурно-функциональные показатели органического вещества почв в условиях антропогенного воздействия. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001. 216 с.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 29.08.2025
Принята к публикации 12.12.2025

STEPPE SOILS OF TRANSBAIKALIA: MORPHOLOGY AND PROPERTIES OF CHERNOZEM SOILS, C-BIOMASS, ELEMENTAL COMPOSITION OF HUMIC ACIDS

*E. Chimitdorzhieva¹, Ts. Korsunova¹, G. Chimitdorzhieva¹, Yu. Tsybenov¹, D. Ayurova²

¹Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Ulan-Ude

² Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov, Agrotechnical College, Russia, Ulan-Ude

e-mail: *erzhena_ch@mail.ru

This paper presents a comparative analysis of the morphology of chernozems in Transbaikalia. The aim of this study was to investigate the chernozems of Transbaikalia, with a comprehensive analysis of their morphological characteristics, physicochemical parameters, C-biomass content and distribution, and the elemental composition of humic acids (HA). The formation of various chernozem subtypes in Transbaikalia occurred under contrasting bioclimatic conditions and on various parent rocks, which determined their morphological and chemical differences. Dispersed-carbonate chernozems have a continuous carbonate horizon at a depth of approximately 50 cm, quasigley chernozems have areas of uneven carbonate distribution due to cryoturbation and involution processes, while non-carbonate chernozems are completely devoid of any carbonate horizon. The average organic carbon content in dispersed-carbonate chernozems is: 3.1 %, in quasigley chernozems it is 4.0 %, and in non-carbonate chernozems it is also 3.7 %. Quasigley chernozems are enriched in exchangeable calcium and magnesium, and have a heavy granulometric composition. Dispersed-carbonate and non-carbonate chernozems are characterized by a light texture and low content of exchangeable Ca and Mg. Determining C-biomass reveals the level of biological activity, and studying humic acids shows their structural features, degree of stability, and role in soil formation. Elemental composition of humic acids reveals that their composition and structure vary significantly depending on the soil subtype. In conditions of low temperatures and periodic waterlogging (quasigley chernozems), humic acids have a weak development of aliphatic components with a predominance of cyclic structures. Non-carbonate and dispersed-carbonate chernozems are dominated by humic acids with a lower degree of condensation. The established patterns confirm the close relationship between bioclimatic factors, soil properties, and the structural organization of humic acids. The results of the study have clarified understanding of the processes of chernozem formation in Transbaikalia.

Key words: organic carbon, C-biomass, net primary production, humic acids, benzenoid degree, chernozems, Haplic Chernozems Pachic, Turbic Chernozem Molliglossic, Haplic Phaeozems.

References

1. Tsybzhitov Ts.Kh., Tsybzhitov A.Ts. Pochvy basseina ozera Baikal. T. 2. Genezis, geografiya i klassifikatsiya stepnykh i lesostepnykh pochv. Ulan-Ude: Izd-vo BNTs SO RAN, 2000. 165 s.
2. Russkii chernozem: 100 let posle Dokuchaeva. M.: Nauka, 1983. 304 s.
3. Naumov V.D. Pochvovedenie i geografiya pochv. M.: RGAU-MSKhA im. K.A. Timiryazeva, 2023. 344 s.
4. Kõlli R., Köster T. Interrelationships of humus cover (pro humus form) with soil cover and plant cover: Humus form as transitional space between soil and plant. Appl. Soil Ecology. 2018. Vol. 123. P. 451-454.
5. Chen S., Yin X., Wang S., Wu J. Effects of Organic Material Types on Temporal Changes in Characteristics of Humic Acids Extracted from a Chernozem. Sustainability. 2019. Vol. 11. P. 5683.
6. Piccolo A. The supramolecular structure of humic substances. Advances in Agronomy. 2002. Vol. 75. P. 57-134.

7. Weber J., Chen Y., Jamroz E., Miano T. Preface: Humic substances in the environment. *J. Soils Sediments*. 2018. Vol. 18. P. 2665-2667.
8. Orlov D.S. *Guminovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii*. M.: Izd-vo MGU, 1990. 325 s.
9. Chendev Y.G., Sauer T.J., Ramirez G.H., Burras C.L. History of East European Chernozem Soil Degradation, Protection and Restoration by Tree Windbreaks in the Russian Steppe. Sustainability. 2015. Vol. 7. P. 705-724.
10. Plotnikova O.O., Demidov V.V., Farkhodov Y.R., Tsymbarovich P.R., Semenov I.N. Influence of Water Erosion on Soil Aggregates and Organic Matter in Arable Chernozems: Case Study. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. P. 1607.
11. Savin I., Prudnikova E., Chendev Y., Bek A., Kucher D., Dokukin P. Detection of Changes in Arable Chernozemic Soil Health Based on Landsat TM Archive Data. *Remote Sens*. 2021. Vol. 13. P. 2411
12. Suleymanov A., Suleymanov R., Polyakov V., Dorogaya E., Abakumov E. Conventional Tillage Effects on the Physico-Chemical Properties and Organic Matter of Chernozems Using ¹³C-NMR Spectroscopy. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. P. 2800.
13. Gorbov S.N., Bezuglova O.S. Elementnyi sostav guminovykh kislot pochv urbanizirovannykh territorii (na primere g. Rostova-na-Donu). *Pochvovedenie*. 2013. N 11. S. 1316-1324.
14. Debicka M. The Role of Organic Matter in Phosphorus Retention in Eutrophic and Dystrophic Terrestrial Ecosystems. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. P. 1688.
15. Lodygin E., Abakumov E. The Use of Spectroscopic Methods to Study Organic Matter in Virgin and Arable Soils: A Scoping Review. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. P. 1003.
16. Polyakov V., Nizamutdinov T., Abakumov E. Molecular Composition of Humic Acids of Different Aged Fallow Lands and Soils of Different Types of Use in Northwest of Russia. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. P. 996.
17. Lisetskii F.N., Buryak Z.A., Marinina O.A., Ukrainskiy P.A., Goleusov P.V. Features of Soil Organic Carbon Transformations in the Southern Area of the East European Plain. *Geosciences*. 2023. Vol. 13. P. 278.
18. Mikhailova E.A., Bryant R.B., Galbraith J.M., Wang Y., Post C.J., Khokhlova O.S., Schlautman M.A., Cope M.P., Shen Z. Pedogenic Carbonates and Radiocarbon Isotopes of Organic Carbon at Depth in the Russian Chernozem. *Geosciences*. 2018. Vol. 8. P. 458.
19. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii*. Smolensk: Oikumena, 2004. 342 s.
20. IUSS Working Group WRB. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria, 2022. URL: https://wrb.isric.org/files/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf (data obrashcheniya: 22.12.2024).
21. Nogina N.A. *Pochvy Zabaikal'ya*. M.: Nauka, 1964. 314 s.
22. Arinushkina E.A. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv*. M.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1970. 487 s.
23. Titlyanova A.A., Shibareva S.V. *Produktivnost' travyanykh ekosistem: spravochnik*. M.: Izd-vo MBA, 2020. 100 s.
24. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baibekov R.F. *Praktikum po pochvovedeniyu*. M.: Agrokonsalt, 2002. 280 s.
25. Orlov D.S., Grishina L.A. *Praktikum po khimii gumusa*. M.: Izd-vo MGU, 1981. 271 s.
26. Horwath W.R. The Role of the Soil Microbial Biomass in Cycling Nutrients. *Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry*. Singapore: World Scientific, 2017. P. 41-66.
27. Tate K.R. (Ed.) *Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry*. Singapore: World Scientific, 2017. 327 p.

28. Naumova N., Barsukov P., Baturina O., Rusalimova O., Kabilov M. West-Siberian Chernozem: How Vegetation and Tillage Shape Its Bacteriobiome. *Microorganisms*. 2023. Vol. 11. P. 2431.
29. Chimitdorzhieva E.O., Chimitdorzhieva G.D. Accumulation and dynamics of carbon-biomass in the krioarid soils of Transbaikalia. *Arid Ecosyst*. 2014. Vol. 4. P. 69-74.
30. Klenov B.M. *Ustoichivost' gumusa v avtomorfnykh pochvakh Zapadnoi Sibiri*. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2000. 173 s.
31. Chukov S.N. *Strukturno-funktsional'nye pokazateli organicheskogo veshchestva pochv v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya*. SPb.: Izd-vo SPbGU, 2001. 216 s.

Сведения об авторах:

Чимитдоржиева Эржена Очировна

К.б.н., научный сотрудник лаборатории биохимии почв, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской академии наук»

ORCID 0000-0002-0227-5433

Chimitdorzhieva Erzhen

Candidate of Biological Sciences, Researcher, Soil Biochemistry Laboratory, Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences"

Корсунова Цыпилма Даши-Цыреновна

К.б.н., старший научный сотрудник лаборатории биохимии почв, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской академии наук»

ORCID 0000-0002-3055-0316

Korsunova Tsybilma

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Soil Biochemistry Laboratory, Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences"

Чимитдоржиева Галина Доржиевна

Д.с.-х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии почв, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской академии наук»

ORCID 0000-0001-8566-3994

Chimiddorzhieva Galina

Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Soil Biochemistry Laboratory, Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences".

Цыбенков Юрий Бадмажапович

К.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии почв, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской академии наук»

ORCID 0000-0002-3606-7720

Tsybenov Yurii

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Soil Biochemistry Laboratory, Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences"

Аюрова Дулма Бальжинимаевна

К.б.н., преподаватель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова», Агротехнический колледж

ORCID 0009-0004-2788-2856

Ayurova Dulma

Candidate of Biological Sciences, Lecturer, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov", Agrotechnical College

Для цитирования: Чимитдоржиева Э.О., Корсунова Ц.Д-Ц., Чимитдоржиева Г.Д., Цыбенков Ю.Б., Аюрова Д.Б. Степные почвы Забайкалья: морфология и свойства черноземов, С-биомассы, элементный состав гуминовых кислот // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 123-138. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-123-138

ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТЕПНОЙ ПИЩУХИ (*OCHOTONA PUSILLA*) В СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

И.Н. Маряхин¹, А.Е. Кузовенко^{1,2}, Е.С. Корчиков¹

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
Россия, Самара

²Самарский зоопарк, Россия, Самара
e-mail: maryahin2012@gmail.com

В статье представлены результаты комплексного изучения биологии степной пищухи *Ochotona pusilla* (Pallas, 1769) на территории Самарской области с использованием фотомониторинга, геоинформационного анализа и детального описания стожков. Полевые наблюдения позволили обосновать некоторые принципы формирования и расположения стожков, их внешние особенности и видовой состав собираемых растений. Анализ суточной активности по данным фотоловушек выявил двухпиковый (крепесулярно-ночной) тип суточной активности, отражающий адаптацию вида к условиям степных экосистем. Деятельность степной пищухи оказывает заметное влияние на структурно-функциональную организацию степных сообществ, формируя места, привлекающие другие виды позвоночных и беспозвоночных животных своим трофическим потенциалом. Полученные результаты расширяют представления о современном состоянии популяций степной пищухи в Среднем Поволжье и могут быть использованы при разработке региональных мер по сохранению биологического разнообразия степных экосистем.

Ключевые слова: степная пищуха, стожок, фотоловушка, кустарниковая степь, ареал, биотоп, суточная активность, степная флора, Самарская область.

Введение

Степная, или малая пищуха *Ochotona pusilla* (Pallas, 1769), относится к отряду зайцеобразных (*Lagomorpha*), семейству пищуховых (*Ochotonidae*) и является самым мелким видом пищух на территории России: масса тела варьирует от 100 до 280 г, длина – 153 – 210 мм. Систематические и поведенческие особенности вида отражены в его названиях: развитая вокализация обеспечивает сложную систему коммуникации с сигналами разного семантического значения (агрессия, территориальное или брачное поведение), а подготовка к зиме выражается в формировании кормовых запасов – небольших стожков из травянистой и кустарниковой растительности [1].

Современный ареал степной пищухи простирается с запада на восток от Среднего Заволжья (Самарская область) до северо-восточной границы Казахстана с Китаем. Северная граница начинается в районе Самары, далее поднимается на север через Южное Предуралье, огибает Уральские горы с юга и пролегает по лесостепной зоне Зауралья в районе Магнитогорска, затем тянется в юго-восточном направлении через Кустанайскую, Павлодарскую и Семипалатинскую области Казахстана. Южная граница ареала совпадает с северной границей устойчивого зимнего снежного покрова: начинаясь южнее Уралья, она спускается к Северному Приаралью, проходит через пустыню Бетпак-Дала и Северное Прибалхашье к хребту Тарбагатай [2].

Места обитания пищух характеризуются степными ландшафтами с выраженным мезорельефом, где наличие кустарников создает оптимальные условия для скрытного образа жизни и защиты от хищников [2].

Численность и ареал степной пищухи повсеместно сокращается, вид включен в Красную книгу Самарской области [3, 4] и Международную Красную книгу [5]. Если во времена П.С. Палласа пищуха встречалась и около города Самара, и в Красном Яру, то за прошедшие 250 лет ее ареал в области значительно сократился. Причин тому несколько, но основная – уничтожение местообитаний, сокращение площади степей. Сейчас пищухи населяют немногочисленные участки кустарниковой степи в южных районах Самарской области [6].

Целью настоящего исследования являлось комплексное изучение экологических и поведенческих особенностей степной пищухи на территории Самарской области с акцентом на процесс формирования, структуру и экологическую роль стожков как ключевых элементов жизненной стратегии вида в условиях степных экосистем.

Материалы и методы

Полевые исследования степной пищухи проводились в течение 2024-2025 гг. на юго-востоке Самарской области, где находятся типичные для вида степные экосистемы (рис. 1).

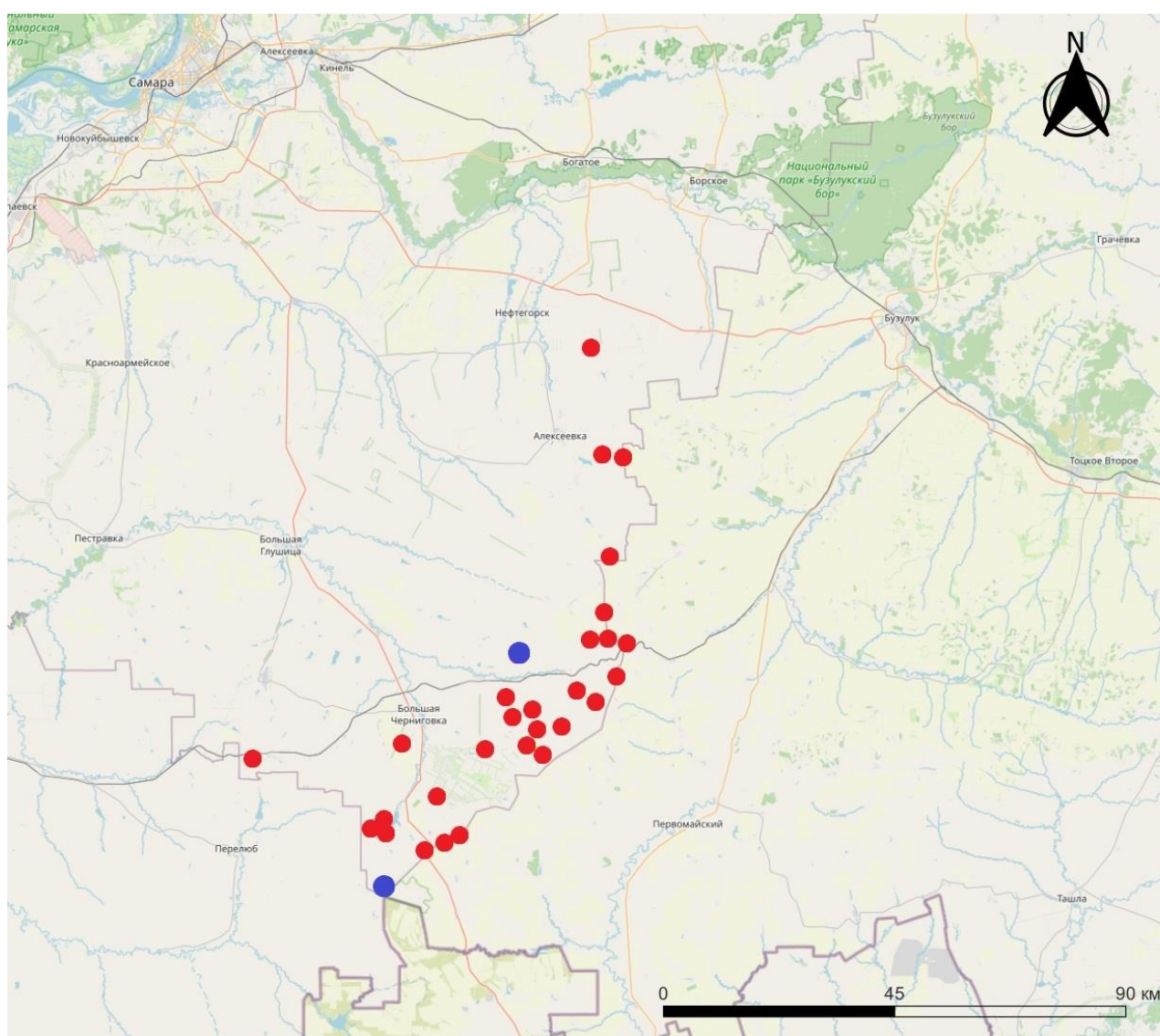


Рисунок 1 – Точки находок поселений малой пищухи на территории Самарской области

Условные обозначения: красным указаны точки, исследованные за 2024-2025 гг., синим – за 2008 г.

Основным методом получения данных служил фотомониторинг с использованием фотоловушек. Фотоловушки устанавливались вблизи характерных мест обитания пищухи – у норных выходов, на кормовых участках и непосредственно рядом со стожками. Сроки установки фотоловушек и временные интервалы съемки подбирались таким образом, чтобы охватить суточную активность животных в разные периоды сезона. В данном исследовании использовались фотоловушки моделей Suntek HC-940Pro-li, Suntek HC-900M, Bolyguard bg590-k2 и Balever MINI 2.0 W-100.

Дополнительно проводилась фотосъемка местности и особей с помощью цифрового фотоаппарата для фиксации возможных поведенческих реакций, морфологических особенностей и ландшафтных характеристик биотопов.

В ходе экспедиционных выездов осуществлялись поиски и картирование мест обитания вида. Для каждого выявленного поселения проводились географическая фиксация (GPS-координаты), описание местообитаний, оценка численности и плотности особей по косвенным признакам (наличие помёта, стожков, звуковая активность).

В местах концентрации особей осуществлялись описания и промеры стожков, включая массу, линейные размеры (высота, длина, ширина), топические особенности, характер размещения и видовой состав растительных компонентов. Собранные данные заносились в полевые журналы с указанием даты и погодных условий.

В ходе полевых работ был осуществлен сбор биологического материала: гербарные образцы, а также отдельные находки экскрементов и костных останков пищухи, предназначенные для морфологического и сравнительного анализа. Видовой состав сосудистых растений определяли по определителю П.Ф. Маевского [7], а объем вида понимали согласно Catalogue of life [8].

Пространственная обработка данных осуществлялась с использованием геоинформационных систем (ГИС). На основе полученных GPS-координат строились тематические карты, отражающие распределение мест обитания и расположение стожков.

Полученные фотоматериалы подвергались камеральной обработке: сортировке, отбору информативных кадров и аннотированию. Для анализа фотопотока применялись методы машинного обучения, что позволило автоматически классифицировать изображения, выделить поведенческие типы и сформировать статистический массив данных по частоте появления особей, времени активности и типу взаимодействия с объектами среды.

Обработка данных и вычисление статистических параметров проводились с использованием стандартных программных пакетов (MS Excel, QGIS, и др.).

