

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

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ

STEPPE SCIENCE

3

2023

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ. 2023. № 3

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

Бакланов П.Я., академик РАН, д.г.н.
Тишков А.А., член-корр. РАН, 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.
Литовский В.В., д.г.н.
Мячина К.В., д.г.н.
Петрищев В.П., д.г.н.
Хорошев А.В., д.г.н.
Черных Д.В., д.г.н.
Ахмеденов К.М., к.г.н.
Васильев Д.Ю., к.ф.-м.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.
Рябина Н.О., к.г.н.
Рябуха А.Г., к.г.н.
Святоха Н.Ю., к.г.н.
Сивохиц Ж.Т., к.г.н.
Филимонова И.Ю., к.г.н.
Чибилев А.А. (мл.), к.э.н.

Общая биология

Агафонов В.А., д.б.н.
Артемьева 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.
Христиановский П.И., 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.
Юферов 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., с.н.с. 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, 2023

Подписано к изданию – 19.09.2023

Дата выхода номера – 22.09.2023

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Петрищев В.П., Павлейчик В.М., Левыкин С.В., Петрищева Н.В., Ряхов Р.В. ЛАНДШАФТНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЗЫЛАДЫРСКОГО КАРСТОВОГО ПОЛЯ	4
Юмина Н.М., Магрицкий Д.В. ОБОСНОВАНИЕ И АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ГОДОВОГО СТОКА РЕК БАССЕЙНА УРАЛА ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	13
Демин А.П. ДИНАМИКА СБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И КАЧЕСТВО ВОДЫ В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ УРАЛ	26
Дорошенко В.В. ПЫЛЬНЫЕ БУРИ НА ВОСТОКЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ В 2017-2022 ГГ.	41
Чибилев А.А. (мл), Григоревский Д.В., Чибилев А.А., Свиридов И.С. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СВЯЗНОСТЬ ПОСЕЛЕНИЙ РЕГИОНОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РОССИИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ	49
Бармин А.Н., Беляев Д.Ю., Дедов К.В., Валов М.В., Бармина Е.А. РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В АСТРАХАНСКОМ ПРИРОДНОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ	63
Сафарян А.А., Конышев Е.В. СТЕПНЫЕ РЕГИОНЫ РОССИИ: СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРИЗМА МЕТОДОМ DEA	73

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Мифтахова С.Р., Калмыкова О.Г. ДИКИЕ РОДИЧИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ: ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА	84
Глазунов В.А., Кин Н.О., Вельмовский П.В. НОВОЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ <i>Calla palustris</i> L. (Araceae Juss.) НА ТЕРРИТОРИИ БУЗУЛУКСКОГО БОРА	97
Берденгалиева А.Н. ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ПОВРЕЖДЕННЫХ ПОЖАРАМИ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА СЕВЕРЕ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ	104

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Шостак М.М., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ	116
Гольдварг Б.А., Боктаев М.В. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ СОРТОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ, РЕКОМЕНДОВАННЫХ ГОСКОМИССИЕЙ ПО НИЖНЕВОЛЖСКОМУ РЕГИОНУ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ	128

**ЛАНДШАФТНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЗЫЛАДЫРСКОГО
КАРСТОВОГО ПОЛЯ*****В.П. Петрищев^{1,2}, **В.М. Павлейчик¹, **С.В. Левыкин¹, Н.В. Петрищева²,
Р.В. Ряхов¹¹Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург²Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург

e-mail: *wadpetr@mail.ru, **orensteppe@mail.ru

Кзыладырское карстовое поле принадлежит к наиболее крупным карстовым ландшафтными геосистемам Южного Урала. Проявление карстового рельефа на Южном Урале связывается с активизацией неотектонического подъема, усилением денудации и эрозии в неоплейстоцен-голоценовое время. Наряду с выходами кунгурских гипсов, представляющих собой литогенную основу карстового ландшафта, важной чертой Кзыладырского карстового поля является ярко выраженный в его пределах структурно-геоморфологический рубеж между остаточными горами западного склона Урала и денудационной равниной Предуралья. Данный рубеж отчетливо прослеживается в результате классификации космических снимков при формировании цифровых картограмм по количеству контуров и протяженности их периметров. Еще одна характерная черта карстового ландшафта Кзыладыра заключается в отчетливом проявлении микропоясности карстовых воронок и карстовых котловин.

Ключевые слова: карстовые ландшафты, классификация поверхности, морфология ландшафта, микрорельеф.

Введение

Одним из направлений исследований, проводимых ранее в Институте степи УрО РАН, стало выявление структурно-динамических особенностей формирования и развития литогенных вариантов ландшафтных геосистем степных регионов Заволжья и Северного Прикаспия. Полученные результаты свидетельствуют о том, что именно литогенные варианты ландшафтов, а также проявления экзогенных и эндогенных геологических процессов во многом определяют сложную дифференциацию ландшафтной сферы. Литогенные варианты ландшафтов, как правило, отличаются сложностью компонентной и пространственной структуры, тесными и динамичными функциональными связями, высокой степенью биоразнообразия [1]. В этой связи, они являются наиболее востребованным объектом для апробирования методологии ландшафтных исследований.

В качестве ключевого участка нами выбрана территория Кзыладырского карстового поля, расположенного в пределах Буртинско-Кондуровского предгорнохолмистого карстового района Бурлинского округа Уральско-Мугоджарской низкогорной провинции в степной зоне передовых складок Южно-Уральской области Уральской горно-складчатой страны. В геологическом отношении занимает часть протяженной Бурлинской моноклинали, в свою очередь, расположенной на стыке Русской равнины и Уральских гор. Выходы кунгурских гипсов здесь представляют собой элемент внешней зоны складчатости, что позволяет с полным правом отнести карстовое поле к Уральскому складчатому низкогорью. В целом выходы закарстованных кунгурских гипсов характерны для Южного Предуралья, но их приповерхностное положение связано с проявлением платформенного галокинеза [2].

Важнейшим рельефообразующим фактором, наряду с эрозионной деятельностью, здесь является литология пород. Крутое залегание слоев образует компактное в пространстве

чередование соответствующих форм рельефа. Господствующие крутосклонные холмы на юго-западе участка образованы линзами конгломератов, армированными прослоями известняков. Гипсовые отложения сгруппированы в 3-4 пачки, на поверхности они образуют относительно невысокие гряды-гребни. Их подножия обычно бывают осложнены карстовыми воронками и карстово-эрозионными ложбинами, являющимися локальными зонами питания подземных вод. По гипсовым пачкам осуществляется основной подземный сток, активизирующий карстовые процессы, при этом общая схема такого линейного стока не совпадает с направлениями поверхностного стока. Эрозионные ложбины проложены по наиболее мягким породам участка – глинам, аргиллитам и алевролитам. Общий облик карстово-эрозионного рельефа осложняется системой логов, секущих слоистость в крест простирания и заложённых по системам разрывных нарушений.