Результаты и обсуждение

Пищуха является консументом I порядка, питаясь почти исключительно надземными органами травянистых и кустарниковых растений (листья, побеги, ветви, цветки, плоды). Узкая пищевая специализация для вида не характерна, однако избирательность тех или иных видов растений определяется не только их кормовыми достоинствами, но и степенью их доступности: весной основу питания составляют ранние злаки, летом – мезофитное разнотравье, обычно в радиусе 20-30 м от убежищ, а с августа по октябрь пищуха формирует запасы на зиму [9, 10].

В ходе исследования видовой состав потребляемых растений был изучен по стожкам, собранным пищухами к середине ноября 2024 года на территории балки «Березовый дол» (52°1'52.02"С, 51°12'39.42"В). В двух найденных стожках выявлено 18 видов растений: полынь австрийская (*Artemisia austriaca* Jacq.), шалфей дубравный (*Salvia nemorosa* L.), мордовник шароголовый (*Echinops sphaerocephalus* L.), коровяк восточный (*Verbascum orientale* (L.) All.), тысячелистник щетинистый (*Achillea setacea* Waldst. & Kit.), карагана кустарниковая (*Caragana frutex* (L.) K. Koch.), солонечник мохнатый (*Galatella villosa* (L.) Rchb. fil.), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), смолёвка башкирская (*Silene baschkirorum* Janisch.), лопух паутинистый (*Arctium tomentosum* Mill.), пустырник сизоватый (*Leonurus glaucescens* Bunge), икотник серо-зеленый (*Berteroa incana* (L.) DC.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.),

репешок аптечный (*Agrimonia eupatoria* L.), лапчатка серебристая (*Potentilla argentea* L.), полынь полевая (*Artemisia campestris* L.), мятлик узколистный (*Poa angustifolia* L.) и котовник голый (*Nepeta nuda* L.).

Как и описано в других источниках [10, 11], в стожки пищуха собирает части разных растений, из которых доминируют только 2-3 вида. В нашем случае мы можем выделить полынь австрийскую, бодяк полевой и солонечник мохнатый как наиболее предпочтительные виды (рис. 2). Наибольшее видовое богатство демонстрирует семейство *Asteraceae* (Сложноцветные) – 7 видов, что соответствует типичной структуре степных фитоценозов. В меньшей степени представлены семейства *Lamiaceae* (Яснотковые) – 3 вида, *Rosaceae* (Розовые) – 2 вида, а также *Fabaceae* (Бобовые), *Poaceae* (Злаковые), *Scrophulariaceae* (Норичниковые), *Caryophyllaceae* (Гвоздичные) и *Brassicaceae* (Капустные) – по одному виду. По экологическим характеристикам выявленные виды растений являются ксерофитными и ксеромезофитными, что отражает сухие и суховатые условия местообитаний степной пищухи и характерные черты растительности Среднего Поволжья. Среди отмеченных растений преобладают светолюбивые и засухоустойчивые виды, приспособленные к произрастанию на сухих склонах, в разреженных дерновинных степях и кустарниковых сообществах. Значительная часть видов (например, *Artemisia austriaca*, *Galatella villosa*, *Caragana frutex*, *Poa angustifolia*) участвует в формировании основного растительного покрова на участках поселений пищух, создавая благоприятные условия для их жизнедеятельности.

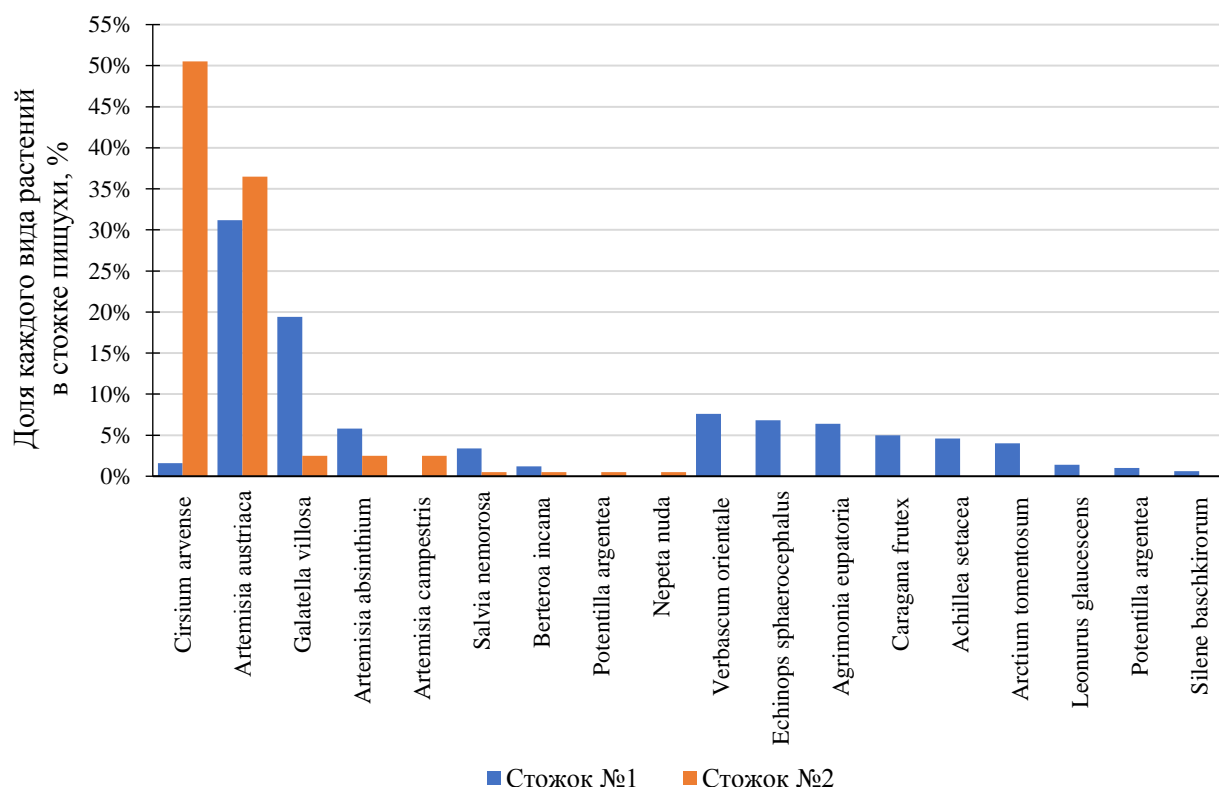


Рисунок 2 – Доля различных видов растений в стожках степной пищухи, %

Среди обследованных мест обитания степной пищухи наличие характерных стожков отмечалось не во всех случаях. В период с августа по ноябрь, в ходе проведения полевых экспедиций, стожки встречались единично – лишь в 3 локациях. В то же время в двух исследованных участках (ООПТ «Истоки р. Съезжая» (52°22'13.10"С 51°25'0.28"В) и «Урочище Мулин Дол» (52°7'28.83"С 51°22'16.13"В)) наблюдалось их массовое распространение, что позволяет говорить о высокой активности заготовочной деятельности животных. На остальных участках присутствие *O. pusilla* фиксировалось преимущественно по косвенным признакам – наличию характерного помёта и звуковой активности, что

свидетельствует о наличии пищух при отсутствии выраженной кормозаготовительной активности.

Предположительно, редкое формирование стожков в ряде локаций может быть обусловлено низкой плотностью популяции пищух, характерной для участков с субоптимальными экологическими условиями (например, при расселении молодых особей или освоении новых территорий). В таких условиях отсутствие выраженной внутривидовой конкуренции за кормовые ресурсы снижает необходимость в активном накоплении запасов на зимний период. Альтернативным объяснением может служить влияние внешних биотических факторов, в частности, пресс крупных копытных животных. По свидетельствам местных скотоводов, стожки травы, оставленные пищухами, активно поедаются домашним скотом при выпасе в местах обитания вида, что делает подобную стратегию накопления корма менее эффективной [10].

На территории ООПТ «Истоки р. Съезжая» было зафиксировано 13 стожков (рис. 3), из которых пять находились в густых кустарниковых зарослях, семь – на открытых пространствах между элементами микрорельефа (понижениями и «шишками»), и один, прикрытый зарослями эфедры, располагался в расщелине у подножия обрыва. Такая пространственная неоднородность распределения стожков, вероятно, отражает адаптационные особенности вида, направленные на сохранность кормовых запасов и на оптимизацию микроклиматических условий для хранения растительного материала.



Рисунок 3 – Популяция степной пищухи на территории ООПТ «Истоки р. Съезжая»

Условные обозначения: маркерами обозначены места нахождения стожков.

Особый интерес представляет поселение в ООПТ «Урочище Мулин Дол», где зафиксировано, вероятно, одно из наиболее благополучных сообществ степной пищухи на территории Самарской области. На площади около 1,2 га, занятой двумя соседствующими участками кустарниковых зарослей, зарегистрировано 59 стожков (рис. 4). Такая высокая плотность заготовленных кормовых запасов может указывать на стабильность локальной популяции, оптимальные условия для жизнедеятельности.

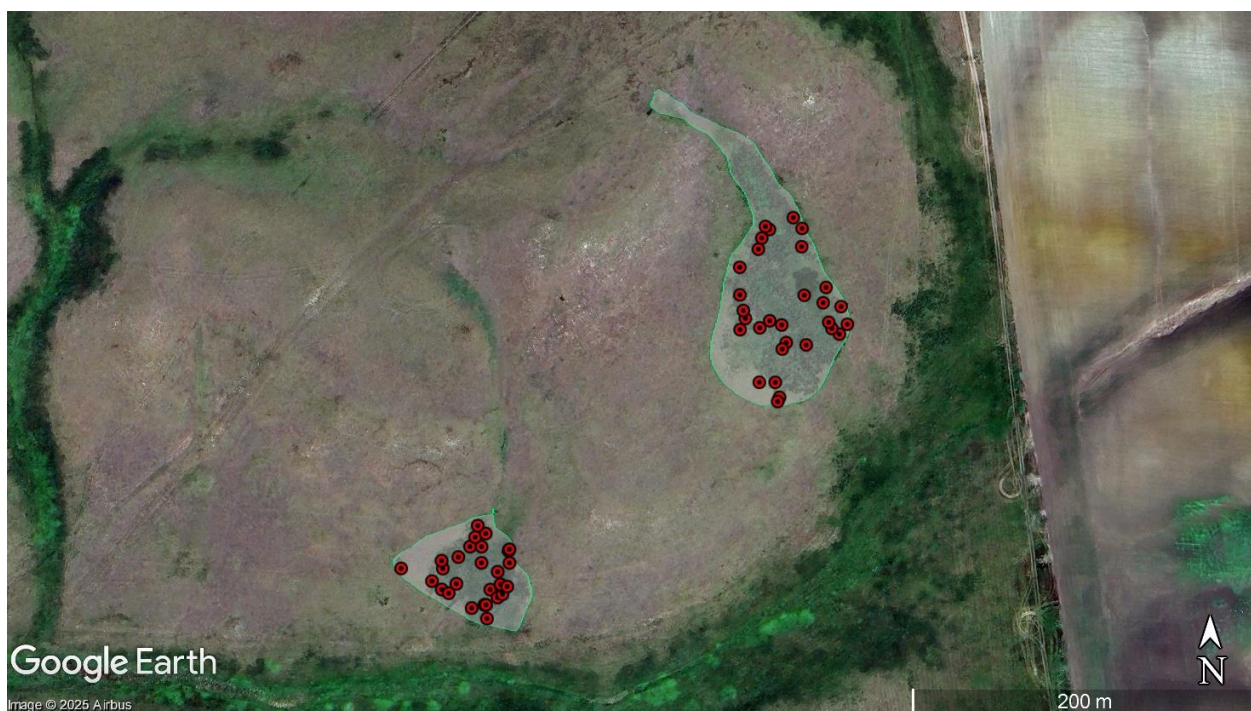


Рисунок 4 – Популяция степной пищухи на территории ООПТ «Урочище Мулин Дол»

Условные обозначения: маркерами обозначены места нахождения стожков.

Анализ строения и описательных характеристик стожков степной пищухи, зафиксированных в начале сентября 2025 года, выявил существенную вариабельность по массе, форме и составу растительных компонентов. Масса стожков варьировалась от 0,4 до 5,1 кг, при среднем значении около 2,1 кг, что может свидетельствовать о неоднородности условий обитания и различной интенсивности кормозаготовительной активности особей.

Большая часть стожков была размещена под кустарниками чилиги, что, по-видимому, обеспечивает оптимальные микроклиматические условия (защиту от осадков, ветра и перегрева), а также маскирует заготовки от потенциальных конкурентов и крупных травоядных. Примерно треть стожков имела подвешенное основание на ветвях кустарников, что можно рассматривать как адаптацию, направленную на снижение увлажнения и гниения растительного материала. Определенно точно подобный способ установки стожков позволяет пищухе укрыться под ним от врагов и более безопасно кормиться собранными растениями. При непосредственном наблюдении за пищухой возле стожка было замечено, как ласка, охотясь за ней, потеряла ее из виду и дезориентировалась после того, как ее добыча сначала спряталась под кучкой травы, а после выбежала с другой стороны и скрылась.

Расположение стожков пищухи по периферии кустарниковых зарослей имеет комплексную экологическую обусловленность. Такая пространственная организация обеспечивает оптимальные условия для сушки и длительного хранения растительных запасов благодаря лучшей инсоляции и аэрации на краю фитоценоза, что снижает риск переувлажнения и загнивания кормового материала. Периферийное размещение также обеспечивает баланс между защитой (за счет близости кустарников как укрытий) и возможностью визуального контроля территории на предмет хищников. Дополнительно, такая конфигурация расширяет радиус кормовой активности пищухи на открытую часть степи, где она также может собрать подходящие растения для стожка. В результате уменьшается перекрытие индивидуальных (семейных) участков, что способствует снижению внутривидовой конкуренции.

В растительном составе стожков преобладали части растений следующих видов: полыни австрийской, караганы кустарниковой, а также встречались листья шиповника (*Rosa* sp.), бобовника (*Amygdalus nana* L.), солонечника мохнатого и других ксерофитных

видов. Такое флористическое разнообразие отражает экосистемную специфику участка – преобладание степных фитоценозов с кустарниковыми формациями.

Наличие значительной доли свежих побегов на верхушках стожков указывает на активную кормозаготовительную деятельность в начале сентября и возможное поэтапное пополнение запасов. В то же время у ряда стожков (особенно на открытых участках) свежие растительные компоненты практически отсутствовали, что может быть следствием более ранней заготовки или частичного разрушения стожков под действием ветра или животных.

Корреляция массы стожков с их размещением показывает, что наиболее крупные из них (4-5 кг) чаще всего подвешены на ветках и характерны для участков с кустарниковым покровом. Это подтверждает гипотезу о связи объема кормовых запасов с защитными свойствами микрорельефа и типом растительности. На открытых участках без кустарников масса стожков, как правило, не превышала 2 кг, что указывает на ограниченные возможности сохранности заготовленного пищеухой растительного материала в менее защищенных условиях. Интересно отметить, что пищеухи заготавливают стожки в одних и тех же местах.

Наблюдение за пищеухой с помощью фотоловушек позволило также проанализировать ее суточную активность возле стожков. Обработывая все полученные снимки с помощью программы распознавания объектов AddaxAI [12], которая позволяет приблизительно идентифицировать таксономическую принадлежность животного и его положение на кадре, а также обобщать метаданные со снимков (дата, время и т.д.) в базу данных, мы получили графики активности малой пищеухи в течение двух периодов – сентябрь 2024-2025 гг. и июнь 2025 года.

Активность пищеух в сентябре (рис. 5) имеет двухпиковый характер, с максимумами в поздневечерний период (22:00-23:00) и ночные часы (около 01:00-02:00). В дневное время регистрируется резкое снижение числа наблюдений, минимумы приходятся на интервал с 10:00 до 17:00. Подобная динамика указывает на ночной и сумеречный тип активности [9]. Сентябрь является временем интенсивной подготовки к зиме, когда пищеухи активно собирают и укладывают растения в стожки. Поэтому высокая ночная активность у стожков в этот период связана, вероятно, именно с поведенческими актами собирания, переноса и укладки запасов. Ночные часы обеспечивают животным благоприятные температурные условия и снижают риск встречи с хищниками. Сокращение дневной активности можно объяснить не только тепловым стрессом, но и стремлением минимизировать заметность при повышенной дневной освещенности.

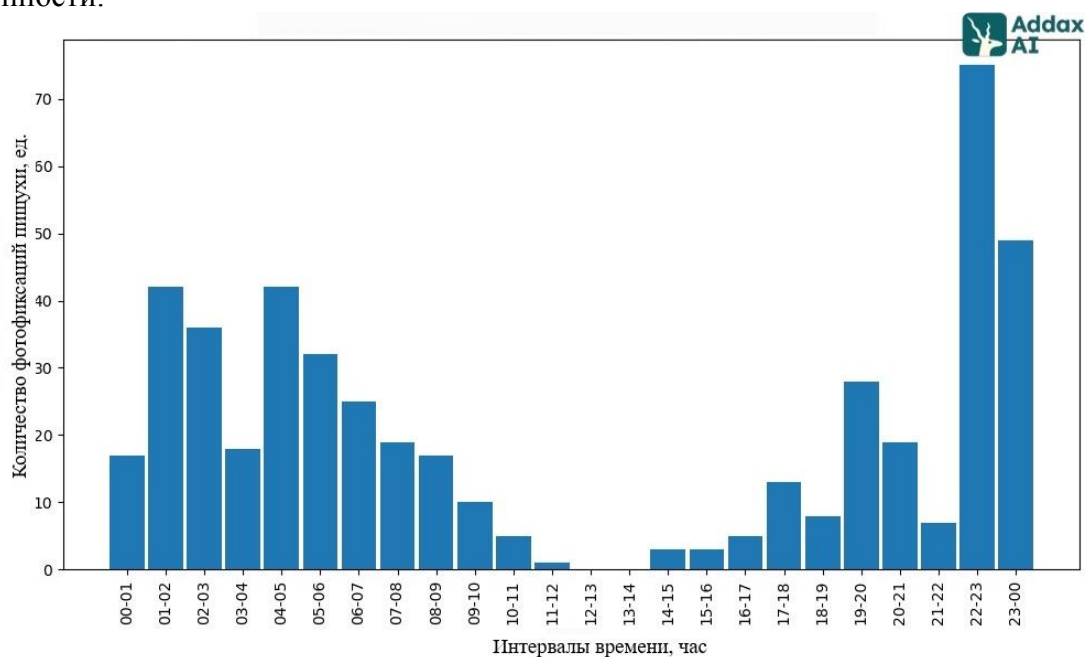


Рисунок 5 – График суточной активности степной пищеухи возле стожка в период интенсивной кормозаготовки, сентябрь 2024 г., сентябрь 2025 г. (n = 474)

В июне наблюдается несколько иная структура суточной активности (рис. 6). Основные пики активности приходятся на поздневечерние (19:00-23:00) и предутренние (03:00-06:00) часы, тогда как днем активность практически отсутствует. Поскольку в июне фаза формирования новых стожков еще не началась, высокая активность у стожков может отражать исследовательское поведение, использование прошлогодних стожков в большей степени как укрытий, мест отдыха или даже неких платформ, возвышающихся над землей, для акустической коммуникации с другими особями.

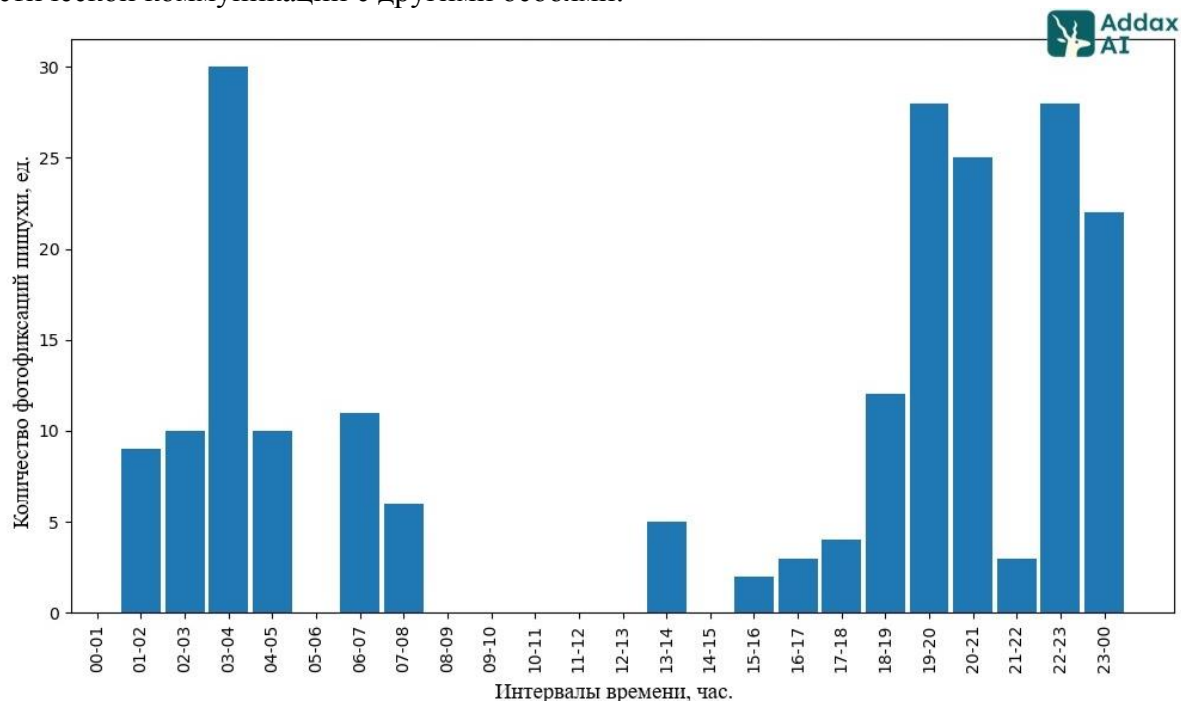


Рисунок 6 – График суточной активности степной пищухи возле стожка в летний период, июнь 2025 г. (n = 208)

Формирование стожков имеет важное экологическое значение: они обеспечивают пищей саму пищуху зимой, а также становятся вторичными ресурсами для хортобионтных насекомых (чернотелок, листоедов), мелких грызунов, птиц и копытных. Использование фотоловушек (рис.7) показало посещение стожков полевой мышью (*Apodemus agrarius* Pallas, 1771), водяной полевкой (*Arvicola amphibius* (Linnaeus, 1758)), серой куропаткой (*Perdix perdix* (Linnaeus, 1758)) и зайцем-русаком (*Lepus europaeus* (Pallas, 1778)). Кроме того, концентрация добычи у стожков создает постоянные зоны охоты для хищников, таких как ласка (*Mustela nivalis* Linnaeus, 1766), куница (*Martes foina* Erxleben, 1777) и лисица (*Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758)). Таким образом, малая пищуха выполняет роль «инженера» экосистемы, способствуя формированию точек скопления биоты и оказывая комплексное влияние на трофическую структуру степных биоценозов.



Рисунок 7 – Животные, попавшие на снимок фотоловушки возле стожка степной пищухи, балка «Березовый дол»

Условные обозначения: А – *Perdix perdix*, Б – *Vulpes vulpes*, В – *Mustela nivalis*, Г – *Arvicola amphibius*.

Выводы

Проведенное исследование позволило комплексно охарактеризовать экологические и поведенческие особенности степной пищухи на территории юга Самарской области, уделяя особое внимание процессу формирования и расположению стожков. Полученные данные показали, что стожки представляют собой важнейший элемент жизненной стратегии вида, отражающий его адаптацию к условиям степных экосистем. Изучение стожков выявило значительную вариабельность массы и размеров стожков, связанную с микрорельефом и характером растительного покрова, а также зависимость между объемом заготовок и степенью безопасности биотопа. Наиболее крупные и устойчивые стожки формируются под кустарниками, где создаются оптимальные микроклиматические условия для хранения растительного корма. Неинвазивные наблюдения с помощью фотоловушек позволили установить двухпиковый, преимущественно ночной тип суточной активности пищухи у стожков, что отражает поведенческую адаптацию к температурным и ценотическим особенностям среды. Состав растений стожков свидетельствует о селективном выборе кормовых растений с преобладанием ксерофитных видов, типичных для степей Среднего Поволжья. Таким образом, стожки степной пищухи выполняют не только функцию зимних кормовых запасов, но и играют значительную роль в пространственно-трофической организации степных биоценозов, служа источником питания для других животных и способствуя поддержанию устойчивости экосистем. Исследование подчеркивает значение степной пищухи как одного из ключевых видов-инженеров степных сообществ, а также демонстрирует перспективность использования анализа стожков как индикатора состояния популяций пищух и среды их обитания.

Благодарности

Авторы благодарят к.б.н. А.С. Паженкова, Н.Б. Кумарова, В.Е. Алмаева, Р.С. Усманова, В.В. Коннова, А.Ю. Опалатенко за помощь в проведении полевых исследований и ценные сведения о биологии степной пищухи.

Список литературы

1. Павлинов И.Я. Звери России: справочник-определитель. Ч. 1. Насекомоядные, рукокрылые, зайцеобразные, грызуны. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. 340 с.
2. Атлас распространения млекопитающих европейской части России / А.А. Лисовский, В.В. Стахеев, А.П. Савельев, О.А. Ермаков, Д.Г. Смирнов, Д.М. Глазов, Е.В. Оболенская, Б.И. Шефтель, С.В. Титов (ред.). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2025. 448 с., 172 ил., 186 карт.
3. Красная книга Самарской области. Т. 2. Редкие виды животных. Самара: Изд-во Самарской государственной областной академии Наяновой, 2019. 296 с.
4. Красная книга Самарской области. Научно-популярное издание / Под ред. А.Е. Кузовенко, Н.А. Мнацаканян. Самара: Метид, 2024. 288 с.
5. Smith A.T., Lisovsky A. *Ochotona pusilla*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2016. URL: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T15052A45179445.en> (дата обращения: 21.11.2025).
6. Паженков А.С., Кузовенко А.Е., Броздняков В.В., Дюжаева И.В., Курочкин А.С., Смелянский И.Э., Трофимова Т.А., Шаронова И.В., Шехмаметьева Ю.Ш. Форпосты природы Самарской области (особо охраняемые природные территории регионального значения) / Министерство природных ресурсов и экологии Самарской области. Самара: Лаборатория «Экотон», 2024. 240 с.
7. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
8. Bánki O., Roskov Y., Döring M., Ower G., Hernández Robles D.R., Plata Corredor C.A., Stjernegaard Jeppesen T., Örn A., Pape T., Hobern D., Garnett S., Little H., DeWalt R.E., Miller J., Orrell T., Aalbu R., Abbott J., Abreu C., Acero P.A., et al. (2025). Catalogue of Life (2025-10-10 XR). Catalogue of Life Foundation, Amsterdam, Netherlands. DOI: 10.48580/dgtpl.
9. Кузовенко А.Е., Маряхин И.Н. Степная, или малая пищуха *Ochotona pusilla* Pallas, 1769 (Lagomorpha, Ochotonidae) в Самарской области: история изучения, современное распространение, анализ существующих угроз и лимитирующих факторов // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2025. Т. 34. № 1. С. 60-72.
10. Соколов В.Е., Иваницкая Е.Ю., Груздев В.В., Гептнер В.Г. Млекопитающие России и сопредельных регионов: Зайцеобразные. М.: Наука, 1994. С. 5-28.
11. Wilson D.E., Lacher T.E. Jr., Mittermeier R.A. Ochotonidae // Handbook of the Mammals of the World. Vol. 6: Lagomorphs and Rodents I. Barcelona: Lynx Edicions, 2016. P. 28-43. DOI: 10.5281/zenodo.6619785.
12. Van Lunteren P. AddaxAI: A no-code platform to train and deploy custom YOLOv5 object detection models // Journal of Open Source Software. 2023. Vol. 8. No. 88. Article 5581. DOI: 10.21105/joss.05581.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 19.10.2025

Принята к публикации 12.12.2025

BEHAVIORAL AND ECOLOGICAL ASPECTS OF THE STEPPE PIKA (*OCHOTONA PUSILLA*) IN THE STEPPE ECOSYSTEMS OF THE SAMARA REGION

I. Maryakhin¹, A. Kuzovenko^{1,2}, E. Korchikov¹

¹Samara National Research University, Russia, Samara

²Samara Zoo, Russia, Samara

e-mail: maryahin2012@gmail.com

The article presents the results of a comprehensive study on the biology of the steppe pika *Ochotona pusilla* (Pallas, 1769) in the Samara Region, using photomonitoring, geoinformation analysis, and a detailed description of haystacks. Field observations made it possible to substantiate some principles of haystacks formation and placement, as well as to characterize their external features and the species composition of the collected plants. Analysis of daily activity patterns based on camera trap data, revealed a bimodal (crepuscular–nocturnal) activity type, reflecting the species' adaptation to steppe ecosystem conditions. The activity of the steppe pika has a significant impact on the structure and function of steppe biocenoses, creating microhabitats that attract other vertebrate and invertebrate species due to their trophic potential. The results obtained expand our understanding of the current state of steppe pika populations in the Middle Volga region, and can be used to develop regional measures to preserve biological diversity in steppe ecosystems.

Key words: steppe pika, haystack, camera trap, shrubbing steppe, area, habitat, daily activity, steppe flora, Samara Region.

References

1. Pavlinov I.YA. Zveri Rossii: spravochnik-opredelitel'. Ch. 1. Nasekomoyadnye, rukokrylye, zaitseobraznye, gryzuny. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2019. 340 s.
2. Atlas rasprostraneniya mlekopitayushchikh evropeiskoi chasti Rossii. A.A. Lisovskii, V.V. Stakheev, A.P. Savel'ev, O.A. Ermakov, D.G. Smirnov, D.M. Glazov, E.V. Obolenskaya, B.I. Sheftel', S.V. Titov (red.). M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2025. 448 s., 172 il., 186 kart.
3. Krasnaya kniga Samarskoi oblasti. T. 2. Redkie vidy zhivotnykh. Samara: Izd-vo Samarskoi gosudarstvennoi oblastnoi akademii Nayanovoi, 2019. 296 s.
4. Krasnaya kniga Samarskoi oblasti. Nauchno-populyarnoe izdanie. Pod red. A.E. Kuzovenko, N.A. Mnatsakanyan. Samara: Metida, 2024. 288 s.
5. Smith A.T., Lisovsky A. *Ochotona pusilla*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2016. URL: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T15052A45179445.en> (data obrashcheniya: 21.11.2025).
6. Pazhenkov A.S., Kuzovenko A.E., Brozdnyakov V.V., Dyuzhaeva I.V., Kurochkin A.S., Smelyanskii I.E., Trofimova T.A., Sharonova I.V., Shekhmamet'eva Yu.Sh. Forposty prirody Samarskoi oblasti (osobo okhranyaemye prirodnye territorii regional'nogo znacheniya). Ministerstvo prirodnykh resursov i ekologii Samarskoi oblasti. Samara: Laboratoriya "Ekoton", 2024. 240 s.
7. Maevskii P.F. Flora srednei polosy evropeiskoi chasti Rossii. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2014. 635 s.
8. Bánki O., Roskov Y., Döring M., Ower G., Hernández Robles D.R., Plata Corredor C.A., Stjernegaard Jeppesen T., Örn A., Pape T., Hobern D., Garnett S., Little H., DeWalt R.E., Miller J., Orrell T., Aalbu R., Abbott J., Abreu C., Acero P.A., et al. (2025). Catalogue of Life (2025-10-10 XR). Catalogue of Life Foundation, Amsterdam, Netherlands. DOI: 10.48580/dgtpl.
9. Kuzovenko A.E., Maryakhin I.N. Stepnaya, ili malaya pishchukha *Ochotona pusilla* Pallas, 1769 (Lagomorpha, Ochotonidae) v Samarskoi oblasti: istoriya izucheniya, sovremennoe rasprostranenie, analiz sushchestvuyushchikh ugroz i limitiruyushchikh faktorov. Samarskaya Luka: problemy regional'noi i global'noi ekologii. 2025. T. 34. N 1. S. 60-72.
10. Sokolov V.E., Ivanitskaya E.YU., Gruzdev V.V., Geptner V.G. Mlekopitayushchie Rossii i sopredel'nykh regionov: Zaitseobraznye. M.: Nauka, 1994. S. 5-28.

11. Wilson D.E., Lacher T.E. Jr., Mittermeier R.A. Ochotonidae. Handbook of the Mammals of the World. Vol. 6: Lagomorphs and Rodents I. Barcelona: Lynx Edicions, 2016. P. 28-43. DOI: 10.5281/zenodo.6619785.

12. Van Lunteren P. AddaxAI: A no-code platform to train and deploy custom YOLOv5 object detection models. Journal of Open Source Software. 2023. Vol. 8. No. 88. Article 5581. DOI: 10.21105/joss.05581.

Сведения об авторах:

Маряхин Илья Николаевич

Аспирант кафедры экологии, ботаники и охраны природы, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

ORCID 0009-0001-0648-1517

Maryakhin Ilya

Graduate student Department of Ecology, Botany and Nature Protection, Samara National Research University

Кузовенко Александр Евгеньевич

К.б.н., заместитель директора по научно-просветительской деятельности, Самарский зоопарк; доцент кафедры экологии, ботаники и охраны природы, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

ORCID 0009-0009-7296-2149

Kuzovenko Alexander

Candidate of Biological Sciences, Deputy Director for Scientific and Educational Activities, Samara Zoo; Associate Professor of the Department of Ecology, Botany and Nature Protection, Samara National Research University

Корчиков Евгений Сергеевич

К.б.н., доцент кафедры экологии, ботаники и охраны природы, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

ORCID 0000-0002-5728-6287

Korchikov Evgeny

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, Botany and Nature Protection, Samara National Research University

Для цитирования: Маряхин И.Н., Кузовенко А.Е., Корчиков Е.С. Поведенческие и экологические аспекты жизнедеятельности степной пищухи (*Ochotona pusilla*) в степных экосистемах Самарской области // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 139-150. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-139-150

**ОЦЕНКА КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА И ЕЕ ВЛИЯНИЯ НА
УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ****Ю.А. Гулянов**

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: orensteppe@mail.ru

В статье представлены результаты оценки определяющих континентальность климата метеорологических параметров в различных почвенно-климатических зонах Оренбургской области. Отмечено повсеместное повышение средней годовой температуры воздуха и ее годовой амплитуды, снижение количества осадков теплого периода года и потепление осени и весны, и практически повсеместное сокращение количества годовых атмосферных осадков. Их неблагоприятная изменчивость отнесена к числу основных причин, вызывающих усиление континентальности климата, характеризующееся достаточно выраженной направленностью с северо-запада на юго-восток области по мере роста годовой амплитуды температуры воздуха и снижения географической широты местности. Наибольший прирост континентальности климата за период с 1990 по 2024 гг., составивший 13,0 процентных пункта (далее – п.п.) индекса континентальности Н.Н. Иванова ($K_{ИВ}$)(Акбулак) – 20,0 п.п. $K_{ИВ}$ (Первомайский), установлен в Южной зоне. Существенное усиление континентальности выявлено и в Восточной зоне – на 11 (Домбаровский) – 16 п.п. $K_{ИВ}$ (Красноярский). Среди последствий усиления континентальности климата отмечены часто сопровождающие его экстремальные метеорологические явления, снижающие стабильность сельскохозяйственного производства и создающие риски поддержанию продовольственной безопасности. К числу неблагоприятных последствий усиления континентальности климата для природных степных сообществ отнесено снижение экологической устойчивости ландшафтов, создающее риски сохранению биологического разнообразия. Повышение устойчивости земледелия в складывающихся условиях рекомендовано посредством повышения адаптивности реализуемых агротехнологий к климатическим изменениям на основе новационных, в т.ч. интеллектуальных технологических подходов, включая приемы природоподобной направленности.

Ключевые слова: степная зона России, континентальность климата, устойчивость земледелия, адаптация агротехнологий, интеллектуальные технологические приемы.

Введение

Ресурсы климата используются в различных отраслях производства и оказывают существенное влияние на их эффективность [1, 2].

В отличие от других физико-географических факторов косвенного воздействия, климат является прямым экологическим фактором, определяющим специфические условия среды обитания живых организмов, особенности жизни и деятельности человека [3, 4].

Наблюдающиеся в настоящее время глобальные изменения климата сопровождаются снижением стабильности зависимых производств и формируют риски для устойчивого развития. Они оказывают заметное влияние на экосистемы, экономики и социальные структуры во всем мире [5, 6].

В России от состояния климата зависит успешность реализации многих стратегических задач. В частности, он оказывает значительное влияние на устойчивость сельского хозяйства, его конкурентоспособность на мировом рынке, стабильность объемов производства сельскохозяйственной продукции, обеспечение продовольственной безопасности [7].

В связи с этим климат является предметом всестороннего изучения [8, 9], а мониторинг его параметров и динамики имеет высокий научно-практический интерес [10].

В преимущественно сельскохозяйственных степных регионах России, специализирующихся на зерновом производстве, исследование климата характеризуется особой актуальностью в связи со значительным влиянием метеорологических флуктуаций на эффективность растениеводства [11]. Очень часто оно выражается в снижении продуктивности полевых культур, а иногда приводит и к их гибели, что сопровождается обострением продовольственных вызовов [12].

Наиболее широко возделываемой полевой культурой в степных регионах России является пшеница. Ее основными поставщиками в российские закрома считаются Воронежская, Белгородская, Ростовская, Волгоградская, Саратовская, Оренбургская области, Краснодарский, Ставропольский и Алтайский край.

Средний валовой сбор пшеницы в Оренбургской области за истекший семнадцатилетний период (2008-2024 гг.) составил 1,66 млн т или 2,30 % от среднего урожая по стране. Он характеризовался высокой нестабильностью по годам (от 0,48 до 2,69 млн т) и на 60,8 % детерминировал изменчивость общероссийского урожая. Его величина в большей степени зависела от метеорологических параметров и находилась в обратной слабой связи с размерами посевных площадей ($r = -0,35$).

Сильная зависимость общероссийского урожая пшеницы от урожаев с оренбургских полей ($r = 0,78$) указывает на целесообразность повышения его стабильности, в т.ч. посредством актуализации современных климатических тенденций и адаптации агротехнологий к их вариациям с использованием новационных технологических приемов.

Для климатической оценки территорий применяется достаточно широкий перечень критериев, характеризующихся специфическими особенностями в зависимости от области их приложения.

В качестве интегральной характеристики климатического режима часто используется показатель континентальности климата, определяемый сочетанием различных свойств климата при совокупном воздействии больших площадей суши на атмосферу и климатообразующие процессы [13, 14].

Мерой континентальности климата, выражаемой в индексах континентальности, чаще всего выступает годовая амплитуда приземной температуры воздуха, а также динамика влажности воздуха, облачности и осадков, повторяемость циклонов и антициклонов, сезонная динамика загрязнения воздуха, суточная амплитуда региональных метеорологических параметров и др. [15].

Континентальный климат характеризуется преимущественно жарким летом, морозной зимой, невысоким количеством атмосферных осадков, большим перепадом температур в течение суток (особенно весной и осенью) и повышенной ветреностью, сопровождающейся пыльными бурями [16].

Наблюдающееся в различных регионах мира изменение континентальности климата в условиях глобального потепления часто сопровождается формированием экстремальных метеорологических явлений, оказывающих значительное влияние на условия ведения сельского хозяйства [15]. В расположенных во внутренних районах Евразии, вдали от океанского побережья, степных регионах России, они определяют качество среды произрастания полевых культур, содержания сельскохозяйственных животных и их продуктивность [17].

В естественных природных степных сообществах повышение континентальности климата сопровождается снижением экологической устойчивости ландшафтов и создает риски сохранению биологического разнообразия [18].