Коэффициент общей закарстованности массива составляет около 10 % [3], пещеры, находящиеся на обвальном-цементационной и натечно-осыпной стадиях развития, являются основой для формирования на поверхности карстовых воронок. Поверхностные формы рельефа определяют ландшафтный облик участка, они представлены преимущественно крупными, глубиной до 10-15 и более метров, гравитационно-провальными воронками, линейно группирующимися по выходам гипсовых отложений. Встречаются колодеобразные провалы, характеризующие современную активность карста.

Высокое ландшафтно-биологическое разнообразие Кызыладырского карстового поля послужило обоснованием для включения в перечень особо охраняемых природных территорий (ООПТ) регионального значения в статусе памятника природы. Необходимость охраны карстовых ландшафтов Южного Предуралья обосновывается и в контексте формирования единой межрегиональной сети ООПТ Урала [4].

Со времени последних ландшафтных исследований и публикаций [3, 5] прошло более 15 лет, за которые развитие наук о Земле во многом было связано с возможностью использования материалов дистанционного зондирования Земли и геоинформационных методов их анализа. В задачи исследования входило апробирование методов геоинформационного анализа спутниковых изображений высокого пространственного разрешения для выявления мезо- и микроструктуры ландшафтов ключевого участка.

Материалы и методы

Анализ ландшафтной структуры Кызыладырского карстового поля проведен на основе использования материалов дистанционного зондирования в виде панхроматического спутникового изображения «WorldView-2» (дата съемки 16 июня 2016 года) с пространственным разрешением 0,5 м и мультиспектрального изображения (8 каналов: Red, Green, Blue, Nir, Coasral, Yellow, Red Edge, Nir-2) с пространственным разрешением 2,0 м.

Для определения особенностей ландшафтной структуры использовалась автоматизированная классификация данных дистанционного зондирования Земли из космоса IsoData на 10 классов, количество которых определено эмпирическим методом для недопущения излишней диверсифицированности результатов. Выделение локальных бассейнов и линий тальвегов, визуализация микроформ рельефа осуществлялись посредством построения цифровых моделей рельефа по данным ортофотопланов масштаба 1:100 000 и георадарной съемки Aster GDEM v.3. Геоинформационный анализ проводился с применением ПО MapInfo 9.5 и ScanEx Image Processor 5.0.

Результаты и обсуждение

На ландшафтной структуре Кызыладырского карстового поля, несомненно, сказалось размещение, на рубеже активно взаимодействовавших в течение палеоген-четвертичного времени, ландшафтно-геоморфологических областей. Есть основание считать, что в

раннемиоценовое время наблюдалась активизация карстовых процессов в результате усиления эрозионных процессов, которые, в свою очередь, были инициированы активизацией неотектонического подъема территории на рубеже олигоцена и миоцена, сменившей эпоху эоценовой аккумулятивной равнины. В результате поднятия, в этот период, проявилась субмеридиональная ориентация доолигоценовых структур. Процесс неотектонического подъема, сопровождающийся активной денудацией, приостановился в плиоцене, но возобновился вновь в неоплейстоцен-голоценовое время. Современный контрастный рельеф Кзыладырского карстового поля – результат глубокого врезания речных долин и образования временных эрозионных врезов, усиления плоскостного смыва и активизации карста, что придало прежде равнинному рельефу низкогорный облик [6].

В современном рельефе рассматриваемой территории выделяются три основных яруса: 1) отпрепарированные гряды и гребни красноцветных пород; 2) примыкающие к грядам покатые элювиально-делювиальные склоны; 3) неоплейстоценовые делювиальные пологие склоны [7]. Отдельные замкнутые понижения представлены озерными (лимническими) впадинами голоценового возраста.

Таким образом, карстовые процессы получили возможность активно проявляться в период очередного процесса препарирования рельефа и неотектонического подъема Южного Урала в плейстоценовое время (табл. 1) [6].

Таблица 1 – Смена геоморфологических циклов Урало-Илекского междуречья в палеоген-четвертичное время

Геологическая эпоха	Преобладающий рельеф
Поздний эоцен	Приподнимающаяся равнина
Олигоцен	Возвышенная платообразная равнина
Ранний миоцен	Холмистая равнина
Поздний миоцен	Низменная аккумулятивная равнина
Ранний плиоцен	Низкогорье с глубокими врезами
Поздний плиоцен	Низменная аккумулятивная равнина с мелководными заливами
Ранний плейстоцен (окское оледенение)	Возвышенная равнина
Средний плейстоцен (днепровское оледенение)	Низкогорье
Поздний плейстоцен (микулинское межледниковье)	Увалисто-холмистая равнина
Поздний плейстоцен (валдайское оледенение)	Увалисто-холмистая равнина
Голоцен	Низкогорье

Как уже отмечалось выше, на основе спутникового изображения «WorldView-2», охватывающего центральную часть поля, проведена классификация территории с выделением 10 классов. Для анализа полученных классов использован опыт изучения сложных геосистем с мозаичной структурой, связанной как с естественными, так и с антропогенными процессами [8, 9, 10]. Особое значение имел анализ локальных бассейнов, сложивших своеобразным образом в условиях карстового ландшафта, который дополнялся сопоставлением с данными Google Earth [11, 12].

Основа методических приемов для оценки контурности, полученной при классификации космического снимка, заключается в выделении сетки квадратов со стороной 250 x 250 м. Общее количество квадратов, покрывающих космический снимок, составило 400, среднюю часть Кзыладырского карстового поля – 230. В каждом из квадратов рассчитывались показатели количества контуров и общей протяженности периметров

контуров, на основе которых строились тематические карты, сопоставлявшиеся с рельефом территории, геоморфологической картой и картой четвертичных отложений. Количество контуров и суммарная протяженность периметров контуров определялось путем построения горизонталей с выбранной высотой сечения 1,0 м по данным георадарной съемки поверхности Aster GDEM v.3.

Сопоставление структурно-геоморфологической границы, разделяющей низкогорья Урала и равнины Предуралья, очень отчетливо фиксируется по различиям в протяженности периметров контуров, так и, особенно, по высокой мелкоконтурности, сопровождающей уступ. При этом собственно внутренние границы карстового поля не имеют ярко выраженной линейности, в отличие от гряд, представленных красноцветными породами (алевролиты и песчаники) приуральского отдела пермской системы. Вследствие яркой выраженности карстовых форм и долин прорыва линейность карстового поля прерывистая и пересекается поперечными долинами. Эрозионные долины и врезы, а также озерно-карстовые впадины представлены, как правило, участками с пониженной контурностью и низкой протяженностью их периметров (рис. 1). Остаточные горы западного склона Урала (северо-восток Кзыл-Адыра) и денудационные равнины Предуралья (юго-запад Клыл-Адыра) на рисунке разделены толстой сплошной линией. Отпрепарированные гряды выделяются на рисунке красными, коричневыми и оранжевыми квадратами, отделяясь прерывистыми линиями от элювиально-делювиального плато с преобладанием зеленых квадратов.