Основная цель исследований заключалась в оценке континентальности климата и выявлении ее пространственной и временной динамики в различных почвенно-климатических зонах Оренбургской области.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- провести оценку современных тенденций метеорологических параметров, определяющих континентальность климата в отдельных территориях Оренбургской области;
- осуществить анализ интегральных показателей климатического режима с использованием различных методик, выявить их пространственную и временную динамику;
- определить основные направления повышения адаптивности агротехнологий к климатическим изменениям.

Материалы и методы

Объектом исследований выступали климатические ресурсы различных почвенно-климатических зон Оренбургской области с приуроченными к их территориям сертифицированными метеорологическими станциями Росгидромета.

В пространственном отношении территория Оренбургской области охватывает юго-восточную окраину Восточно-Европейской равнины, южную оконечность Урала и южное Зауралье. Она является одним из крупных регионов России, простирается с запада на восток на 755 км и имеет площадь 124 тыс. км². Ее современный рельеф сформировался в результате длительного размыва Уральских гор и Предуральских сыртовых равнин, а также в результате новейших тектонических преобразований. В рельефе выделяются равнины Приуралья, Уральские горы, Зауральский пенеппен и равнины Тургайской столовой страны [19].

Земельный фонд области составляет 12,3 млн га, из которых 10,8 млн га занимают сельскохозяйственные угодья, более чем на половину представленные пашней [20]. В структуре посевных площадей преобладают зерновые (пшеница, ячмень, рожь) и масличные (подсолнечник) культуры.

В связи со значительной протяженностью в меридиональном направлении территория области характеризуется заметной неоднородностью в обеспеченности ресурсами тепла и влаги [21] с характерной для всей территории ограниченностью атмосферных осадков и повышенной солнечной инсоляцией.

Информационной базой для расчета и анализа климатического режима исследуемой территории служили данные метеорологических станций Росгидромета: Бугуруслан (синоптический индекс (СИ) 28806), Шарлык (СИ 28916), приуроченных к Северной почвенно-климатической зоне; Бузулук (СИ 28909), Сорочинск (СИ 35011), Новосергиевка (СИ 35015) – к Западной зоне; Оренбург (СИ 35121) – к Центральной; Первомайский (СИ 35008), Акбулак (СИ 35127) – к Южной; Красноярский (СИ 35039) и Домбаровский (СИ 35233) – к Восточной зонам [22, 23]. Они представляют собой временные ряды среднесуточных и среднемесячных значений температуры воздуха, суточных и месячных сумм осадков за каждый анализируемый год в период с 1990 по 2024 годы.

В качестве информации об объемах производства зерна использовались сведения Министерства сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области, представляющие собой временные ряды урожайности (т/га) и валовых сборов (тыс. т) зерна по соответствующим территориям за 2008-2024 гг.

Определение интегральных индексов континентальности климата проводили с использованием широко применяемых в научной практике методик, основанных на различном сочетании метеорологических и географических параметров: географической широты местности, годовой амплитуды температуры воздуха, сезонного количества атмосферных осадков, средней температуры воздуха весны и осени и др. [8, 14, 15].

Определение индекса континентальности климата, основанного на учете географической широты местности и годовой амплитуды температуры воздуха, осуществляли по формулам, предложенным W.L. Gorczynski [24], С.П. Хромовым [25] и Н.Н. Ивановым [26], наиболее часто используемым для характеристики климатических условий в различных регионах Евразии:

$$K_{Gor} = \frac{1,7 A}{\sin \varphi} - 20,4, \quad (1)$$

где K_{Gor} – индекс континентальности климата по W.L. Gorczynski,

A – годовая амплитуда температуры приземного слоя воздуха, °С,
 φ – географическая широта местности, °с.ш.

$$K_{\text{Хром}} = \frac{A - 5,4 \sin \varphi}{A}, \quad (2)$$

где $K_{\text{Хром}}$ – индекс континентальности климата по С.П. Хромову.

$$K_{\text{Ив}} = \frac{A}{0,33\varphi} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $K_{\text{Ив}}$ – индекс континентальности климата по Н.Н. Иванову, %.

Низкие (минимальные) значения индексов $K_{\text{Гор}}$ и $K_{\text{Хром}}$ считали соответствующими менее континентальному климату, а высокие (максимальные) – более континентальному климату.

Относительные величины индекса $K_{\text{Ив}}$ в интервале от 101 до 120 % считали соответствующими слабо континентальному климату (СК), от 121 до 146 % – умеренно континентальному (УК), от 147 до 177 % – континентальному (К), от 178 до 214 % – резко континентальному (РК) и более 214 % – крайне континентальному (КК) климату.

Для определения индекса континентальности климата, учитывающего, кроме географической широты местности и годовой амплитуды температуры воздуха [27], еще и сезонное количество осадков [28], пользовались формулой Н.Ф. Харламовой:

$$K_{\text{Хар}} = \left[\left(\frac{A - 5,4 \sin \varphi}{A} \right) \cdot \left(\frac{\sum O_{\text{IV-X}}}{100} \right) \right] \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где $K_{\text{Хар}}$ – индекс континентальности климата по Н.Ф. Харламовой, %,

$\sum O_{\text{IV-X}}$ – сумма атмосферных осадков с апреля по октябрь, мм.

Высокие (максимальные) значения индекса $K_{\text{Хар}}$ считали соответствующими менее континентальному климату, а низкие (минимальные) – более континентальному климату.

Определение индекса континентальности климата, основанного на учете географической широты местности, а также средней температуры весны и осени [29], осуществляли по формуле Johanssona-Ringleba:

$$K_{\text{Jo-R}} = 0,6 \left(1,6 \cdot \frac{A}{\sin \varphi} - 14 \right) - (T_{\text{IX-XI}} - T_{\text{III-V}}) + 36, \quad (5)$$

где $K_{\text{Jo-R}}$ – индекс континентальности климата по методике Johanssona-Ringleba,

$T_{\text{IX-XI}}$ – средняя температура осени (сентябрь-ноябрь), °С,

$T_{\text{III-V}}$ – средняя температура весны (март-май), °С.

Низкие (минимальные) значения индекса $K_{\text{Jo-R}}$ считали соответствующими менее континентальному климату, а высокие (максимальные) – резко континентальному климату.

Для расчетов тригонометрических функций географической широты местности ее показатели в традиционных единицах (°, ' и ") переводили в десятичные градусы по соотношению:

$$d^{\circ} m' s'' = (d + m/60 + s/3600)^{\circ}, \quad (6)$$

где d – градусы, m – минуты, s – секунды.

Математическая обработка аналитических данных проводилась стандартными методами статистического анализа [30] в *Microsoft Office Excel*.

Для оценки силы связи между данными отдельных массивов, имеющими нормальное распределение, использовали коэффициент корреляции Пирсона (r). При его значениях от 0,1 до 0,3 корреляционную зависимость считали слабой, от 0,3 до 0,7 – средней и больше 0,7 – сильной [31].

Результаты и обсуждение

В результате анализа определяющих континентальность климата метеорологических параметров установлена их высокая пространственная динамика и временная изменчивость,

характеризующиеся определенными особенностями в различных почвенно-климатических зонах.

Наибольшими ресурсами тепла выделяется расположенная в Предуралье Южная почвенно-климатическая зона (далее – зона). Так, при средней по области среднегодовой температуре воздуха на уровне 5,2°C в Акбулаке за анализируемый период (1990-2024) она оказалась выше на 0,7°C или 13,4 % и на 0,8°C или 15,4 % – в Первомайском.

Наименьшими ресурсами тепла характеризовались расположенная в Предуралье Северная и приуроченная к Зауралью Восточная зоны области. Здесь среднегодовая температура воздуха в анализируемый период составила 4,3°C (Шарлык) и 3,4°C (Красноярский), что оказалось ниже среднеобластных значений на 0,9°C (17,2 %) и 1,8°C (34,7 %) соответственно.

Пространственный размах изменчивости среднегодовой температуры воздуха применительно ко всей территории области составил 2,6°C или 43,3 % от наибольшей ее величины (6,0°C) в Первомайском и наименьшей в Красноярском (3,4°C).

Наибольшей временной нестабильностью указанного метеорологического параметра характеризовались зоны с его наименьшей величиной. Так, в Шарлыке средняя годовая температура воздуха изменялась от 2,4°C (1993) до 6,0°C (1995) с коэффициентом вариации 20,1 %, от 2,3°C (1993,1996) до 6,2°C (2023) – в Домбаровском и от 1,4°C (1993) до 5,0°C (2020) – в Красноярском, с коэффициентом вариации 21,6 % и 26,4 % соответственно (рис. 1).

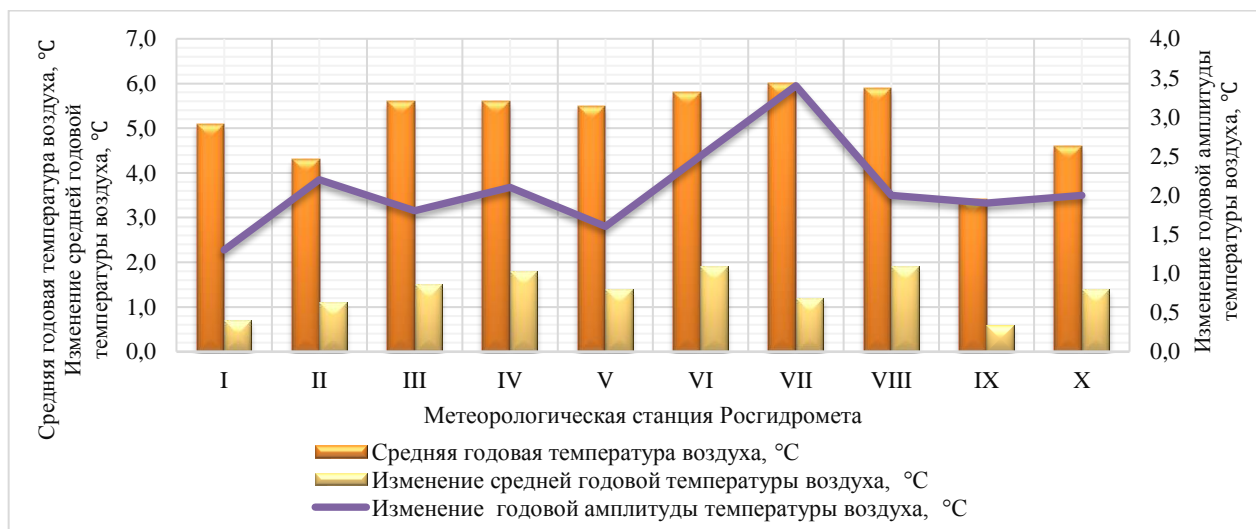


Рисунок 1 – Динамика средней годовой температуры воздуха и годовой амплитуды температуры воздуха по метеорологическим станциям Росгидромета в отдельных территориях Оренбургской области, приуроченных к различным почвенно-климатическим зонам (I – Бугуруслан, II – Шарлык, III – Бузулук, IV – Сорочинск, V – Новосергиевка, VI – Оренбург, VII – Первомайский, VIII – Акбулак, IX – Красноярский, X – Домбаровский)

Общим для всей территории области в указанный период стало повышение среднегодовой температуры воздуха. Ее наибольшее изменение (положительный тренд) отмечено в Предуралье – в Западной, Центральной и Южной зонах, где оно составило 1,8°C (Сорочинск) – 1,9°C (Оренбург, Акбулак). В Восточной и Северной зонах области также наблюдался прирост тепла, хотя и менее выраженный – на 0,6°C (Красноярский) и 1,1°C (Шарлык).

Все исследуемые территории характеризовались высокими значениями средней годовой амплитуды температуры воздуха. Разница между наименьшими средними значениями самого холодного и наибольшими средними значениями самого теплого месяца года в среднем за анализируемый период составила 35,0-39,0°C. Ее близкая к максимальной величина в 37,1°C, с варьированием по годам от 30,2°C (1992) до 44,6°C (2010) отмечена в

Южной (Акбулак) зоне области. Наибольшими же значениями амплитуды годовой температуры воздуха характеризовалась Восточная зона, где она с временной изменчивостью от 31,2°C (1992) до 45,0 (2012) и от 31,3°C (1992) до 46,4°C (2012) составила 37,6°C (Красноярский) – 38,6°C (Домбаровский).

Также, как и в отношении средней годовой температуры воздуха, применительно к средней годовой амплитуде температуры воздуха во всех исследуемых территориях выявлена положительная динамика, составившая в среднем по области 2,1°C или 5,7 %. Наибольшее ее увеличение, на 3,4°C или 9,4 %, отмечено в Южной зоне области (Первомайский). На 2,2°C – 2,5°C она возросла в Северной (Шарлык) и Центральной (Оренбург) зонах, и на 1,9°C – 2,0°C – в Восточной зоне (Красноярский, Домбаровский).

Наибольшими ресурсами атмосферных осадков характеризовалась Северная зона. При средней по области их величине за указанный период в 384 мм их количество в Бугуруслане составило 448 мм и 456 мм в Шарлыке, т.е. на 64 мм и 72 мм или 16,7 % и 18,8 % больше.

Наименьшее среднее годовое количество атмосферных осадков наблюдалось в Восточной зоне. В Красноярском оно равнялось 301 мм и 316 мм в Домбаровском, что составило только 78,4 % и 82,3 % от средних по области. Их величина в среднем по Северной зоне оказалась выше средней величины по Восточной зоне на 144 мм или 46,5 % (рис. 2).

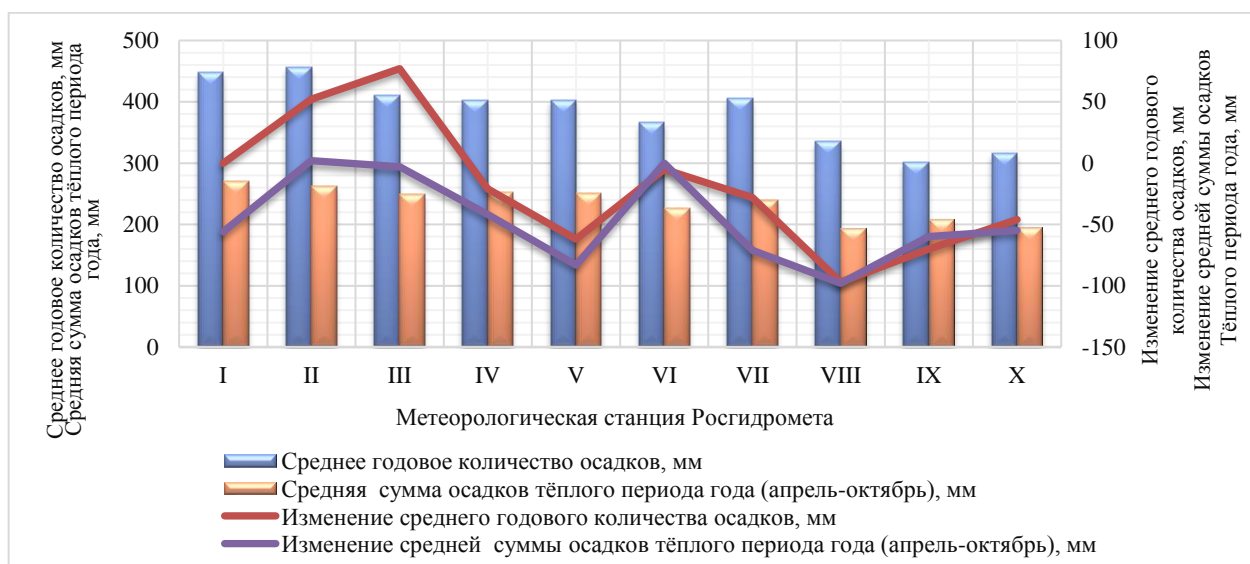


Рисунок 2 – Динамика среднего годового количества осадков и средней суммы осадков теплого периода года (апрель-октябрь) по метеорологическим станциям Росгидромета в отдельных территориях Оренбургской области, приуроченных к различным почвенно-климатическим зонам (I – Бугуруслан, II – Шарлык, III – Бузулук, IV – Сорочинск, V – Новосергиевка, VI – Оренбург, VII – Первомайский, VIII – Акбулак, IX – Красноярский, X – Домбаровский)

Южная зона области по атмосферному увлажнению характеризовалась средними значениями, с существенным преобладанием количества атмосферных осадков в западных территориях зоны по сравнению с восточными. Так, их количество в Акбулаке составило 335 мм, а в Первомайском (405 мм) оказалось на 70 мм или 20,9 % выше.

Наибольшей временной нестабильностью годовых атмосферных осадков характеризовались также Южная и Восточная зоны области, где коэффициент их вариации составил 27,8 % (Акбулак), 27,4 % (Красноярский) и 22,9 % (Домбаровский).

Относительно изменения количества годовых атмосферных осадков за анализируемый период выявлена их разнонаправленная тенденция. В большинстве территорий сложился их отрицательный тренд, с максимальными значениями в Акбулаке (-97 мм), Красноярском (-70 мм), Новосергиевке (-62 мм), Домбаровском (-46 мм). При этом в Северной зоне и

отдельных территориях Западной зоны наблюдается положительная тенденция. Если в Бугуруслане зафиксирован практически нулевой тренд, то в Бузулуке, с учетом чрезвычайного увлажнения нескольких последних лет, прирост годового количества атмосферных осадков за анализируемый 35-летний период составил 77 мм и 52 мм в Шарлыке, что составляет 18,8 % и 11,4 % от их среднего за этот период количества.

Близким к пространственному распределению годовых атмосферных осадков оказалось и распределение по зонам области осадков теплого периода года – с апреля по октябрь. Их максимальные значения отмечены в Северной и Западной зонах области, где они составили 252 мм (Сорочинск), 262 мм (Шарлык) и 270 мм (Бугуруслан), что на 7,3-11,6-15,0 % выше среднеобластных величин. Наименьшими значениями характеризовались Южная (194 мм, Акбулак) и Восточная (195 мм Домбаровка, 209 мм Красноярский) зоны области, за исключением Первомайского (240 мм), территориально тяготеющего к Западной зоне.

Вариабельность осадков теплого периода года по зонам области была еще выше, чем вариабельность годового количества осадков. Их наибольшая изменчивость с коэффициентом вариации 41,3 % и 44,1 % наблюдалась в Южной (Акбулак) и Восточной (Красноярский) зонах и превышала изменчивость годового количества осадков на 13,5 и 16,7 процентных пункта (далее – п.п.) соответственно.

Анализ изменения (тренд) сумм осадков теплого периода года показал, что прирост годового количества осадков анализируемого периода, отмеченный выше в некоторых территориях (Шарлык, Бузулук), связан исключительно с увеличением их количества в холодный период года. За теплый же период практически повсеместно наблюдается уменьшение количества осадков, на наибольшую величину – в Первомайском (71 мм), Новосергиевке (83 мм), Акбулаке (98 мм), составившую 29,6-33,1-50,5 % от их среднего за анализируемый период количества. И только в Шарлыке сохраняется нулевой тренд.

Территория Оренбургской области в пределах Предуралья и Зауралья, а также в границах почвенно-климатических зон, характеризуется значительной изменчивостью средней температуры осени и весны. Так, самая теплая осень наблюдается в Предуралье, в Южной зоне области, с максимальной средней месячной температурой сентября, октября и ноября на уровне 6,0°C (Акбулак, Первомайский). Немногим, на 0,2-0,3°C, она ниже в Западной зоне (Бузулук, Новосергиевка, Сорочинск). Наименьшие же значения средней температуры осени отмечены в Восточной (3,8°C, Красноярский) и Северной (4,4°C, Шарлык) зонах, за исключением Домбаровского и Бугуруслана, где ее величина составила 5,0°C и 5,4°C соответственно (рис. 3).