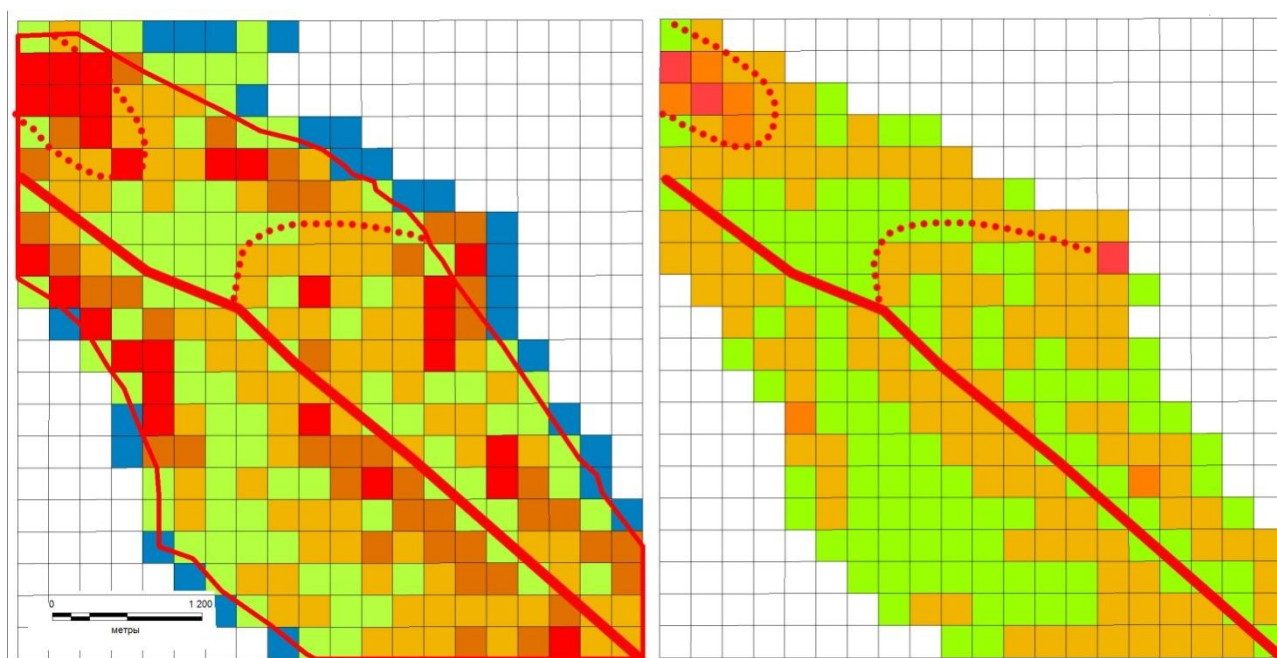


Рисунок 1 – Сопоставление схемы количества контуров (слева) и схемы суммарной протяженности периметров контуров (справа) со структурно-геоморфологической границей (уступом), разделяющим остаточные горы западного склона Урала и денудационную равнину Предуралья, отпрепарированными грядами, элювиально-делювиальными денудационными плато

Одним из наиболее характерных элементов ландшафтной структуры рассматриваемой территории являются замкнутые и полузамкнутые понижения карстового происхождения. В плане они представляют собой сочетание сменяющихся ландшафтных фаций, в целом соответствующих денудационным, транзитным и аккумулятивным частям карстовых понижений [4]. Естественно, наиболее отчетливо ландшафтно-фациальная микропооясность склонов проявлена в крупных глубоких формах рельефа. Нарушение concentричности

расположения микропоясов наиболее часто связано с различиями в условиях инсоляции, снегового и ветрового режимов, а также ввиду морфологической неоднородности сечения и обнажения коренных пород.

Проведенными исследованиями выявлено, что пространственное разрешение используемого снимка вполне достаточно для отображения этих локальных образований. Микропоясность на классифицированном изображении обычно выражена последовательным чередованием классов, определяемых степенью уклона поверхности. В качестве примера приводится водопоглощающая карстовая воронка, расположенная в пределах одной из гипсовых гряд Кызыладырского поля. Воронка в плане и в разрезе асимметрична, с выраженным отвесным бортом и является частью последовательной цепи карстовых воронок вдоль крайней юго-западной пачки гипсов (рис. 2). Отчетливо прослеживается равномерное распределение классов от плоских поверхностей денудационного плато (2 класс), эрозионных врезов вдоль внешнего контура воронки (3 класс), покатых (4 класс), крутых (5 класс) и обрывистых (6 класс) склонов воронки, полого вогнутого склона днища (7 класс), плоского днища воронки (9 класс) до внешнего контура с пологим склоном (8 класс) и гребнями с обнажениями гипсов – каррами (10 класс).

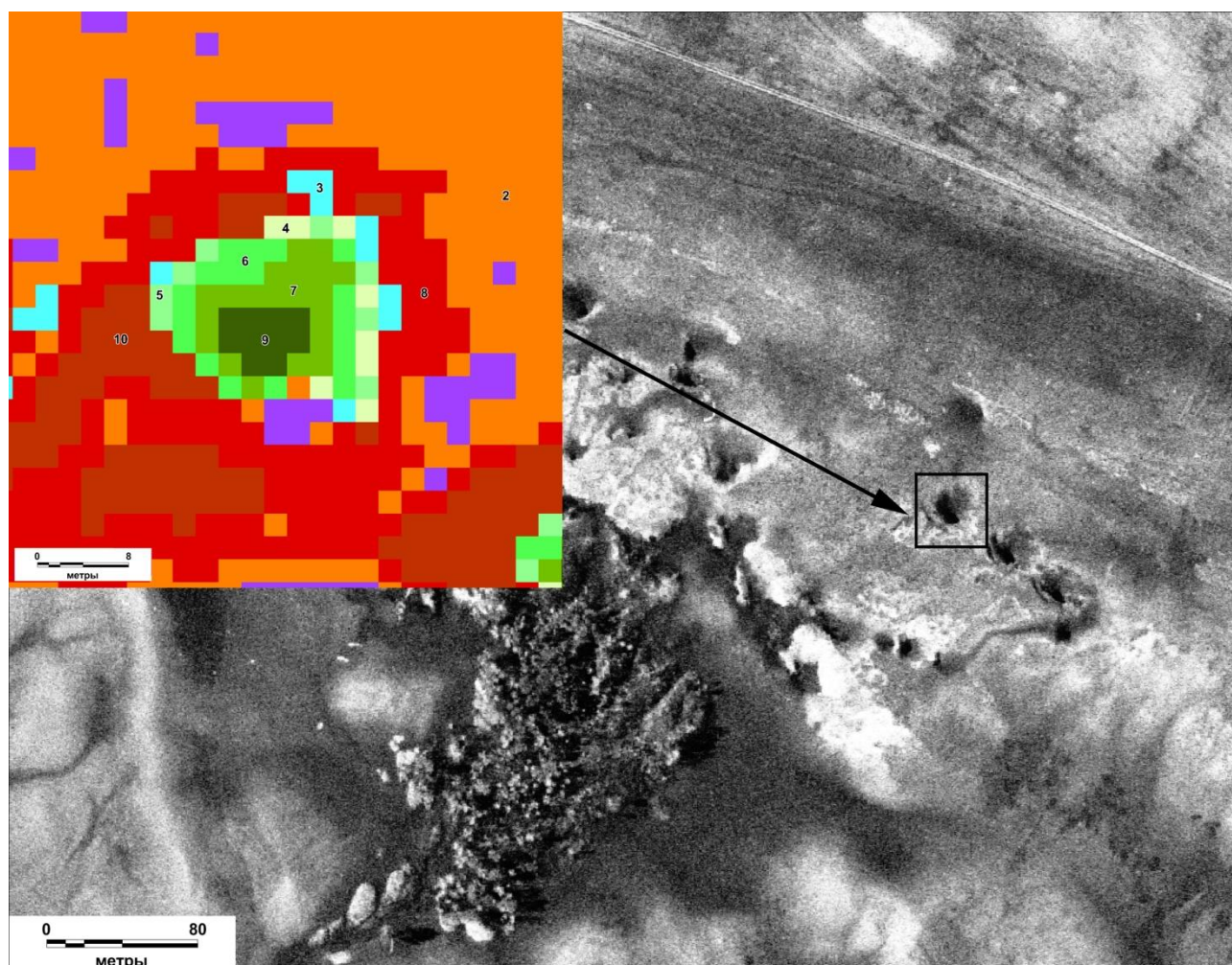


Рисунок 2 – Микрозональность в пределах карстовой воронки

Наряду с кольматацией водопоглощающих каналов и заполнения днища карстовых воронок почвенно-грунтовым материалом отмечается их сезонная обводненность. В связи с этим в структуре микропоясности таких понижений присутствует еще один класс, соответствующий их наиболее нижней аккумулятивной части. В плане подобные понижения могут состоять из нескольких изначальных воронок, объединенных в ходе их эволюции в

единое образование. Это первичная стадия образования карстовых балок. Пример подобных образований приведен на рисунке 3. В классифицированном изображении заметно проявление системы концентрических зон с двумя центрами, соответствующими нижним частям первоначальных воронок. На снимке также заметен эрозионный врез, соединяющий две группы понижений, образованный в результате перелива части воды в период активного снеготаяния.

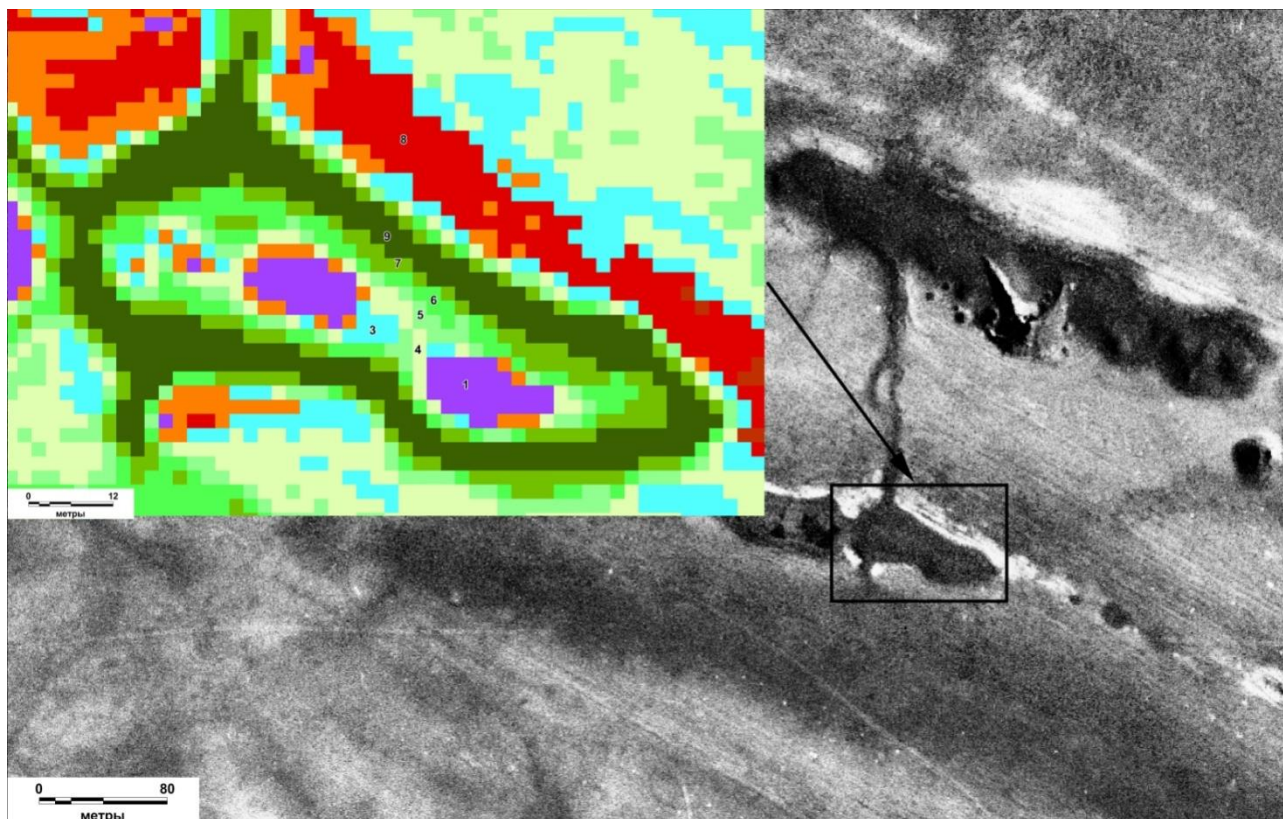


Рисунок 3 – Микрозональность в пределах карстовой воронки с характерным высыханием внутреннего водоема (класс 1), приподнятыми микробуграми (класс 3), пологими склонами дна воронки (4 класс), обрывистыми склонами (7 класс), покатыми (6 класс) и пологими (5 класс) элементами склона воронки, формированием системы концентрических зон, зоны развития степных кустарников – внешней зоны воронки (зона 9), покатыми склонами с выходами гипса – каррами (зона 8)

Выводы

Результаты проведенного исследования убедительно доказывают, что классификация спутниковых изображений высокого пространственного разрешения позволяет, с одной стороны, достаточно отчетливо проследить крупные геоморфологические и ландшафтные рубежи, а с другой, создает возможность идентифицировать состав микроформ ландшафтной структуры, в том числе на уровне фаций. Классифицированные изображения могут служить основой для составления крупномасштабных ландшафтных карт при условии экспертной полевой корректировки полученных данных. В свою очередь, ландшафтные карты с подробным отображением фаций являются основой для последующего выявления параметров ландшафтного разнообразия.