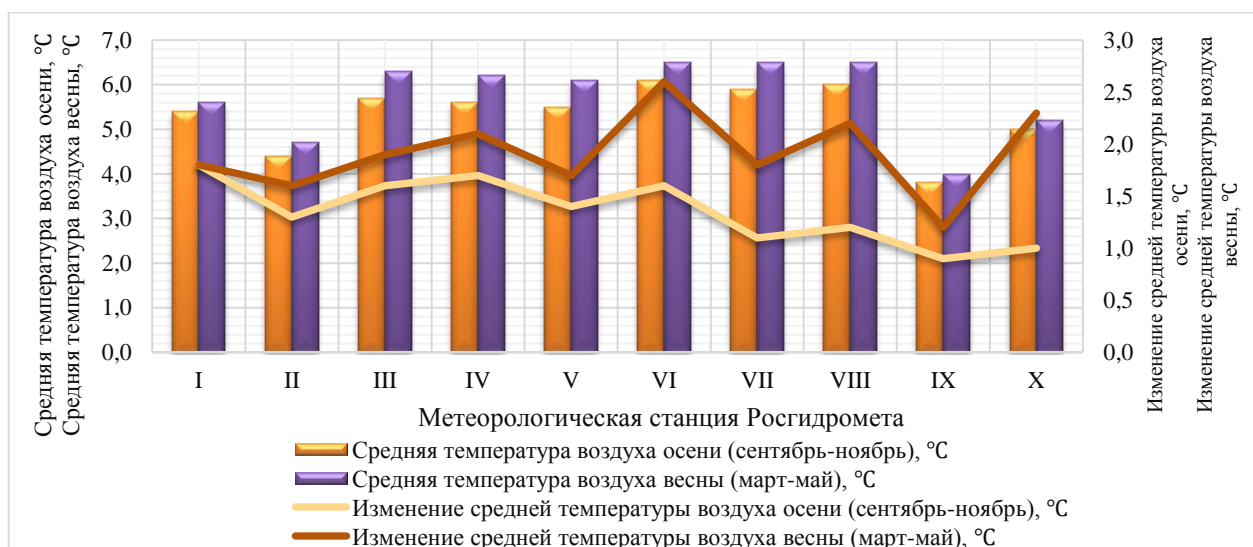


Рисунок 3 – Динамика средней температуры воздуха осени (сентябрь – ноябрь) и весны (март – май) по метеорологическим станциям Росгидромета в отдельных территориях Оренбургской области, приуроченных к различным почвенно-климатическим зонам (I –

Бугуруслан, II – Шарлык, III – Бузулук, IV – Сорочинск, V – Новосергиевка, VI – Оренбург, VII – Первомайский, VIII – Акбулак, IX – Красноярский, X – Домбаровский)

Анализ временной изменчивости средней температуры воздуха сентября-октября-ноября показал, что за анализируемый период во всех исследуемых территориях осень стала теплее. Ее положительный тренд составил 0,9-1,8°C, с максимальными значениями в Бугуруслане (1,8°C), Сорочинске (1,7°C), Бузулуке и Оренбурге (1,6°C).

Значительно теплее стала и весна. При средней температуре воздуха с марта по май в среднем по области на уровне 5,8°C и ее максимальной величине в 6,5°C, отмеченной в Акбулаке, Оренбурге и Первомайском, прирост тепла составил 2,2°C, 2,6°C и 1,8°C соответственно. В других территориях, при несколько меньшей средней температуре весны, также наблюдается ее положительный тренд, составивший 1,2°C (Красноярский) – 2,1°C (Сорочинск). Особенно выделяется прирост весеннего тепла в Домбаровском, составивший 2,3°C или 44,2 % при средней температуре весны 5,2°C.

В результате расчета интегральных показателей климатического режима с использованием методических разработок различных авторов и приведенных выше метеорологических параметров определена степень континентальности климата и установлена его пространственная и временная динамика.

Анализ полученных данных показал, что для Оренбургской области характерной является высокая континентальность климата. Так, индекс континентальности Н.Н. Иванова ($K_{ИВ}$) применительно ко всей территории области в среднем за анализируемый период (1990-2024) составил 213 % и характеризует его как резко континентальный, пограничный с крайне континентальным (более 214 %).

В пространственном отношении территория Оренбургской области характеризуется определенной изменчивостью континентальности климата. Меньшими относительными величинами $K_{ИВ}$, соответствующими резко континентальному климату (178-214 %), характеризуются территории Предуралья – Северной, Западной, частично Южной и Центральной почвенно-климатических зон, расположенные севернее условной линии Ташла-Переволоцкий-Сакмара-Саракташ. Самые низкие значения $K_{ИВ}$ на обозначенной территории в среднем за анализируемый период отмечены в Бугуруслане (202 %). В Бузулуке, Шарлыке, Сорочинске, Первомайском и Новосергиевке они были на 2-10 п.п. выше (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика климатического режима отдельных территорий Оренбургской области по индексу континентальности Н.Н. Иванова

Метеорологическая станция Росгидромета		Индекс континентальности климата $K_{ИВ}$, %	Степень континентальности климата	Изменение $K_{ИВ}$, п.п.
Наименование	Географическая широта местности			
Бугуруслан	53°40'с.ш.	202	РК	8
Шарлык	52°56.004'с.ш.	208	РК	13
Бузулук	52°48.564'с.ш.	204	РК	11
Сорочинск	52°25.464'с.ш.	209	РК	13
Новосергиевка	52°5.016'с.ш.	212	РК	9
Красноярский	51°58'с.ш.	219	КК	16
Первомайский	51°53.88'с.ш.	210	РК	20
Оренбург	51°41.556'с.ш.	218	КК	13
Акбулак	51°0.168'с.ш.	220	КК	13
Домбаровский	50°51'с.ш.	230	КК	11

Южнее и восточнее условной линии Ташла-Переволоцкий-Сакмара-Саракташ в соответствии с градацией $K_{ИВ}$ климат характеризуется как крайне континентальный. Так, для территории расположения метеорологической станции Оренбург $K_{ИВ}$ составил 218 %, а при

смещении в юго-восточном направлении его относительная величина возрастает еще на 1-12 п.п., с наибольшим средним значением $K_{ИВ}$ в Домбаровском (230 %).

Таким образом, континентальность климата Оренбургской области в соответствии с индексом континентальности Н.Н. Иванова усиливается в юго-восточном направлении, по мере роста годовой амплитуды температуры воздуха и снижения географической широты местности. Корреляционный анализ временных рядов $K_{ИВ}$ и годовой амплитуды температуры воздуха тридцатипятилетнего периода подтверждает их прямую связь с коэффициентом корреляции Пирсона (r), равным 1,00.

Меньшими значениями $K_{ИВ}$, свойственными резко континентальному климату, характеризуются северо-западные территории Предуралья (Северная зона), а большими, характерными для крайне континентального климата, – юго-восточные территории Зауралья (Восточная зона) (рис. 4).

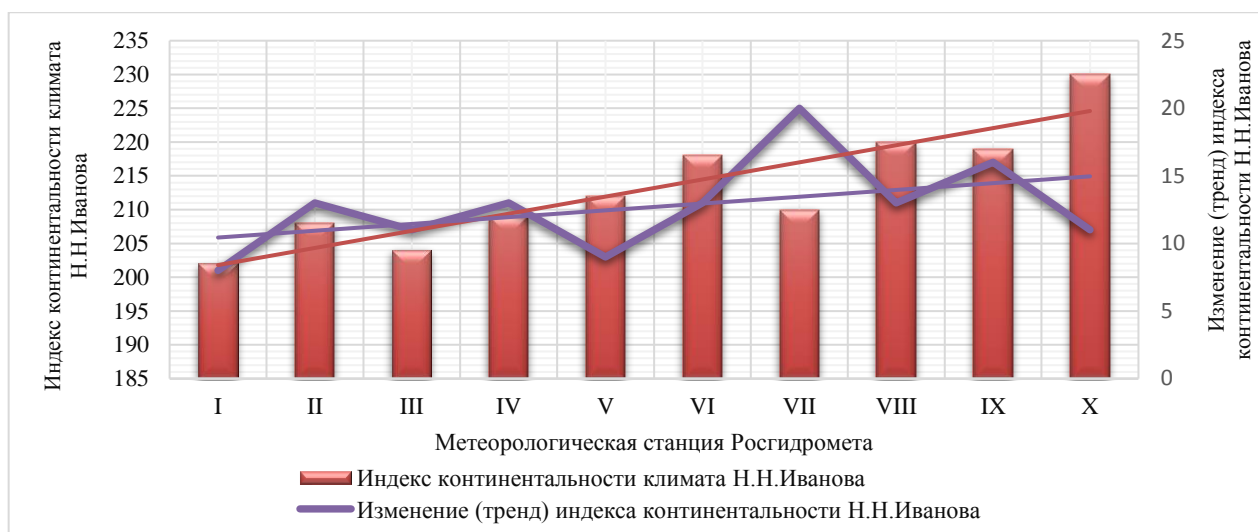


Рисунок 4 – Динамика индекса континентальности климата Н.Н. Иванова по метеорологическим станциям Росгидромета в отдельных территориях Оренбургской области, приуроченных к различным почвенно-климатическим зонам (I – Бугуруслан, II – Шарлык, III – Бузулук, IV – Сорочинск, V – Новосергиевка, VI – Оренбург, VII – Первомайский, VIII – Акбулак, IX – Красноводский, X – Домбаровский)

Наибольшей временной изменчивостью, превысившей 10,0 %, $K_{ИВ}$ анализируемого периода характеризовался в Оренбурге (10,2 %), Акбулаке (10,5 %) и Бугуруслане (11,0 %). В других территориях его вариабельность укладывалась в интервал 9,1 % (Шарлык) – 10,0 % (Бузулук) и отличалась от средней по области величины (10,0 %) на 0,1-0,9 п.п.

Анализ изменения (тренд) континентальности климата по индексу Н.Н. Иванова выявил ее положительную динамику, указывающую на усиление континентальности во всех исследуемых территориях. Наибольшее возрастание $K_{ИВ}$, в среднем на 16,5 п.п., отмечено в Южной зоне. Оно составило 13,0 п.п. в Акбулаке и 20,0 п.п. в Первомайском. На 13,5 п.п. возросла величина $K_{ИВ}$ в Восточной зоне – на 11 п.п. в Домбаровском и 16 п.п. в Красноводском. В Северной зоне увеличение $K_{ИВ}$ за тридцатипятилетний период составило 10,5 п.п., 11,0 п.п. – в Западной зоне и 13,0 п.п. – в Центральной зоне.

Аналогичная пространственная и временная динамика континентальности климата Оренбургской области выявлена и при анализе индексов континентальности W.L. Gorchynski (K_{Gor}) и С.П. Хромова ($K_{Хром}$), также основанных на учете географической широты местности и годовой амплитуды температуры воздуха. Сходные результаты получены и при расчетах индексов континентальности по методике Н.Ф. Харламовой ($K_{Хар}$), учитывающей еще и сезонное количество осадков, и методике Johanssona-Ringleba (K_{Jo-R}), дополнительно предполагающей использование величин средней температуры весны и осени (рис. 5).

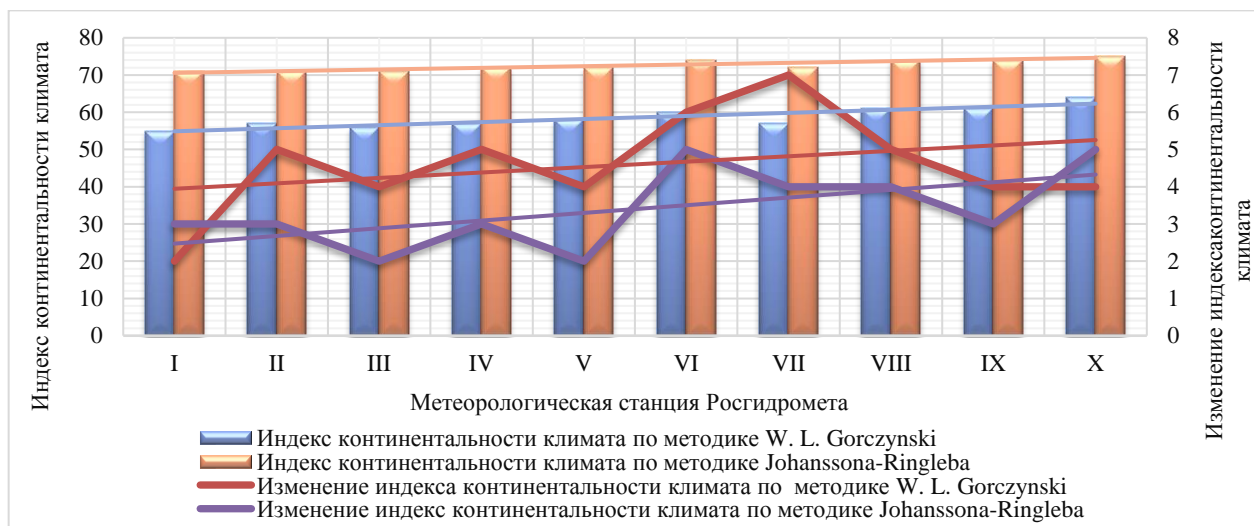


Рисунок 5 – Динамика индексов континентальности климата Оренбургской области в территориях расположения метеорологических станций Росгидромета (I – Бугуруслан, II – Шарлык, III – Бузулук, IV – Сорочинск, V – Новосергиевка, VI – Оренбург, VII – Первомайский, VIII – Акбулак, IX – Красноярский, X – Домбаровский)

Так, индекс континентальности климата K_{Gor} также характеризуется положительной динамикой при перемещении по территории области в юго-восточном направлении. Разница его величин составляет 9 единиц, от наименьших значений в Северной зоне области (55 – Шарлык), до наибольших – в Восточной зоне (64 – Домбаровский). Его изменение за анализируемый период характеризуется положительным трендом, составившим в среднем по области 4,6 единицы (7,8 %), от 2 единиц в Бугуруслане (3,6 %) до 7 единиц в Первомайском (12,3 %). Корреляционный анализ временных рядов K_{Gor} также выявил его прямую сильную связь с годовой амплитудой температуры воздуха ($r = 1,00$).

Близкая картина пространственной динамики континентальности климата и ее тридцатипятилетний тренд получена и при использовании индекса Johanssona-Ringleba (K_{Jo-R}). Северной зоне области соответствует его наименьшая величина (71 – Бугуруслан, Шарлык), а наибольшей величиной характеризуется Восточная зона (74 – Красноярский, 75 – Домбаровский). Тренд K_{Jo-R} при среднем по области значении в 73 единицы составил 3 единицы (4,7 %), а его наибольшая положительная динамика отмечена в Восточной зоне (6,6 %). Корреляционный анализ временных рядов K_{Jo-R} с определяющими его величину переменными выявил его сильную прямую связь с годовой амплитудой температуры воздуха ($r = 0,93$) и среднюю прямую связь со средней температурой весны ($r = 0,38$). С разницей средних температур осени (сентябрь-ноябрь) и весны (март-май) он находится в обратной средней, близкой к слабой (менее 0,3) связи ($r = -0,38$), а со средней температурой осени математически достоверная связь отсутствует.

Очевидная, хотя и менее выраженная пространственная и временная динамика континентальности климата Оренбургской области, подтверждается и при анализе расчетных значений индекса континентальности С.П. Хромова ($K_{Хром}$). Его величина также возрастает в юго-восточном направлении от 0,78 в Северной, Западной и Центральной зонах до 0,89 в Южной и Восточной зонах и подтверждает отмеченный ранее пространственный вектор усиления континентальности климата. $K_{Хром}$, как и описанные выше индексы, характеризуется положительным трендом во всех исследуемых территориях. Его наибольшее увеличение за исследуемый период также отмечено в Южной и Восточной зонах области. В соответствии с результатами корреляционного анализа временных рядов $K_{Хром}$ сильно связан с годовой амплитудой температуры воздуха с коэффициентом корреляции Пирсона (r) 0,99.

Сравнительно более выразительную картину пространственной вариабельности континентальности климата на исследуемой территории дает использование индекса Н.Ф. Харламовой ($K_{\text{хар}}$), характеризующегося противоположной интерпретацией его значений относительно описанных выше индексов. Она заложена в формулу его расчета и заключается в соответствии его меньших числовых значений большей континентальности климата. В соответствии с этим меньшей континентальностью климата также характеризуется Северная зона (234 % – Бугуруслан, 231 % – Шарлык), а большей – Восточная (185 % – Красноярский, 173 % – Домбаровский) и Южная (171 % – Акбулак). Наибольшее усиление континентальности климата отмечается в этих же территориях, при снижении $K_{\text{хар}}$ на 85 п.п. (Акбулак), 51 п.п. (Красноярский), 38 п.п. (Домбаровский). Результаты корреляционного анализа временных рядов $K_{\text{хар}}$ указывают на его сильную прямую связь с количеством осадков теплого периода года (апрель-октябрь) с коэффициентом корреляции Пирсона (r) 1,00.

В соответствии с представленными результатами аналитической работы по совокупности определяющих континентальность климата переменных, его величина находится в прямой сильной связи с годовой амплитудой температуры воздуха, возрастание которой сопровождается усилением континентальности, и в обратной сильной связи с количеством атмосферных осадков теплого периода года (апрель-октябрь), снижающих континентальность при их возрастании. В географическом отношении, при прочих равных условиях, континентальность климата оказывается ниже в более высоких широтах. Влияние других, использованных в расчетах индексов континентальности переменных, носит подчиненный характер и сильного влияния на их величину не оказывает.

Корреляционный анализ временных рядов различных индексов континентальности позволил установить, что наибольшей сопоставимостью их расчетных величин применительно к исследуемой территории Оренбургской области характеризуются пары $K_{\text{ИВ}} - K_{\text{Гор}}$ ($r = 0,99$), $K_{\text{Гор}} - K_{\text{Ю-В}}$ и $K_{\text{ИВ}} - K_{\text{Ю-В}}$ ($r = 0,96$), использование которых для мониторинга континентальности климата представляется наиболее целесообразным. Они отличаются простотой расчета и большей объективностью, так как позволяют более четко разграничивать территории даже в пределах одной области.

Изначально высокая континентальность климата Оренбургской области связана с ее нахождением в глубинных районах Евразии. Быстрое и сильное нагревание материка днем и летом и настолько же быстрое и сильное его охлаждение ночью и зимой, ввиду отсутствия смягчающего воздействия морских и океанических воздушных масс, сопровождаются высокой годовой амплитудой температуры воздуха [10].

Как показали результаты наших исследований, ее величина и является определяющей степенью континентальности климата на данной территории. Наблюдающееся здесь в настоящее время усиление континентальности климата становится причиной формирования экстремальных метеорологических явлений, снижающих продуктивность полевых культур и экономическую целесообразность земледелия, особенно на юге и юго-востоке области с крайне континентальным климатом.

В летний период они выражаются в высокой засушливости, связанной с повышенной температурой приземного слоя воздуха при длительном отсутствии атмосферных осадков, суховеях и пыльных бурях, а также крепких морозах в бесснежный период, сильных ветрах, выюгах и метелях зимой [10].

Засухи и суховеи вызывают значительное изреживание стеблестоя полевых культур, снижают их продуктивность и качество урожая, зачастую сопровождаются гибелью растений на больших площадях. К этому же приводят и сильные морозы при отсутствии достаточно мощного снежного покрова на полях озимых зерновых культур. Все это сопровождается большими недоборами урожая и создает риски продовольственной безопасности (рис. 6).



а



б

Рисунок 6 – Погибшие от сильного мороза ($-32,2^{\circ}\text{C}$) в бесснежье (а, Восточная зона, Адамовский район, декабрь 2023 г.) и весенней засухи (б, Центральная зона, Оренбургский район, июнь 2021 г.) посевы озимой пшеницы

Уже отмеченная выше сильная зависимость валовых сборов продовольственного зерна России от оренбургских урожаев определяет актуальность повышения их размеров и стабильности путем адаптации агротехнологий к современным климатическим изменениям.

В их число целесообразно включать приемы, повышающие устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды и (или) реализацию урожайного потенциала.

Вполне очевидно, что при их разработке необходимо исходить из принципа, сформулированного еще членом Парижской академии наук, одним из основоположников агрохимии Ж.-Б. Буссенго и пропагандируемого в русской научной среде членом-корреспондентом Петербургской академии наук, одним из основоположников отечественной школы физиологии растений К.А. Тимирязевым: «...во всех случаях сомнения нужно только одно: спросить мнение растения» [32].