Кзыладырское карстовое поле ввиду сложной структуры ландшафтов является эталоном гипсового карста Южного Предуралья и заслуживает продолжения ландшафтно-геоморфологических и эколого-биологических исследований, в том числе с применением материалов дистанционного зондирования Земли и современных геоинформационных методов.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках выполнения государственной темы ИС УрО РАН № АААА–А21–121011190016–1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем».

Список литературы

1. Чибилев А.А. Ландшафтные рефугии степной зоны Урала и Приуралья (постановка проблемы) // Вопросы степеведения. 1999. № 1. С. 32-33.
2. Чайковский И.И. Типизация основных механизмов соляной тектоники мира: Верхнекамское месторождение как эталон многоэтапного гравитационного скольжения // Вестник Пермского научного центра. 2013. № 1. С. 18-37.
3. Павлейчик В.М. Карстовые ландшафты Южного Предуралья. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 300 с.
4. Чибилев А.А., Павлейчик В.М., Чибилев А.А.-мл. Особо охраняемые природные территории Урала: современное состояние и перспективы развития // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13. № 1(6). С. 1537-1540.
5. Климентьев А.И., Павлейчик В.М., Чибилев А.А., Грошев И.В., Ложкин И.В., Нестеренко Ю.М. Почвы и ландшафты Кызыладырского карстового поля на Южном Урале // Почвоведение. 2007. Вып. 1. С. 12-22.
6. Объяснительная записка к Атласу литолого-палеогеографических карт СССР. Т. 4. Палеогеновый, неогеновый и четвертичный периоды. М.: Недра, 1975. 204 с.
7. Лисов А.С., Кваснюк Л.Н., Чечулина Ю.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание 2-ое. Серия Южно-Уральская. Лист М-40-IX (Советское). Объяснительная записка. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2017. 97 с.
8. Saralioglu E., Vatandaşlar C. Land use/land cover classification with Landsat-8 and Landsat-9 satellite images: a comparative analysis between forest- and agriculture-dominated landscapes using different machine learning methods // Acta Geodaetica et Geophysica. 2022. pp. 695-716. DOI: 10.1007/s40328-022-00400-9.
9. Alrababah M., Alhamad M. Land use/cover classification of east Mediterranean landscapes using Landsat ETM // International Journal of Remote Sensing. 2006. vol. 27. pp. 2703-2718. DOI:10.1080/01431160500522700.
10. Shabazyan T. Monitoring of specially protected natural territories of forest-steppe landscapes of the Stavropol upland by means of remote sensing data // InterCarto. InterGIS. 2021. vol. 27. pp. 364-376. DOI:10.35595/2414-9179-2021-1-27-364-376.
11. Hu T., Myers T., Elizabeth C., Gang S., Gang Z., Yuyu L., Yang Z., Kaiguang F. Mapping fine-scale human disturbances in a working landscape with Landsat time series on Google Earth Engine // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2021. vol. 176. pp. 250-261. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2021.04.008.
12. Google Earth [Электронный ресурс]. URL: <https://earth.google.com/web/@51.17753954,56.95247565,283.16096554a,5424.27805371d,35y,0h,0t,0r> (дата обращения: 06.03.2023).

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

Поступила в редакцию 07.04.2023
Принята к публикации 11.09.2023

LANDSCAPE AND GEOMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE KZYLADYR KARST FIELD

*V. Petrishchev^{1,2}, **V. Pavleichik¹, **S. Levykin¹, N. Petrishcheva², **R. Rjachov¹,
¹Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg
²Orenburg State University, Russia, Orenburg
 e-mail: *wadpetr@mail.ru, **orensteppe@mail.ru

The Kzyladyr karst field is the largest karst landscape geosystems of the Southern Urals. The karst relief in the Southern Urals is associated with the activation of neotectonic uplift, increased denudation and erosion in the Neo-Pleistocene-Holocene time. Along with the outcrops of Kungur gypsum, which represent the lithogenic basis of the karst landscape, an important feature of the Kzyladyr karst field is an expressed structural-geomorphological boundary between the residual mountains of the Urals western slope and the denudation plain of the Cis-Urals region. The boundary is clearly noticed while classifying satellite images and forming digital cartograms by the sum of contours and the length of their perimeters. Another characteristic feature of the Kzyladyr karst landscape is the distinct manifestation of the micro-belts of karst craters and basins.

Key words: karst landscapes, surface classification, landscape morphology, microrelief.

References

1. Chibilev A.A. Landshaftnye refugii stepnoj zony Urala i Priural'ja (postanovka problemy). Voprosy stepovedeniya. 1999. N 1. S. 32-33.
2. Chajkovskij I.I. Tipizacija osnovnyh mehanizmov soljanoy tektoniki mira: Verhnekamskoe mestorozhdenie kak jetalon mnogojetapnogo gravitacionnogo skol'zheniya. Vestnik Permskogo nauchnogo centra. 2013. N 1. S. 18-37.
3. Pavleichik V.M. Karstovye landshafty Juzhnogo Predural'ja. Ekaterinburg: UrO RAN, 2011. 300 s.
4. Chibiljov A.A., Pavleichik V.M., Chibiljov A.A.-ml. Osobo ohranjaemye prirodnye territorii Urala: sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija. Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2011. T. 13. N 1(6). S. 1537-1540.
5. Kliment'ev A.I., Pavleichik V.M., Chibilev A.A., Groshev I.V., Lozhkin I.V., Nesterenko Ju.M. Pochvy i landshafty Kzyladyrskogo karstovogo polja na Juzhnom Urale. Pochvovedenie. 2007. Vyp. 1. S. 12-22.
6. Ob"yasnitel'naya zapiska k Atlasu litologo-paleogeograficheskikh kart SSSR. T. 4. Paleogenovyj, neogenovyj i chetvertichnyj periody. M.: Nedra, 1975. 204 s.
7. Lisov A.S., Kvasnyuk L.N., Chechulina Yu.V. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoi Federatsii. Masshtab 1 : 200 000. Izdanie 2-oe. Seriya Yuzhno-Ural'skaya. List M-40-IX (Sovetskoe). Ob"yasnitel'naya zapiska. M.: Moskovskii filial FGBU "VSEGEI", 2017. 97 s.
8. Saralioglu E., Vatandaşlar C. Land use/land cover classification with Landsat-8 and Landsat-9 satellite images: a comparative analysis between forest- and agriculture-dominated landscapes using different machine learning methods. Acta Geodaetica et Geophysica. 2022. pp. 695-716. DOI: 10.1007/s40328-022-00400-9.
9. Alrababah M., Alhamad M. Land use/cover classification of east Mediterranean landscapes using Landsat ETM. International Journal of Remote Sensing. 2006. vol. 27. pp. 2703-2718. DOI:10.1080/01431160500522700.
10. Shahbazyan T. Monitoring of specially protected natural territories of forest-steppe landscapes of the Stavropol upland by means of remote sensing data. InterCarto. InterGIS. 2021. vol. 27. pp. 364-376. DOI:10.35595/2414-9179-2021-1-27-364-376.
11. Hu T., Myers T., Elizabeth C., Gang S., Gang Z., Yuyu L., Yang Z., Kaiguang F. Mapping fine-scale human disturbances in a working landscape with Landsat time series on Google

Earth Engine. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2021. vol. 176. pp. 250-261.
DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2021.04.008.

12. Google Earth [Elektronnyi resurs]. URL:
<https://earth.google.com/web/@51.17753954,56.95247565,283.16096554a,5424.27805371d,35y,0h,0t,0r> (data obrashcheniya: 06.03.2023).

Сведения об авторах:

Вадим Павлович Петрищев

Д.г.н., ведущий научный сотрудник, Институт степи УрО РАН; заведующий кафедрой геологии, геодезии и кадастра, Оренбургский государственный университет

ORCID 0000-0002-7711-8141

Vadim Petrishchev

Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Head of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre, Orenburg State University

Владимир Михайлович Павлейчик

К.г.н., ведущий научный сотрудник, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-2846-0442

Vladimir Pavleychik

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Сергей Вячеславович Левыкин

Д.г.н., профессор РАН, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом степеведения и природопользования, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0003-0949-9939

Sergei Levykin

Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Leading Researcher, Head of the Department of Steppe Studies and Nature Management, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Наталья Валентиновна Петрищева

К.г.н, доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра, Оренбургский государственный университет

ORCID 0000-0002-3735-6719

Natalia Petrishcheva

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre, Orenburg State University

Роман Васильевич Ряхов

Научный сотрудник отдела природно-техногенных геосистем, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-4762-3286

Roman Ryakhov

Researcher, Department of Natural and Technogenic Geosystems, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Петрищев В.П., Павлейчик В.М., Левыкин С.В., Петрищева Н.В., Ряхов Р.В. Ландшафтно-геоморфологические особенности Кызыладырского карстового поля // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 4-12. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-4-12

ОБОСНОВАНИЕ И АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ГОДОВОГО СТОКА РЕК БАССЕЙНА УРАЛА ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

*Н.М. Юмина^{1,2}, Д.В. Магрицкий¹

¹Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, Москва

²ФГБУ «Гидрометцентр России», Россия, Москва

e-mail: *yuminanm@mail.ru

В работе приведены результаты сравнительного анализа многолетних колебаний температуры воздуха, сумм осадков и годового стока рек в бассейне р. Урал, поиска статистической связи между ними. По данным 15 метеостанций для годовых и сезонных температур воздуха и осадков выполнен детальный корреляционный анализ. Выбраны метеостанции с наиболее тесной связью главных метеофакторов с годовым стоком рр. Урал, Сакмара и Илек. Для трех гидрологических постов, расположенных на этих реках, за период слабо нарушенного стока обоснованы эмпирические зависимости годового стока от температуры воздуха и сумм осадков. Их статистическая и графическая проверка показала, что они имеют достаточно высокую точность и оправдываемость. На основе построенных зависимостей для периода значительной антропогенной нагрузки на водные ресурсы региона выполнен сравнительный анализ рассчитанного (ненарушенного) годового стока рр. Урал, Сакмара и Илек с фактическим.

Ключевые слова: Урал, годовой сток, температура воздуха, осадки, эмпирические зависимости, погрешность расчета.

Введение

Река Урал является трансграничной рекой со значительной антропогенной нагрузкой на водные ресурсы, большой численностью населения и хозяйственным освоением территории. Для экономически эффективного и экологически безопасного использования водных ресурсов региона в условиях изменяющегося климата важно знать степень реального антропогенного воздействия на природные водные объекты, характер произошедших антропогенных нарушений стока и водного режима рек, их реакцию на региональные климатические и ландшафтные изменения. Решению таких задач способствуют надежные данные по самому стоку, сведения по величине и структуре водопользования. В то же время открытых и полноценных данных водохозяйственного учета не так много, и к их достоверности имеются вопросы [1]. В связи с этим для исследуемой территории задача поиска связи стока рек бассейна Урала с основными климатическими факторами и восстановления условно-естественного стока, сравнения его с фактическим стоком и оценка величины антропогенного изменения является важной и актуальной. Именно поиск и построение таких статистических связей, отбор для них оптимального числа предикторов (среди метеовеличин), проверка связей на тесноту, эффективность и совпадение рассчитываемых по ним расходов воды с фактическими данными, сравнительный анализ восстановленного и антропогенно нарушенного стока (за разные периоды) и стали целью и основными задачами приводимого исследования.

Верхнее и среднее течение реки Урал расположено на территории Российской Федерации, а нижнее течение находится в Республике Казахстан. Природные условия стокоформирования осложняются особым местоположением бассейна, большой неоднородностью рельефа и ландшафтного строения, значительными размерами засушливых территорий [2-5]. Бассейн р. Урал лежит в умеренном климатическом поясе, на стыке областей умеренно континентального и континентального климата. Область формирования

стока занимает верхнюю горную часть бассейна Урала и равнинный участок между городами Орск и Уральск. Большинство рек исследуемого бассейна по классификации водного режима Б.Д. Зайкова относятся к казахстанскому типу рек с весенним половодьем. Основное питание рек идет за счет талых снеговых вод (60-80 % объема годового стока); дождевые осадки составляют 2-12 %, подземные воды – 13-38 % [2, 4, 6]. Количество атмосферных осадков варьирует от 350 мм/год до 700-800 мм/год в Уральских горах, являющихся препятствием для движения воздушных масс с запада на восток. По территории проходит так называемая ось Воейкова, разделяющая регион на зоны влияния Исландского минимума и Азорского максимума [7, 8].

В бассейне Урала расположены крупные промышленные центры – Магнитогорск, Новотроицк, Орск, Оренбург, Уральск, Атырау и Актобе. Здесь много предприятий обрабатывающей и добывающей промышленности, теплоэлектростанций, развитое сельское хозяйство. В пределах территории бассейна проживает около 4 млн чел. [9-11].

Водные ресурсы бассейна р. Урал активно используются для орошения земель, водоснабжения предприятий и населенных пунктов. В бассейне создано значительное число водохранилищ и прудов разного назначения, регулирующих сток главной реки и притоков. Заметный рост водопотребления в бассейне Урала произошел во второй половине 1950-х и в 1960-х гг. Он был вызван заполнением Ириклинского и Верхнеуральского водохранилищ; ростом забора свежей воды Магнитогорским, Орско-Новотроицким и Оренбургским промышленными узлами [12].