Такой подход предполагает проведение в зональных условиях глубокой исследовательской и опытной работы, основанной на использовании современного лабораторного оборудования, информационных технологий и интеллектуальных систем, с привлечением широкого круга профессионалов из среды ученых и практиков.

Представляется целесообразным формирование научно-образовательных центров (НОЦ) на базе региональных аграрных вузов и научно-исследовательских институтов, располагающих высококвалифицированными обучающими и научными кадрами.

Предшествующие столетия не всегда успешной земледельческой практики подтверждают целесообразность данного подхода, поскольку «самые доступные пониманию и непосредственно отвечающие на ближайшие запросы практики знания дает толково поставленный опыт, показывающий непосредственные потребности возделываемых растений вообще и в условиях каждого отдельного случая в частности» [32].

Основываясь на результатах собственной опытнической работы (1992-2025) и данных, полученных в процессе экспедиционных обследований степных агроландшафтов России (2019-2025), для снижения производственных рисков в земледелии от экстремальных изменений климата к первоочередному научному разрешению отнесены проблемы, связанные с повышением среднегодовой температуры воздуха, положительной динамикой ее средней годовой амплитуды и повышением средней температуры воздуха теплого периода года (апрель-октябрь).

Не меньшей проблемой является низкое количество и нестабильность атмосферных осадков, их отрицательный тренд в годовом измерении и за теплый период года.

Нельзя оставить незамеченным и значительное потепление осени и весны, требующее внесения соответствующих корректив в технологический процесс.

Исходя из этого, глубокому научному анализу и тщательному экспериментальному исследованию должны быть подвергнуты такие технологические составляющие, как:

- сортимент полевых культур, в том числе наличие сортов (гибридов), обладающих генетически обусловленной засухо- и жароустойчивостью в условиях ограниченности атмосферного увлажнения при повышенных радиационных ресурсах, а также характеризующихся достаточной морозостойкостью (озимые) в условиях малоснежья [33]. Вполне очевидно, что реализация данного положения маловероятна без хорошо отлаженной селекции, семеноводства и экологического испытания жаростойких, засухо- и морозоустойчивых сортов в региональных условиях, государственной поддержки селекционных центров, включая учебно-опытные поля Оренбургского ГАУ и Оренбургского НИИСХ, расширения сети сортоиспытательных станций до каждой почвенно-климатической зоны области;

- состояние общей культуры земледелия, в том числе направленность на высокоэффективное и экологически обоснованное использование природных ресурсов и максимальную реализацию урожайного потенциала возделываемых сортов посредством строгого соблюдения объективно действующих законов земледелия. В первую очередь это касается реализации полнопрофильных научно обоснованных севооборотов с включением в их состав однолетних и многолетних, в т.ч. бобовых, трав, а также пропашных культур, качественного и своевременного проведения технологических операций с использованием современных технических устройств, оборудованных средствами навигации и контроля качества проводимых операций;

- степень освоенности влагосберегающих агроприемов обработки почвы и посева (мульчирование поверхности незерновой частью урожая, мелкое рыхление без оборота пласта, прямой посев в необработанную почву и пр.), направленных на обеспечение высокой жизнеспособности растений посредством улучшения условий влагообеспеченности. Здесь же следует отметить и ориентированность агротехнологий на улучшение условий минерального питания посредством внесения минеральных и органических удобрений, эффективную защиту посевов от болезней, вредителей и сорняков. В частности, для озимых культур, в первую очередь пшеницы, определяющей общий валовой сбор пшеницы в области, повышению жизнеспособности растений в связи с потеплением осени может способствовать уточнение сроков посева с очевидным смещением их на более поздние даты (5-10 сентября), исключающие гибель растений в период зимовки из-за перерастания и накопления излишней фитомассы;

- масштабность использования наукоёмких технологических подходов, в том числе приемов природолюбивой и природоподобной направленности, включая использование ресурсов ДЗЗ и информационных технологий в управлении развитием растений для более полной реализации их биологического потенциала.

Таким образом, применительно к анализу метеорологических параметров исследуемых территорий Оренбургской области, определяющих континентальность климата, следует отметить повсеместное повышение средней годовой температуры воздуха и ее годовой амплитуды, снижение количества осадков теплого периода года и потепление осени и весны, а также практически повсеместное сокращение количества годовых атмосферных осадков. Их временная и пространственная динамика сопровождаются усилением континентальности климата, имеющим достаточно выраженную направленность с северо-запада на юго-восток области по мере роста годовой амплитуды температуры воздуха и снижения географической широты местности.

Выводы

Определяющие континентальность климата метеорологические параметры в исследуемых территориях Оренбургской области характеризуются высокой пространственной и временной изменчивостью. Наибольшими ресурсами тепла характеризуется Южная зона, где среднегодовая температура воздуха на 0,7°C или 13,4 % (Акбулак) и на 0,8°C или 15,4 % (Первомайский) выше среднеобластных значений (5,2°C). Наибольшей амплитудой годовой температуры воздуха отличается Восточная зона, где она составляет 37,6°C (Красноярский) – 38,6°C (Домбаровский), а самым высоким ее положительным трендом характеризуется Южная зона (на 3,4°C или 9,4 %).

В большинстве территорий области отмечается отрицательный тренд годового атмосферного увлажнения, за исключением Северной зоны (52 мм, Шарлык) и некоторых территорий Западной зоны (77 мм, Бузулук), где отмечается прирост зимних осадков.

Во всех исследуемых территориях области наблюдается потепление осени и весны. Наибольший прирост осеннего тепла отмечается в Бугуруслане (1,8°C), Сорочинске (1,7°C), Бузулуке и Оренбурге (1,6°C), а весеннего – в Оренбурге (2,6°C), Домбаровском (2,3°C), Акбулаке (2,2°C) и Первомайском (1,8°C).

По совокупности метеорологических и географических параметров Оренбургская область характеризуется высокой континентальностью климата и ее положительной динамикой. Усиление континентальности климата имеет юго-восточную направленность с наибольшим ростом в Южной зоне, составившим 13,0 п.п. $K_{ИВ}$ (Акбулак) – 20,0 п.п. $K_{ИВ}$ (Первомайский). Существенное усиление континентальности наблюдается и в Восточной зоне – на 11 п.п. $K_{ИВ}$ в Домбаровском и 16 п.п. $K_{ИВ}$ – в Красноярском.

Величина индексов континентальности климата находится в прямой сильной связи с годовой амплитудой температуры воздуха, возрастание которой сопровождается усилением континентальности, и в обратной сильной связи с количеством атмосферных осадков теплого периода года (апрель-октябрь), снижающих континентальность при их возрастании. В географическом отношении, при прочих равных условиях, континентальность климата ниже в более высоких широтах.

Усиление континентальности климата часто сопровождается формированием экстремальных метеорологических явлений, снижающих стабильность сельскохозяйственного производства и создающих риски для поддержания продовольственной безопасности. Повышение устойчивости земледелия в складывающихся условиях предполагает повышение адаптивности реализуемых агротехнологий к климатическим изменениям.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» № ГР АААА-А21-121011190016-1.

Список литературы

1. Гинзбург А.С., Кекелидзе Г.Н., Шнипко Н.В. Климатические ресурсы – основа устойчивого развития возобновляемой энергетики // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2018. Т. 3. № 2(10). С. 7-15. DOI: 10.25744/genb.2018.10.2.001.
2. Sagib A., Lean H.H. Climate change, natural resources, and economic growth // Encyclopedia of Monetary Policy, Financial Markets and Banking. 2025. Vol. 1. P. 723-725. DOI: 10.1016/B978-0-44-313776-1.00011-8.
3. Башалханова Л.Б., Веселова В.Н., Корытный Л.М. Ресурсы климата в жизнедеятельности населения северных территорий Сибири // География и природные ресурсы. 2024. Т. 45. № 4. С. 111-120. DOI: 10.15372/GIPR20240411.

4. Macias D.S., Redmond M.D. Climate-warming alters resource allocation in unpredictable ways // *Trends in Ecology and Evolution*. 2025. Vol. 40. No. 5. P. 428-430. DOI: 10.1016/j.tree.2025.03.017.
5. Кислов А.В., Суркова Г.В. Влияние глобального потепления на климатические ресурсы России // *Экономика. Налоги. Право*. 2021. Т. 14. № 4. С. 6-14. DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-4-6-14.
6. Paloma G., Cathy D. Integrating cultural resources and heritage in climate action: A review of nine climate plans // *Environmental Science and Policy*. 2025. Vol. 171. P. 104127. DOI: 10.1016/j.envsci.2025.104127.
7. Минаков А.В., Сафиуллин И.Н., Михайлова Л.В. Развитие сельского хозяйства России и направления повышения его конкурентоспособности на международном рынке // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2023. Т. 18. № 2 (70). С. 191-198. DOI: 10.12737/2073-0462-2023-191-198.
8. Соколов С.Н., Кузнецова Е.А. Континентальность климата Сибирского региона // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2020. № 4. С. 44-52. DOI: 10.17308/geo.2020.4/3064.
9. Бурукина Е.А., Колесников С.И. Динамика температуры почв Астраханской области и ее связь с изменением климата // *Естественные науки*. 2023. № 4(13). С. 62-68. DOI: 10.54398/1818507X_2023_4_62.
10. Гулянов Ю.А. К диалогу о глобальном изменении климата Земли, секвестрационном потенциале и устойчивости земледелия // *Таврический вестник аграрной науки*. 2025. № 2(42). С. 33-56. DOI: 10.5281/zenodo.16563475.
11. Ормели Е.И. Оценка степени континентальности климата Саратовской области в начале XXI века // *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле*. 2022. Т. 32. № 4. С. 476-484. DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-4-476-484.
12. Гулянов Ю.А. Анализ последствий неблагоприятных метеорологических проявлений и адаптация полеводства Восточного Оренбуржья к современным климатическим изменениям // *Вопросы степеведения*. 2024. № 4. С. 142-157. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-4-142-157.
13. Исаченко А.Г. Экологическая география России. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2001. 328 с.
14. Котляров Д.А. Анализ индекса континентальности климата на территории Северо-Востока России // *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки*. 2024. № 1. С. 92-103. DOI: 10.5922/gikbfu-2024-1-6.
15. Александров Г.А., Гинсбург А.С., Голицын Г.С. Влияние североатлантического колебания на континентальность московского климата // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2019. Т. 22. № 5. С. 32-38. DOI: 10.31857/S0002-351555532-38.
16. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production // *Nature*. 2016. Vol. 529. P. 84-87. DOI: 10.1038/nature16467.
17. 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.
18. Королёва Е.Г., Петрова И.Ф. Подходы к сохранению биоразнообразия в управляемом степном агроландшафте // *Юг России: экология, развитие*. 2025. Т. 20. № 1(74). С. 80-97. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-1-8.
19. Климентьев А.И. Почвы степного Зауралья: ландшафтно-генетическая и экологическая оценка. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2000. 433 с.
20. Система устойчивого ведения сельского хозяйства Оренбургской области / Отв. ред. Г.И. Бельков. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1999. С. 6-117.
21. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A., Levykin S.V., Silanteva V.V., Kazachkov G.V., Sokolova L.V. Ecological-based adaptation of agriculture to the soil and climatic conditions in

Russian Steppe // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. Vol. 9. No. 3. P. 393-398. DOI: 10.15421/2019_114_.

22. Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (дата обращения: 13.08.2025).

23. Расписание погоды [Электронный ресурс]. URL: <https://rp5.ru/> (дата обращения: 10.08.2025).

24. Gorczynski W.L. The calculation of the degree of continentality // Monthly Weather Review. 1922. Vol. 50. No. 7. P. 369-370.

25. Хромов С.П. К вопросу о континентальности климата // Известия Всесоюзного Географического общества. 1957. Т. 89. № 3. С. 222-225.

26. Иванов Н.Н. Пояса континентальности земного шара // Известия Всесоюзного Географического общества. 1959. Т. 91. № 5. С. 410-423.

27. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. М.: Наука, 2006. С. 228-229.

28. Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона. Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2013. 156 с.

29. Ciaranek D. Variability of the thermal continentality index Europe // Aerul si Apa: Componente ale Mediului. 2014. Vol. 63. P. 307-313.

30. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

31. Pearson K. Note on regression and inheritance in the case of two parents // Proceedings of the Royal Society of London. 1895. Vol. 58. No. 347-352. P. 240-242. [Электронный ресурс]. URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1895RSPS...58.240P/abstract> (дата обращения: 20.08.2025).

32. Тимирязев К.А. Избранные труды. М.: Сельхозгиз, 1949. 644 с.

33. Гулянов Ю.А. Пути повышения зимостойкости и сохранности к уборке озимой пшеницы в степи Южного Урала // Земледелие. 2005. № 6. С. 24-25.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 09.10.2025

Принята к публикации 12.12.2025

ASSESSMENT OF THE CONTINENTALITY OF CLIMATE AND ITS IMPACT ON SUSTAINABILITY OF AGRICULTURE IN THE ORENBURG REGION

Yu. Gulyanov

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg
e-mail: orensteppe@mail.ru

The article presents the results of an assessment of meteorological parameters that determine the continentality of climate in various soil and climatic zones in the Orenburg region. A widespread increase in average annual air temperature, its annual amplitude and a decrease in precipitation during the warm season were observed. In addition, there was a warming of autumn and spring and an almost universal decrease in annual precipitation. These unfavorable changes are attributed to one of the main causes of increased climate continentality in all areas, characterized by a pronounced trend from northwest to southeast of the region, with increasing annual amplitude of air temperatures and decreasing geographical latitude. The largest increase in continentality over the period from 1990 to 2024 was noticed in the Southern zone. It fluctuated from 13 percentage points (p.p.) of the index of continentality for N.N. Ivanov (Akbulak) to 20 p.p. (Pervomaisky). A significant increase in

continentality was also detected in the Eastern zone – by 11 percent points (Dombarovsky), and 16 percent points (Krasnoyarskiy). Extreme meteorological phenomena reducing the stability of agricultural production and threatening food security are often accompanied by increased continentality. Increased climate continentality adversely affects natural steppe communities, decreasing their ecological stability and posing a risk to biodiversity conservation. To increase agricultural sustainability in these conditions, it is recommended to improve the adaptability of agricultural technologies through innovative approaches, including intelligent technologies and nature-like methods.

Key words: steppe zone of Russia, climate continentality, sustainability of agriculture, adaptation of agricultural technologies, intelligent technological methods.

References

1. Ginzburg A.S., Kekelidze G.N., Shnipko N.V. Klimaticheskie resursy – osnova ustoichivogo razvitiya vozobnovlyaemoi energetiki. Groznenskiy estestvennonauchnyi byulleten'. 2018. T. 3. N 2(10). S. 7-15. DOI: 10.25744/genb.2018.10.2.001.
2. Sagib A., Lean H.H. Climate change, natural resources, and economic growth. Encyclopedia of Monetary Policy, Financial Markets and Banking. 2025. Vol. 1. P. 723-725. DOI: 10.1016/B978-0-44-313776-1.00011-8.
3. Bashalkhanova L.B., Veselova V.N., Korytnyi L.M. Resursy klimata v zhiznedeyatel'nosti naseleniya severnykh territorii Sibiri. Geografiya i prirodnye resursy. 2024. T. 45. N 4. S. 111-120. DOI: 10.15372/GIPR20240411.
4. Macias D.S., Redmond M.D. Climate-warming alters resource allocation in unpredictable ways. Trends in Ecology and Evolution. 2025. Vol. 40. No. 5. P. 428-430. DOI: 10.1016/j.tree.2025.03.017.
5. Kislov A.V., Surkova G.V. Vliyanie global'nogo potepleniya na klimaticheskie resursy Rossii. Ekonomika. Nalogi. Pravo. 2021. T. 14. N 4. S. 6-14. DOI: 10.26794/1999-849KH-2021-14-4-6-14.
6. Paloma G., Cathy D. Integrating cultural resources and heritage in climate action: A review of nine climate plans. Environmental Science and Policy. 2025. Vol. 171. P. 104127. DOI: 10.1016/j.envsci.2025.104127.
7. Minakov A.V., Safiullin I.N., Mikhailova L.V. Razvitie sel'skogo khozyaistva Rossii i napravleniya povysheniya ego konkurentosposobnosti na mezhdunarodnom rynke. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. T. 18. N 2 (70). S. 191-198. DOI: 10.12737/2073-0462-2023-191-198.
8. Sokolov S.N., Kuznetsova E.A. Kontinental'nost' klimata Sibirskogo regiona. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. 2020. N 4. S. 44-52. DOI: 10.17308/geo.2020.4/3064.
9. Burukina E.A., Kolesnikov S.I. Dinamika temperatury pochv Astrakhanskoi oblasti i ee svyaz' s izmeneniyem klimata. Estestvennye nauki. 2023. N 4(13). S. 62-68. DOI: 10.54398/1818507KH_2023_4_62.
10. Gulyanov YU.A. K dialogu o global'nom izmenenii klimata Zemli, sekvestratsionnom potentsiale i ustoichivosti zemledeliya. Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2025. N 2(42). S. 33-56. DOI: 10.5281/zenodo.16563475.
11. Ormeli E.I. Otsenka stepeni kontinental'nosti klimata Saratovskoi oblasti v nachale XXI veka. Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya: Biologiya. Nauki o Zemle. 2022. T. 32. N 4. S. 476-484. DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-4-476-484.
12. Gulyanov Yu.A. Analiz posledstviy neblagopriyatnykh meteorologicheskikh proyavlenii i adaptatsiya polevodstva Vostochnogo Orenburzh'ya k sovremennym klimaticheskim izmeneniyam. Voprosy stepovedeniya. 2024. N 4. S. 142-157. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-4-142-157.
13. Isachenko A.G. Ekologicheskaya geografiya Rossii. SPb.: Izd-vo Sankt-Peterburgskogo universiteta, 2001. 328 s.

14. Kotlyarov D.A. Analiz indeksa kontinental'nosti klimata na territorii Severo-Vostoka Rossii. Vestnik Baltiiskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Estestvennye i meditsinskie nauki. 2024. N 1. S. 92-103. DOI: 10.5922/gikbfu-2024-1-6.
15. Aleksandrov G.A., Ginsburg A.S., Golitsyn G.S. Vliyanie severoatlanticheskogo kolebaniya na kontinental'nost' moskovskogo klimata. Izvestiya RAN. Fizika atmosfery i okeana. 2019. T. 22. N 5. S. 32-38. DOI: 10.31857/S0002-351555532-38.
16. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. Nature. 2016. Vol. 529. P. 84-87. DOI: 10.1038/nature16467.
17. Gulyanov Yu.A., Baldina E.YU. Effektivnost' ispol'zovaniya resursnogo potentsiala stepnykh agrolandshaftov pri vyrashchivaniy yarovoi pshenitsy v Orenburgskom Predural'e. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. N 6(74). S. 22-26.
18. Koroleva E.G., Petrova I.F. Podkhody k sokhraneniyu bioraznoobraziya v upravlyaemom stepnom agrolandshafte. Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2025. T. 20. N 1(74). S. 80-97. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-1-8.
19. Kliment'ev A.I. Pochvy stepnogo Zaural'ya: landshaftno-geneticheskaya i ekologicheskaya otsenka. Ekaterinburg: Izd-vo UrO RAN, 2000. 433 s.
20. Sistema ustoichivogo vedeniya sel'skogo khozyaistva Orenburgskoi oblasti. Otv. red. G.I. Bel'kov. Orenburg: Orenburgskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1999. S. 6-117.
21. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A., Levykin S.V., Silanteva V.V., Kazachkov G.V., Sokolova L.V. Ecological-based adaptation of agriculture to the soil and climatic conditions in Russian Steppe. Ukrainian Journal of Ecology. 2019. Vol. 9. No. 3. P. 393-398. DOI: 10.15421/2019_114_.
22. Spetsializirovannye massivyy dlya klimaticheskikh issledovaniy [Elektronnyi resurs]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (data obrashcheniya: 13.08.2025).
23. Raspisanie pogody [Elektronnyi resurs]. URL: <https://rp5.ru/> (data obrashcheniya: 10.08.2025).
24. Gorczynski W.L. The calculation of the degree of continentality. Monthly Weather Review. 1922. Vol. 50. No. 7. P. 369-370.
25. Khromov S.P. K voprosu o kontinental'nosti klimata. Izvestiya Vsesoyuznogo Geograficheskogo obshchestva. 1957. T. 89. N 3. S. 222-225.
26. Ivanov N.N. Poyasa kontinental'nosti zemnogo shara. Izvestiya Vsesoyuznogo Geograficheskogo obshchestva. 1959. T. 91. N 5. S. 410-423.
27. Khromov S.P., Petrosyants M.A. Meteorologiya i klimatologiya. M.: Nauka, 2006. C. 228-229.
28. Kharlamova N.F. Otsenka i prognoz sovremennykh izmeneniy klimata Altaiskogo regiona. Barnaul: Izd-vo Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013. 156 s.
29. Ciaranek D. Variability of the thermal continentality index Europe. Aerul si Apa: Componente ale Mediului. 2014. Vol. 63. P. 307-313.
30. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
31. Pearson K. Note on regression and inheritance in the case of two parents. Proceedings of the Royal Society of London. 1895. Vol. 58. No. 347-352. P. 240-242. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1895RSPS...58.240P/abstract> (data obrashcheniya: 20.08.2025).
32. Timiryazev K.A. Izbrannye trudy. M.: Sel'khozgiz, 1949. 644 s.
33. Gulyanov YU.A. Puti povysheniya zimostoikosti i sokhrannosti k uborke ozimoi pshenitsy v stepi Yuzhnogo Urala. Zemledelie. 2005. N 6. S. 24-25.