К числу наиболее крупных притоков реки Урал относится река Сакмара. Несмотря на то, что ее водосборная площадь занимает восьмую часть площади Уральского бассейна, в бассейне Сакмары формируется около 40 %, а в иные годы более половины суммарного стока р. Урала ниже г. Оренбурга. В отличие от других притоков Урала, Сакмара с притоками остается до настоящего времени практически незарегулированной рекой [5, 13]. Лишь с 2005 г. р. Сакмара была зарегулирована сравнительно небольшим Сакмарским водохранилищем объемом около 30 млн м³, находящимся в верховьях реки. В бассейне реки есть также Аксаровское, Отрадинское, Зилаирское водохранилища и довольно много прудов. Самую большую из всех притоков р. Урал водосборную площадь имеет река Илек – более 41 тыс. км². По длине Илек уступает только Сакмаре. Превосходя Сакмару по площади бассейна на одну треть, он несет в Урал в 3,2 раза меньше воды, чем Сакмара.

Материалы и методы исследования

В исследовании использованы среднемесячные и среднегодовые температуры воздуха, месячные и годовые слои осадков с 13 метеорологических станций на российской части бассейна р. Урал (и вблизи него) и с 2 метеостанций в Казахстане (рис. 1). Источники данных – РОСГИДРОМЕТ и КАЗГИДРОМЕТ. Выбранные метеостанции сравнительно равномерно покрывают исследуемую территорию, расположены на высотах от –23 (м/с Атырау) до 522 м (м/с Зилаир) и 551 м (м/с Тукан), среднее расстояние между ними варьирует в диапазоне 70-100 км. Выбран максимальный период наблюдений с 1936 по 2020 гг. В целом, длительность периода наблюдений для рядов осадков составляет 55-79 лет, для температуры воздуха – 84 года. Месячные суммы осадков взяты с учетом исключения из них систематических погрешностей осадкомерных приборов. По этим данным были проанализированы теснота линейной связи и рассчитаны парные коэффициенты корреляции для годовых и сезонных сумм осадков, среднегодовой и среднесезонной температуры воздуха.

Для анализа связи годового стока рек бассейна Урала с основными метеорологическими характеристиками были выбраны три гидрологических поста, расположенных на главной реке (пост г. Оренбург) и ее основных притоках – р. Сакмара (с. Каргала) и р. Илек (пос. Веселый 1). Пост на реке Урал в г. Оренбург находится в нижнем

бьефе Ириклинского водохранилища, в 9,6 км выше устья реки Сакмара. Наблюдения за водным режимом Урала на посту начались в 1927-1930 гг. Начиная с 1958 г. и, особенно, с середины 1960-х гг., на сток и водный режим Урала влияет эксплуатация Ириклинского водохранилища. Пост на реке Сакмара в с. Каргала расположен в 32 км выше устья притока. Гидрологические наблюдения на посту ведутся с 1920 г. Правда с 1920 г. по 1965 г. пост располагался в п. Сакмара, в 23 км выше по течению от поста в с. Каргала. Пост на реке Илек в пос. Веселый 1 расположен ниже Актюбинского водохранилища (введено в эксплуатацию в 1988 г.) и Каргалинского водохранилища на р. Каргала (с 1975 г.). Таким образом, начиная с 1976 г., сток реки Илек становится зарегулированным. Ряд наблюдений за расходами воды на гидрологическом посту начинается с 1949 г.



Рисунок 1 – Метеостанции и гидрологические посты в бассейне р. Урал и на соседних территориях. Условные обозначения: 1 – метеостанции, 2 – гидрологические посты, 3 – населенные пункты, 4 – государственная граница, 5 – границы областей, 6 – граница бассейна р. Урал

Основными методами обработки и анализа данных стали стандартные статистические расчеты с применением статистических критериев при 5%-ном уровне значимости. В качестве эмпирической зависимости годового стока от основных климатических факторов использовалась зависимость вида:

$$Q_{\text{пр}} = a_0 + \sum a_i x_i, \quad (1)$$

где a_0 и a_i – коэффициенты регрессионной зависимости, полученные методом наименьших квадратов, x_i – предикторы. Если рассчитанный с помощью зависимости (1) сток окажется меньше минимального за весь период наблюдений стока, то расчетное значение стока следует заменять на данное минимальное значение стока. Предикторы, входящие в эмпирическую зависимость, их состав подбирались отдельно для каждого поста и в зависимости от наибольшей корреляции с предсказываемой величиной стока. В качестве предикторов рассматривались как годовые величины осадков и температуры воздуха на выбранных метеостанциях, так и различные комбинации месячных данных.

Качество и точность полученных зависимостей оценивались с помощью множественного коэффициента корреляции (R), показателя эффективности методики (Eff) и обеспеченности прогноза ($P\%$) [14, 15]. В соответствии с принятыми требованиями погрешность расчета (прогноза) характеризовалась средней квадратической погрешностью его ошибки S . При получении оценки S использовалась теоретическая формула, которая учитывает не только разности между фактическими и рассчитанными расходами воды, но и соотношение между длиной использованного ряда наблюдений и числом оцениваемых параметров:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-k} \sum_{j=1}^n (Q_j - Q_{\text{пр}})^2}, \quad (2)$$

где k – число параметров, входящих в формулу получения прогноза $Q_{\text{пр}}$ и рассчитанных по массиву многолетних гидрометеорологических наблюдений за прогнозируемой величиной и характеристиками факторов ее формирования. Эффективность расчета (прогноза) определялась соотношением:

$$\text{Eff} = \frac{S}{\sigma} \sqrt{\frac{(n-1)}{(n-k-1)}} \quad (3)$$

где $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Q_j - \bar{Q})^2}$ характеризует среднеквадратическое отклонение прогнозируемой величины. При величине Eff менее 0,6 точность методики расчета (прогноза) считается хорошей, 0,6-0,8 – удовлетворительной, более 0,8 – расчет (прогноз) считается неудовлетворительным. Другой важной характеристикой, определяющей качество методики прогноза, является обеспеченность (оправдываемость) прогнозов ($P\%$) – доля случаев, когда ошибка прогноза по абсолютной величине не превышает допустимую, равную $0,674\sigma$.

В связи с тем, что годы начала значимой антропогенной нагрузки на водные ресурсы реки Урал и ее притоков различные, для решения задачи восстановления условно-естественного (ненарушенного) стока и сравнение его с фактическим (зарегулированным) стоком, для каждого выбранного гидрологического поста эмпирические зависимости строились за разные по продолжительности периоды, когда влияние хозяйственной деятельности было несущественным, и основной вклад в колебания стока вносили климатические факторы.