Сведения об авторе:

Гулянов Юрий Александрович

Д.с.-х.н., профессор, ведущий научный сотрудник отдела степеведения и природопользования, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-5883-349X

Gulyanov Yuriy

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher, Department of Steppe Studies and Nature Management, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Гулянов Ю.А. Оценка континентальности климата и ее влияния на устойчивость земледелия в Оренбургской области // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 151-169. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-151-169

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОФУНГИЦИДОВ ПРОТИВ МИКОЗНОГО УВЯДАНИЯ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (*RIBES NIGRUM* L.)

Е.З. Савин¹, *Н.В. Немцева², **Т.В. Березина¹, ***Т.Н. Чурилина³

¹Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

²Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, Россия, Оренбург

³Оренбургский государственный аграрный университет, Россия, Оренбург

e-mail: *nvnemtseva@gmail.com, **gaevskayatatyana@mail.ru, ***tachuna@mail.ru

Возделывание смородины черной в условиях Южного Урала сопровождается рядом агроэкологических ограничений. Помимо этого, в последние годы отмечается повреждение смородины фитопатогенными грибами – *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Verticillium* spp., которые вызывают увядание и массовые выпадения культуры. В исследовании для борьбы с фитопатогенами использовали биологические препараты Триходерма Вериде, Алирин Б, Бактофит СП, Чистофлор Био, а также культуру живых микроорганизмов штамм *Bacillus pumilus* Chl.31. Опыты закладывали осенью 2016 и 2017 гг. в пригороде г. Оренбурга. В качестве объекта использована смородина черная сорт *Вологда*. В посадках 2016 г. лучшие результаты по суммарной урожайности показали варианты с применением препарата Бактофит СП (2,4 кг/куст; 43,9 ц/га), а также Триходерма Вериде (1,9 кг/куст; 31,3 ц/га). В посадках 2017 г. высокая урожайность (2,7 кг/куст; 89,1 ц/га) были достигнуты при применении препарата Чистофлор Био. Высокие результаты также отмечены у вариантов с Бактофитом СП (2,9 кг/куст; 76,5 ц/га) и Триходерма Вериде (2,8 кг/куст; 64,7 ц/га). Контрольные растения полностью выпали из опыта к 2024 г. В отдельном опыте, заложенном весной 2017 г. изучали влияние суспензии живых клеток *B. pumilus* Chl.31. Суммарный урожай за период с 2018 по 2024 гг. в опытном варианте составил 5,85 кг/куст, что более чем в два раза превысило результаты контроля (2,7 кг/куст). Таким образом, результаты в комплексе подтверждают эффективность ряда штаммов *Bacillus* и *Trichoderma* в условиях Оренбургской области. Особенно перспективным для практического использования представляется штамм *B. pumilus* Chl.31, который сочетает биозащитное и ростостимулирующее действие.

Ключевые слова: смородина черная, фитопатогены, *Fusarium*, *Alternaria*, *Verticillium*, биопрепараты, биофунгициды, *Bacillus*, *Trichoderma*.

Введение

Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) – одна из основных ягодных культур в России. Она пользуется популярностью благодаря своей скороплодности, высокой пищевой ценности и продуктивности насаждений. Ягоды содержат различные витамины, минеральные и органические соединения. Плоды данной культуры крайне полезны для оздоровления и очищения организма человека от тяжелых металлов, радиоактивных изотопов, обладают антиоксидантными свойствами [1-3].

В России смородина выращивается около 400-500 лет [4]. В настоящее время ассортимент насчитывает около 1200 сортов. Ежегодный сбор ягоды в 2010-2015 гг. составлял 320-360 тыс. т. В последние годы валовый сбор увеличился на 35-110 %. В Оренбуржье на 2010 г. смородина выращивалась на площади 178 га, ежегодное производство этой ягоды составляет 74 т и в основном сосредоточено в частном секторе [1, 5, 6].

Возделывание смородины черной в условиях Южного Урала сопровождается рядом агроэкологических ограничений, связанных с неблагоприятными свойствами почв: карбонатностью, высокой щелочностью (pH>8,0), засолением и повышенным содержанием ионов хлорида и сульфатов. Данные факторы снижают усвояемость микроэлементов,

вызывают развитие хлороза, ухудшают физиологическое состояние растений и приводят к снижению урожайности и гибели насаждений [7].

В последние 15 лет отмечается повреждение смородины фитопатогенными грибами, которые вызывают увядание и массовые выпадения культуры (рис. 1). Среди грибковых патогенов серьезную опасность для смородины черной представляют возбудители сосудистого увядания – *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Verticillium* spp. [8-10].

Как отмечают Petkovšek M. et al. (2013), поражение черной смородины патогенными грибами приводит к потенциальному сокращению площади фотосинтеза и, как следствие, уменьшению количества содержания сахаров, основных органических кислот и вторичных метаболитов. Кроме того, как правило, зараженные сорта становятся менее устойчивыми к воздействию внешних факторов среды, а также других патогенов [11].

Как известно, возбудители сосудистого увядания сохраняются в почве, они хорошо переносят условия с выраженными природными контрастами. Эти патогены инфицируют растения через корневую систему и блокируют сосудистую ткань растения, вызывая некрозы и гибель кустов.

Химические методы защиты имеют ограниченную эффективность, поскольку системные фунгициды слабо проникают в проводящие ткани. В связи с этим актуально применение биофунгицидов, т.е. препаратов, созданных на основе живых микроорганизмов-антагонистов и их метаболитов.

Исходя из этого, целью настоящего исследования была оценка эффективности применения различных биофунгицидов при возделывании смородины черной в условиях карбонатных почв степного региона.

Материалы и методы

Опыты закладывали осенью 2016 и 2017 гг. в пригороде г. Оренбурга. Климатические условия степной зоны Оренбуржья резко континентальные. В зимнее время температура опускается до -40°C, а местами доходит до -48°C. Летом температура поднимается до +40-42°C, а на почве до 60-70°C (табл. 1). Относительная влажность воздуха составляет 50-60 %, а количество дней с относительной влажностью воздуха <30 % находится в пределах 100. Атмосферные осадки за год около 360 мм. Продолжительность летнего периода с температурой 10°C – 140-150 дней. Сумма положительных температур сохраняется в пределах 3000°C, эффективных – 2100-2500°C, активных 2800-3000°C.

Почвы – чернозем южный, карбонатный, тяжелосуглинистый мощностью 30-40 см, с содержанием гумуса до 4-5 %, грунтовые воды залегают на глубине 35-40 м.

По данным агрохимической службы (табл. 2) почвы опытных участков характеризовались высоким содержанием карбонатов, щелочной реакцией (pH>8,0) и засолением до глубины 3 м. Наибольшие концентрации солей отмечены на горизонтах 100–220 см, где сумма солей достигала 0,22-0,28 %, содержание хлоридов – до 0,75 мг-экв%, сульфатов – до 2,49 мг-экв%. Устойчивое проявление хлороза (до 5 баллов в 2022-2023 гг.) связано именно с неблагоприятными почвенными условиями, усугубленными сухой и жаркой погодой в эти годы.

В сухое и жаркое лето 2022-2023 гг. отмечено развитие хлороза до 5 баллов, что сопровождалось снижением урожайности и выпадением растений из эксперимента.

Экспериментальные исследования по обработке биофунгицидами проводили на смородине черной сорта Вологда осенью 2016 и 2017 гг.

Таблица 1 – Метеорологические показатели по г. Оренбургу за годы исследований (2015-2024 гг.)

Метеорологические показатели	Норма	Год								
		2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024
Средняя температура воздуха, °С	5,7	6,5	4,7	5,8	5,4	7,8	6,3	5,7	9,5	6,2
Мах температура на поверхности почвы, °С	-	63	64	64	60	64	66	60	62	59
Мин температура на поверхности снега, °С	-	-32	-36	-28	-32	-27	-32	-30	-36	-11
Сумма осадков, мм	358	464	327	243	386	264	255	372	384	623
Относительная влажность воздуха (апрель-сентябрь), %	58	56	54	54	52	53	48	57	54	67
Число дней с относительной влажностью воздуха ≤ 30 %	-	99	56	59	104	109	153	82	95	47
Снежный покров, см	31	44	41	22	46	38	34	36	42	39
Глубина промерзания почвы, см	150	46	108	150	94	63	129	78	143	131
Мин температура почвы (°С) на глубине 20 см	-	-4,6	-8,4	-15,0	-6,4	-13	-7,6	-10,0	-9,3	-8,0
Мин температура почвы (°С) на глубине 3 см	-	-4,8	-10,2	-11,0	-5,7	-5	-11	-11	-9	-10
Сумма температур воздуха, °С										
Положительных выше 0°С	3160	3457	3305	3450	3377	3555	3530	3458	3246	3286
Эффективных выше 5°С	2148	2469	2263	2415	2285	2400	2505	2386	2531	2316
Активных выше 10°С	2887	3272	2799	3122	2763	3050	3107	2935	3695	3008

Таблица 2 – Засоленность почвы по глубинам (по данным Агрохимической службы, г. Оренбург, 29.06.2023 г.)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, %	Ион-хлорида, мг/экв, %	Ион-сульфата, мг/экв, %	pH
0-20	0,192	0,250	1,67	8,0
20-40	0,20	0,250	1,65	8,1
40-60	0,182	0,250	1,63	8,0
100-120	0,278	0,750	1,66	8,4
150-160	0,22	0,250	2,16	8,6
200-220	0,245	0,300	2,49	8,6
250-270	0,163	0,400	1,26	8,3
300-320	0,234	0,750	1,39	8,4

Ранее нами было показано, что в природных условиях г.Оренбурга среди препаратов на основе культуры микоризных грибов (Триходерма Вериде, Глиокладин, Экори́з 1) наиболее эффективным по приживаемости черенков, их росту, сохранности и продуктивности в условиях Оренбуржья оказался препарат Триходерма Вериде. Из коммерческих препаратов на основе бактерий-антагонистов *Bacillus* sp. (Фитоспорин М, Алирин Б, Бактофит СП, Гамаир ТРБ, Чистофлор Био) наиболее эффективными были Алирин Б, Бактофит СП, Чистофлор Био [12]. Поэтому в дальнейшем мы сконцентрировали свое внимание на препаратах Триходерма Вериде, Алирин Б, Бактофит СП, Чистофлор Био, а также на культуре живых микроорганизмов *Bacillus* sp. штамм Chl.31 – симбионта из культуры одноклеточной зеленой микроводоросли *Chlorella vulgaris* Beijer., показавшими наибольшую эффективность. Общая характеристика использованных биофунгицидов представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика биофунгицидов, используемых в опыте

№	Название препарата	Состав
1	Алирин Б	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм В-10 ВИЗР, титр не менее 10^{11} КОЕ/мл
2	Бактофит СП	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ИПМ 215; концентрация, БА-10000 ЕД/г, титр не менее 2 млрд спор/г
3	Триходерма Вериде	Спорово-мицелиальная масса гриба <i>Trichoderma viride</i> , штамм 471 ГНУ ВНИИСХМ РАСХН, титр не менее 1 млрд
4	Чистофлор Био	Живые клетки бактерий <i>Bacillus subtilis</i> , сухой порошок.
5	<i>Bacillus</i> sp. штамм Chl.31	Суспензия живых бактерий <i>Bacillus</i> sp. штамм Chl.31, титр КОЕ $2,5 \times 10^9$

Испытание биофунгицидов на смородине проводили в трех опытах.

В первом (посадка 2016 г.) и втором (посадка 2017 г.) опытах препараты разводили в воде согласно методическим указаниям производителя. Черенки смородины черной выдерживали в растворе в количестве 20 штук каждого варианта опыта в течение 24 часов. Далее высаживали в грунт (октябрь-ноябрь) с оставлением верхней почки на поверхности с последующим их мульчированием перегноем на 2,0-3,0 см.

В третьем опыте (посадка 2017 г.) был использован изолят бактерий *Bacillus* sp. штамм Chl.31. Из суспензии живых бактерий готовили маточный раствор ($2,5 \times 10^9$ колониеобразующих единиц (КОЕ)/мл). Далее маточный раствор культуры живых бактерий вносили в почву под взрослыми растениями (3-4 года) из расчета 100 мл/10 л воды и на $2,5 \text{ м}^2$. Для последующей идентификации бактерий в работе использован метод масс-спектрометрии MALDI-TOF (Matrix-Assistend Laser Desorption / Ionization Time of Flight). Принцип метода основан на ионизации белков клеточной поверхности и рибосомальных белков под действием лазера в присутствии матрицы – низкомолекулярного органического соединения, поглощающего энергию. Полученные ионы ускоряются в электрическом поле и разделяются по времени пролета (time-of-flight), что позволяет регистрировать характер спектра масс. Идентификацию до вида методом масс-спектрометрии MALDI-TOF (Масс-спектрометр VITEK MSv1.6.2, bioMereux) осуществляли в бактериологической лаборатории ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России (г. Оренбург). Выбор метода MALDI-TOF был обоснован тем, что он сочетает скорость, дешевизну и достаточную точность, что позволяет решать задачи, подобные нашей: идентификация потенциального штамма биоконтролера.

Весной следующего года проводили учеты по приживаемости черенков. Состояние растений оценивали в конце сезона с учетом проявления микозного увядания. Учеты по продуктивности растений проводили ежегодно во время уборки урожая. Обработывали материал согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Орёл, 1999 г.) [13]. Статистическую обработку результатов проводили с использованием процессора электронных таблиц Exel for Windows 10.

Результаты и обсуждение

Первые опыты по изучению эффективности применения биофунгицидов при возделывании черной смородины сорта *Вологда* в условиях карбонатных почв Оренбургской области были заложены в 2016-2017 гг. В последующие годы (2023-2024 гг.) на опытных участках отмечено появление хлороза растений интенсивностью до 4-5 баллов, что сопровождалось снижением урожайности и гибелью более 50 % кустов.

Результаты исследований (табл. 4) показали, что применение различных биофунгицидов оказывало значительное влияние на приживаемость, сохранность и продуктивность растений.

Таблица 4 – Влияние биофунгицидов на приживаемость, сохранность и продуктивность смородины черной сорта Вологда

Показатели	Ед. измерения	Год	Препараты									
			I опыт. Посадка 2016 г.					II опыт. Посадка 2017 г.				
			Триходерма Вериде	Алирин Б	Чистифлор Био	Бактофит СП	Контроль	Триходерма Вериде	Алирин Б	Чистифлор Био	Бактофит СП	Контроль
Посажено	штук		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Прижилось	штук		8	10	7	9	7	10	9	13	10	0
	%		40,0	50,0	35,0	45,0	35,0	50,0	45,0	65,0	50,0	0,0
Состояние	балл	2024	3,0	4,0	4,0	5,0	2,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-
Сохранилось	штук	2024	4	3	4	5	0	7	7	13	8	-
	%		50,0	30,0	57,1	55,5	0,0	70,0	77,8	100	80,0	-
Хлороз	балл	2024	5,0	5,0	5,0	5,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Урожайность	кг/куст	2020	0,4	0,5	0,5	0,5	-	0,4	0,5	0,3	0,3	-
		2021	0,3	0,3	0,2	0,5	-	0,8	0,5	0,7	0,7	-
		2022	0,3	0,3	0,2	0,5	-	0,5	0,5	0,7	0,7	-
		2023	0,5	0,5	0,4	0,5	-	0,8	0,7	0,7	0,5	-
		2024	0,4	0,1	0,3	0,4	-	0,3	0,1	0,3	0,2	-
Сумма урожая	кг/куст		1,9	1,7	1,6	2,4	-	2,8	2,3	2,7	2,9	-
	ц/га		31,3	16,8	30,1	43,9	-	64,7	59,1	89,1	76,5	-

В посадках 2016 г. лучшие результаты по суммарной урожайности показали варианты с применением препарата Бактофит СП (2,4 кг/куст; 43,9 ц/га), а также Триходерма Вериде (1,9 кг/куст; 31,3 ц/га). При этом уровень сохранности растений в данных вариантах составил, соответственно, 55,5 % и 50 %. Варианты с Алирином Б и Чистифлор Био характеризовались более низкими показателями сохранности (30–50 %) и урожайности (1,5–1,7 кг/куст).

В посадках 2017 г. наибольшая сохранность растений (100 %) и высокая урожайность (2,7 кг/куст; 89,1 ц/га) были достигнуты при применении препарата Чистифлор Био. Высокие результаты также отмечены у вариантов с Бактофитом СП (2,9 кг/куст; 76,5 ц/га) и Триходерма Вериде (2,8 кг/куст; 64,7 ц/га). Контрольные растения полностью выпали из опыта к 2024 г.

В итоге установлено, что применение биофунгицидов обеспечивает повышение устойчивости растений к неблагоприятным условиям и позволяет поддерживать их продуктивность в течение всего периода исследований.

На следующем этапе осенью 2024 г. нами проведен анализ состояния почвы, корневой системы и надземной части растений. Установлено, что наибольшая эффективность наблюдалась при обработке препаратами Алирин Б (*Bacillus subtilis* B-10), Чистифлор Био (*Bacillus subtilis*), а также Триходерма Вериде (*Trichoderma viride*). В данных вариантах растения сохраняли удовлетворительное состояние и продуктивность, что подтверждает положительное влияние биофунгицидов на адаптацию смородины черной к стрессовым условиям карбонатных почв.

В отдельном опыте, заложенном весной 2017 г., изучали влияние суспензии живых клеток *Bacillus* sp. штамм Chl.31 на состояние и урожайность смородины черной сорта Вологда (табл. 5). Результаты показали, что к 2024 г. сохранность растений в опытных и контрольных вариантах оставалась на уровне 100 %. Однако обработка штаммом Chl.31

положительно сказалась на общем состоянии растений (5,0 баллов против 4,0 в контроле), а также обеспечила значительный прирост урожайности.

Таблица 5 – Влияние суспензии живых бактерий *Bacillus* sp. штамм Chl.31 на состояние, сохранность и урожай смородины черной сорта Вологда. Закладка весна 2017 г. (данные 2024 г.)

Показатели		Варианты III опыта	
		<i>Bacillus</i> sp. штамм Chl.31	Контроль
Сохранность, %		100	100
Состояние, балл		5,0	4,0
Урожай, кг/куст	2018 г.	0	0
	2019 г.	0,6	0,4
	2020 г.	0,45	0,1
	2021 г.	0,4	0,2
	2022 г.	0,7	0,5
	2023 г.	1,9	0,5
	2024 г.	1,8	1,0
Сумма урожая		5,85	2,7

В течение первых лет после посадки (2018-2020 гг.) различия в продуктивности были умеренными (0,4-0,6 кг/куст в опыте против 0,1-0,4 кг/куст в контроле). Начиная с 2022 г. различия стали более выраженными: урожайность в варианте с обработкой штаммом Chl.31 достигала 0,7 кг/куст против 0,5 кг/куст в контроле, а в 2023-2024 гг. – 1,8-1,9 кг/куст против 0,5-1,0 кг/куст, соответственно. Суммарный урожай за период с 2018 по 2024 гг. в опытном варианте составил 5,85 кг/куст, что более чем в два раза превысило результаты контроля (2,7 кг/куст).

Параллельно была произведена идентификация бактериального изолята *Bacillus* sp. штамм Chl.31. Для идентификации был применен метод масс-спектрометрии MALDI-TOF. Как известно, каждый вид микроорганизмов имеет уникальный «спектральный отпечаток» белков, который сравнивается с эталонной библиотекой. Такой подход обеспечивает быструю, высокоточную и воспроизводимую идентификацию бактерий без необходимости применения сложных биохимических тестов или секвенирования, поскольку для большинства бактерий метод MALDI-TOF позволяет различать даже близкородственные виды, что трудно сделать по биохимическим тестам или даже по 16S рРНК (при которой идентичность может достигать 99 %).

В данном исследовании штамм *Bacillus* sp. штамм Chl.31 идентифицирован как *Bacillus pumilus* с сохранением для него прежнего номера Chl.31.

В итоге применение штамма *B. pumilus* штамм Chl.31 обеспечило не только сохранение жизнеспособности растений, но и существенный рост их продуктивности в условиях карбонатных и засоленных почв.

Результаты полевых исследований показали, что использование биофунгицидов на основе штаммов *Trichoderma* и *Bacillus* оказывает существенное влияние на приживаемость, сохранность и продуктивность смородины черной.

В опытах с закладкой в 2016 г. отмечено неблагоприятное влияние условий роста растений, обусловленное карбонатными почвами с высоким рН (свыше 8,0) и повышенным содержанием солей, в частности, сульфатов и хлоридов (табл. 2). Эти факты способствовали развитию выраженного хлороза (до 5 баллов) и снижению урожайности, вплоть до гибели 50 % растений к 2023-2024 гг. Тем не менее, даже в этих условиях применение биофунгицидов позволило частично сохранить продуктивность. Так, наибольшая суммарная урожайность за 2023-2024 гг. была получена при использовании препарата Бактофит СП (2,4 кг/куст, 43,9 ц/га), что почти в два раза превышало показатели контроля. Аналогично, препараты

Триходерма Вериде и Чистофлор Био продемонстрировали умеренное положительное действие на сохранность растений и продуктивность.

В посадках 2017 г. картина оказалась значительно более благоприятной. Здесь биофунгициды обеспечили как лучшую приживаемость, так и высокую урожайность. Особенно выделялся препарат Чистофлор Био на основе *Bacillus subtilis*, при действии которого сохранность достигала 100 %, а суммарная урожайность составила (2,7 кг/куст, 89,1 ц/га), что более чем в три раза выше контрольных значений. Высокие показатели также наблюдали при использовании препаратов Бактофит СП и Триходерма Вериде (2,8-2,9 кг/куст). Это указывает на то, что биопрепараты способны смягчить стрессовые эффекты почвенных условий и повысить устойчивость растений в длительной перспективе.

Особого внимания заслуживает опыт с использованием изолята живых бактерий штамма Chl.31, идентифицированного методом MALDI-TOF, как *Bacillus pumilus*. Его применение обеспечило сохранность 100 % растений и привело к увеличению суммарного урожая за 2018-2024 гг. до 5,85 кг/куст, что более чем в два раза выше контроля (2,7 кг/куст). При этом разница в урожайности особенно заметно проявилась в 2023-2024 гг., когда обработанные растения давали почти в два раза больше плодов. Это свидетельствует о высокой адаптивности штамма и его выраженном биостимулирующем эффекте в условиях засоленных и карбонатных почв.

В качестве аргумента в пользу применения бактерий рода *Bacillus* можно привести данные, представленные в обзорах [14-16], в которых отмечена их способность повышать устойчивость сельскохозяйственных культур к многочисленным абиотическим и биотическим стрессам.

Известно, что бактерии рода *Bacillus* подавляют рост патогенных микробов в почве и/или в тканях растений, а также пагубно влияют на патогены растений, продуцируя широкий спектр ферментов, белков и небольших биоактивных вторичных метаболитов, участвующих в конкуренции за пространство и питательные вещества, а также в стимулировании защиты растения-хозяина. Метаболическое и генетическое разнообразие бактерий рода *Bacillus* позволяет адаптироваться к различным условиям окружающей среды. Такая гибкая приспособляемость к окружающей среде делает их подходящими кандидатами для биологического контроля [17].

Перспективность использования штаммов *B. pumilus* в настоящее время активно обсуждается. Так, *B. pumilus* известен как источник антибиотических соединений и индуктор системной устойчивости растений [18]. Роль бактерий данного вида в повышении толерантности культур к абиотическим стрессам (засоление, засуха) и улучшение фитосанитарного состояния почвы делает их привлекательными для интеграции в системы биологической защиты смородины и других ягодных культур [19].

Выводы

Таким образом, результаты в комплексе подтверждают эффективность ряда штаммов *Bacillus* и *Trichoderma* в условиях стрессовых почв Оренбургской области. Особенно перспективным для практического использования представляется штамм *Bacillus pumilus* Chl.31, который сочетает биозащитное и ростостимулирующее действие. Учитывая его устойчивость и выраженное влияние на урожайность, данный штамм может рассматриваться как основа для разработки новых биопрепаратов, адаптированных к условиям черноземов с высоким pH и засолением.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИС УрО РАН по теме «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» (№ ГР АААА-А21-

121011190016-1) и ИКВС УрО РАН по теме «Исследование симбиотических систем про- и эукариот в биологии и медицине» (№ 122020100106-5).

Список литературы

1. Помология. Т. IV. Смородина. Крыжовник / Под ред. Е.Н. Седова. Орёл: ВНИИСПК, 2009. 468 с.
2. Сазонов Ф.Ф., Луцко В.П. Достижения и перспективы селекции черной смородины на Кокинском опорном пункте ФГБНУ ВСТИСП // Сборник научных трудов ГНБС. 2019. Т. 148. С. 217-227. DOI: 10.25684/NBG.scbook.148.2019.23.
3. Мяснищева Н.В., Артемова Е.Н. Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 3. С. 36-40.
4. Доронина А.Ю., Терехина Н.В. *Ribes nigrum* L. – Смородина черная // Проект «Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения». Основные сельскохозяйственные культуры. [Интернет-версия 2.0] (2013). URL: https://agroAtlas.ru/ru/content/cultural/Ribes_nigrum_K/ (дата обращения: 23.07.2024).
5. Князев С.Д., Зарубин А.Н., Андрианова А.Ю. Динамика обновления и направления совершенствования сортимента черной смородины в России // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. № 3 (36). С. 72-77.
6. Калабеков И.Г. Российские реформы в цифрах и фактах, 2008-2025. Производство фруктов и ягод в России и странах мира. URL: <https://refru.ru/gardening.html> (дата обращения: 30.05.2025).
7. Гасымов Ф.М., Кутенева И.Е. Устойчивость сортов смородины черной к болезням в условиях Южного Урала // Современное садоводство. 2022. № 2. С. 1-10. DOI: 10.24411/23126701_2022_0201.
8. Сухова Е.А., Головин С.Е., Горбунова О.С., Немцева Н.В., Савин Е.З. Чувствительность различных видов и сортов смородины к трахеомикозам // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. № 7 (195). С. 85-91.
9. Выборнова М.В., Полунина Т.С., Лаврионова В.А. Микробиота ягод смородины // Научные труды СКФНЦСВВ. 2020. Т. 29. С. 122-126. DOI: 10.30679/2587-9847-2020-29-122-126.
10. Сидорова О.С. Микробиологический анализ образцов черной смородины (*Ribes nigrum* L.) // Universum: химия и биология: электрон. науч. журн. 2017. № 8 (38). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/5049> (дата обращения: 04.03.2024).
11. Petkovšek M., Slatnar M., Schmitzer A., Štampar V., Veberič F., Darinka R., Darinka K. Chemical profile of black currant fruit modified by different degree of infection with black currant leaf spot // Scientia horticulturae. 2013. Vol. 150. P. 399-409. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.11.038.
12. Савин Е.З., Немцева Н.В., Березина Т.В. Мониторинг роста саженцев черной смородины в условиях биоконтроля фитопатогенов различными биопрепаратами // Проблемы региональной экологии. 2024. № 2. С. 17-25. DOI: 10.24412/1728-323X-2024-2-17-25.
13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орёл: ВНИИСПК, 1999. 606 с.
14. Etesami H., Jeong B.R., Glick B.R. Potential use of *Bacillus* spp. as an effective biostimulant against abiotic stresses in crops – A review // Current Research in Biotechnology. 2023. Vol. 5. P. 100128. DOI: 10.1016/j.crbiot.2023.100128.
15. Максимов И.В., Сингх Б.П., Черепанова Е.А., Бурханова Г.Ф., Хайруллин Р. Перспективы применения бактерий – продуцентов липопептидов для защиты растений (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56. № 1. С. 19-34. DOI: 10.31857/S0555109920010134.
16. Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика

(обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 421-438. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.

17. Etesami H., Jeong B.R., Glick B.R. Biocontrol of plant diseases by *Bacillus* spp. // Physiological and Molecular Plant Pathology. 2023. Vol. 126. P. 102048.

18. Dobrzyński J., Jakubowska Z., Dybek B. Potential of *Bacillus pumilus* to directly promote plant growth // Front Microbiol. 2022. Vol. 13: 1069053. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1069053.

19. Abd-El-Kareem F., Elshahawy I.E., Abd-Elgawad M.M.M. Application of *Bacillus pumilus* isolates for management of black rot disease in strawberry // Egyptian Journal of Biological Pest Control. 2021. Vol. 31(1). P. 25. DOI: 10.1186/s41938-021-00371-z.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 11.10.2025

Принята к публикации 12.12.2025

USE OF BIOFUNGICIDES AGAINST MYCOTIC WILT OF BLACK CURRANT (*RIBES NIGRUM* L.)

E. Savin¹, *N. Nemtseva², **T. Berezina¹, ***T. Churilina³

¹Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg

²Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg

³Orenburg State Agrarian University, Russia, Orenburg

e-mail: *nvnemtseva@gmail.com, **gaevskayatatyana@mail.ru, ***tachuna@mail.ru

The cultivation of black currant in the Southern Urals is accompanied by a number of agroecological restrictions. In recent years, damage from phytopathogenic fungi – *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Verticillium* spp. has been noted, causing wilting and massive crop failures. In the study, biological preparations such as Trichoderma Veride, Alirin B, Bactofit SP, Chistoflor Bio, as well as a culture of live microorganisms of the *Bacillus pumilus* Chl.31 strain were used to combat phytopathogens. Experiments were conducted in autumn 2016 and 2017 near Orenburg. The black currant *Vologda* variety was used as an object. In 2016, the highest yields were obtained with the use of Bactofit SP (2.4 kg/bush; 43.9 kg/ha), and Trichoderma Veride (1.9 kg/bush; 31.3 kg/ha). In 2017, high yields were achieved using Chistoflor Bio (2.7 kg/bush; 89.1 c/ha). High results were also observed in variants with Bactofit SP (2.9 kg/bush; 76.5 kg/ha) and Trichoderma Veride (2.8 kg/bush; 64.7 kg/ha). The control plants had completely dropped out of the experiment by 2024. In a separate experiment conducted in the spring of 2017, the effect of a suspension of living cells of *B. pumilus* Chl.31 was studied. The total yield for the period from 2018 to 2024 in the experimental version was 5.85 kg/bush, which was more than twice the control results (2.7 kg/bush). Thus, combined results confirm the effectiveness of a number of *Bacillus* and *Trichoderma* strains in the Orenburg region. The strain *B. pumilus* Chl.31, which combines bioprotective and growth-stimulating effects, is particularly promising for practical application.

Key words: black currant, phytopathogens, *Fusarium*, *Alternaria*, *Verticillium*, biologics, biofungicides, *Bacillus*, *Trichoderma*.

References

1. Pomologiya. T. IV. Smorodina. Kryzhovnik. Pod red. E.N. Sedova. Orel: VNIISPK, 2009. 468 s.
2. Sazonov F.F., Lushcheko V.P. Dostizheniya i perspektivy seleksii chernoi smorodiny na Kokinskom opornom punkte FGBNU VSTISP. Sbornik nauchnykh trudov GNBS. 2019. T. 148. S. 217-227. DOI: 10.25684/NBG.scbook.148.2019.23.
3. Myasishcheva N.V., Artemova E.N. Izuchenie biologicheskii aktivnykh veshchestv yagod chernoi smorodiny v protsesse khraneniya. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2013. № 3. S. 36-40.
4. Doronina A.YU., Terekhina N.V. Ribes nigrum L. – Smorodina Chernaya. Proekt "Agroekologicheskii atlas Rossii i sopredel'nykh stran: ekonomicheskii znachimye rasteniya, ikh bolezni, vrediteli i sornye rasteniya". Osnovnye sel'skokhozyaistvennye kul'tury. [Internet-versiya 2.0] (2013). URL: https://agroatlas.ru/ru/content/cultural/Ribes_nigrum_K/ (data obrashcheniya: 23.07.2024).
5. Knyazev S.D., Zarubin A.N., Andrianova A.Yu. Dinamika obnovleniya i napravleniya sovershenstvovaniya sortimenta chernoi smorodiny v Rossii. Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. N 3 (36). S. 72-77.
6. Kalabekov I.G. Rossiiskie reformy v tsifrakh i faktakh, 2008-2025. Proizvodstvo fruktoy i yagod v Rossii i stranakh mira. URL: <https://refru.ru/gardering.html> (data obrashcheniya: 30.05.2025).
7. Gasyimov F.M., Kuteneva I.E. Ustoichivost' sortov smorodiny chernoi k boleznyam v usloviyakh Yuzhnogo Urala. Sovremennoe sadovodstvo. 2022. N 2. S. 1-10. DOI: 10.24411/23126701_2022_0201.
8. Sukhova E.A., Golovin S.E., Gorbunova O.S., Nemtseva N.V., Savin E.Z. Chuvstvitel'nost' razlichnykh vidov i sortov smorodiny k trakheomikozam. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. N 7 (195). S. 85-91.
9. Vybornova M.V., Polunina T.S., Lavrionova V.A. Mikrobiota yagod smorodiny. Nauchnye trudy SKFNTSSVV. 2020. T. 29. S. 122-126. DOI: 10.30679/2587-9847-2020-29-122-126.
10. Sidorova O.S. Mikrobiologicheskii analiz obraztsov chernoi smorodiny (*Ribes nigrum* L.). Universum: khimiya i biologiya: elektron. nauch. zhurn. 2017. N 8 (38). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/5049> (data obrashcheniya: 04.03.2024).
11. Petkovšek M., Slatnar M., Schmitzer A., Štampar V., Veberič F., Darinka R., Darinka K. Chemical profile of black currant fruit modified by different degree of infection with black currant leaf spot. Scientia horticulturae. 2013. Vol. 150. P. 399-409. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.11.038.
12. Savin E.Z., Nemtseva N.V., Berezina T.V. Monitoring rosta sazhentsev chernoi smorodiny v usloviyakh biokontrolya fitopatogenov razlichnymi biopreparatami. Problemy regional'noi ekologii. 2024. N 2. S. 17-25. DOI: 10.24412/1728-323X-2024-2-17-25.
13. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. Pod obshch. red. E.N. Sedova, T.P. Ogol'tsovoi. Orel: VNIISPK, 1999. 606 s.
14. Etesami H., Jeong B.R., Glick B.R. Potential use of *Bacillus* spp. as an effective biostimulant against abiotic stresses in crops – A review. Current Research in Biotechnology. 2023. Vol. 5. P. 100128. DOI: 10.1016/j.crbiot.2023.100128.
15. Maksimov I.V., Singkh B.P., Cherepanova E.A., Burkhanova G.F., Khairullin R. Perspektivy primeneniya bakterii – produtsentov lipopeptidov dlya zashchity rastenii (obzor). Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2020. T. 56. N 1. S. 19-34. DOI: 10.31857/S0555109920010134.
16. Pavlyushin V.A., Novikova I.I., Boikova I.V. Mikrobiologicheskaya zashchita rastenii v tekhnologiyakh fitosanitarnoi optimizatsii agroekosistem: teoriya i praktika (obzor). Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020. T. 55. N 3. S. 421-438. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.
17. Etesami H., Jeong B.R., Glick B.R. Biocontrol of plant diseases by *Bacillus* spp. Physiological and Molecular Plant Pathology. 2023. Vol. 126. P. 102048.

18. Dobrzyński J., Jakubowska Z., Dybek B. Potential of *Bacillus pumilus* to directly promote plant growth. *Front Microbiol.* 2022. Vol. 13: 1069053. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1069053.

19. Abd-El-Kareem F., Elshahawy I.E., Abd-Elgawad M.M.M. Application of *Bacillus pumilus* isolates for management of black rot disease in strawberry. *Egyptian Journal of Biological Pest Control.* 2021. Vol. 31 (1). P. 25. DOI: 10.1186/s41938-021-00371-z.

Сведения об авторах:

Савин Евгений Захарович

Д.с.-х.н., ведущий научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0002-2974-5175

Savin Evgenij

Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Landscape Ecology, Department of Landscape Ecology, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Немцева Наталия Вячеславовна

Д.м.н., профессор, Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0002-6458-9171

Nemtseva Natalia

Doctor of Medical Sciences, Professor, Institute of Cellular and Intracellular Symbiosis of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Березина Татьяна Владимировна

К.б.н., старший научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук

ORCID 0000-0002-3528-0263

Berezina Tatyana

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Department of Landscape Ecology, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Чурилина Татьяна Николаевна

К.б.н., доцент кафедры земледелия, биозологии и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет

ORCID 0009-0001-1438-7176

Churilina Tatiana

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University

Для цитирования: Савин Е.З., Немцева Н.В., Березина Т.В., Чурилина Т.Н. Использование биофунгицидов против микозного увядания смородины черной (*Ribes nigrum* L.) // Вопросы степеведения. 2025. № 4. С. 170-180. DOI: 10.24412/2712-8628-2025-4-170-180

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук ведет прием статей на бесплатной основе для их публикации в издании **«Вопросы степеведения»**.

Журнал «Вопросы степеведения» с 22.05.2023 г. включен в **Перечень рецензируемых научных изданий**, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по следующим научным специальностям:

- 1.5.9. Ботаника (биологические науки);
- 1.5.15. Экология (биологические науки);
- 1.6.12. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки);
- 1.6.13. Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география (географические науки);
- 1.6.21. Геоэкология (географические науки);
- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки).

С 09.09.2025 г. журнал "Вопросы степеведения" включен в актуальную версию Единого государственного перечня научных изданий ("**Белый список**" научных журналов).

Рукописи принимаются на русском и на английском языках.

Издание выходит 4 раза в год.

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Статьям присваивается цифровой идентификатор DOI.

Электронная версия номеров журнала размещается на сайте издания, в Научных электронных библиотеках eLIBRARY.RU и КиберЛенинка.

Подробнее об издании: <http://steppe-science.ru>

Адрес редакции издания:

460000, Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, дом 11, Институт степи УрО РАН

e-mail: steppescience@mail.ru

© Институт степи УрО РАН, 2025