Результаты и обсуждение

Корреляционный анализ рядов среднегодовой температуры воздуха показал высокую скоррелированность многолетних колебаний температур на близко расположенных метеостанциях: коэффициенты корреляции (r) преимущественно $> 0,95$. Наиболее тесная зависимость обнаружена для метеостанций Оренбург, Зилаир, Акбулак, Сорочинск, Стерлитамак и Тукан ($r > 0,96$). Наименее синхронны колебания температуры воздуха на метеостанциях Атырау, Верхнеуральск, Троицк, Бреды ($r = 0,66-0,93$). Для среднесезонных

температур воздуха наиболее тесные зависимости фиксируются в осенне-зимний сезон. Летом, наоборот, теснота связи уменьшается.

Для многолетних рядов с годовыми суммами осадков приемлемые коэффициенты корреляции ($r > 0,7$) наблюдаются лишь у некоторых соседних метеостанций – Оренбурга, Зилаира и Акбулака. Наиболее тесная связь годовых сумм осадков ($r = 0,83$) у метеостанций Акбулак и Оренбург. Также как и для температуры воздуха, наиболее тесные зависимости сезонных осадков присущи осеннему и зимнему сезонам, а летом – связь наименее тесная. Парные коэффициенты корреляции между осадками на метеостанциях Оренбург – Зилаир, Оренбург – Акбулак, Акбулак – Зилаир составляют соответственно 0,81, 0,78 и 0,69 осенью, 0,68, 0,80 и 0,86 зимой и 0,73, 0,77 и 0,77 весной.

По результатам выполненного корреляционного анализа, принимая во внимание совместную продолжительность рядов данных, близость к исследуемым гидрологическим постам, были выбраны три метеостанции для поиска связи годового стока рек бассейна Урала с основными метеофакторами и построения эмпирических зависимостей. Это метеостанции в г. Оренбург, с. Зилаир и пос. Акбулак.

Первой была обоснована эмпирическая модель формирования годового стока р. Урал для поста в г. Оренбург. Учитывая разные продолжительности рядов наблюдений за стоком, осадками и температурой воздуха, а также время начала интенсивной антропогенной нагрузки на сток среднего Урала, для решения поставленной задачи был выбран совместный период гидрометеорологических наблюдений с 1937 г. по 1957 г. продолжительностью 21 год. При этом ввиду того, что на метеостанции Акбулак ряд наблюдений за осадками начинается только с 1960 г., данный пункт в дальнейших расчетах не использовался.

В итоге для годового стока реки Урал – г. Оренбург на основе корреляционного анализа данных были построены эмпирические зависимости вида (1). Исходя из общей продолжительности совместных рядов гидрометеорологических наблюдений, число предикторов, входящих в эмпирическую зависимость вида (1), подбиралось не более двух. Также были построены и проанализированы эмпирические зависимости для годового стока реки Урал в г. Оренбург в случае использования в качестве предикторов метеоданных только на метеостанции в г. Оренбург или при объединении данных по двум метеостанциям – в г. Оренбург и с. Зилаир.

В результате наиболее точная зависимость для расчета годового стока реки Урал в створе поста г. Оренбург получается при использовании в качестве предикторов суммы осадков за предшествующий осенне-зимний сезон и средней температуры воздуха за теплый период предыдущего года, объединенных по двум метеостанциям (г. Оренбург и с. Зилаир). В таблице 1 приведен состав подобранных предикторов, вошедших в эмпирические зависимости для расчета годового стока рек бассейна Урала, в том числе для поста г. Оренбург. В таблице 2 приведены значения полученных методом наименьших квадратов коэффициентов регрессии (a_i), а также показатели качества и точности полученных методик расчета (R , Eff, $P\%$). Согласно последним, множественный коэффициент корреляции (R) между фактическими расходами воды (пост г. Оренбург) и рассчитанными по зависимости достаточно высок и равен 0,84. Показатель эффективности методики (Eff) $< 0,60$. Это говорит о хорошем качестве построенной зависимости; оправдываемость расчетов (P) составляет 90 %.

Сравнение восстановленного и фактического стока показало, что начавшееся в 1958 г. заполнение Ириклинского водохранилища и нарастающее до 1970-1980-х гг. (с максимумом в 1980-х гг.) водопотребление, безусловно, способствовали уменьшению годового стока реки Урал в г. Оренбург. Разность составила в среднем 30 %; дисперсия годового стока также уменьшилась – примерно на 40 % (рис. 2-а). При этом наибольшая разница между рассчитанным и фактическим (нарушенным) годовым стоком реки Урал наблюдалась в период до 1990-х гг. После эта разница не превышает 20 %, что может быть связано как с наблюдаемыми климатическими изменениями в регионе и их возрастающей ролью в

колебаниях годового стока р. Урал, так и с существенным сокращением водопотребления на водосборе [1, 9, 16]. В таблице 3 приведено сравнение рассчитанного (условно-естественного) и фактического (в период значительной антропогенной нагрузки на водные ресурсы) годового стока рек бассейна Урала по десятилетиям.

Вторая эмпирическая зависимость между метеовеличинами и годовым стоком была построена для поста с. Каргала на р. Сакмара, с преобладанием условно-естественных условий стокоформирования. Несмотря на высокую корреляцию метеоданных между собой на ближайших к посту с. Каргала метеостанциях Тукан, Зилаир, Оренбург и Акбулак, из-за того, что на метеостанциях Тукан и Акбулак ряд осадков начинается только с 1960 г., для построения эмпирической зависимости были использованы данные по осадкам и температуре воздуха только по метеостанциям Оренбург и Зилаир. При этом для решения поставленной задачи был выбран совместный период гидрометеорологических наблюдений с 1937 г. по 1965 г. (период наименьшего хозяйственного освоения бассейна и единой методики измерения осадков) продолжительностью 29 лет. Были рассмотрены разные варианты, в том числе с объединением/осреднением данных по двум метеостанциям – в г. Оренбург и с. Зилаир.

Таблица 1 – Состав предикторов для расчета годового стока рек бассейна Урала

Обозначение	Пояснение
река Урал – г. Оренбург	
осадки (ос) за месяцы IX-III	сумма осадков по двум метеостанциям (г. Оренбург и с. Зилаир) с сентября предыдущего года по март текущего года
температура воздуха (те) за IV-X	средняя по двум метеостанциям (г. Оренбург и с. Зилаир) температура воздуха за предыдущий год (апрель-октябрь)
река Сакмара – с. Каргала	
осV-IX	сумма осадков по двум метеостанциям (г. Оренбург и с. Зилаир) за предыдущий год (май-сентябрь)
осX-IV	сумма осадков по двум метеостанциям (г. Оренбург и с. Зилаир) с октября предыдущего года по апрель текущего года
река Илек – пос. Веселый 1	
осIX-III	сумма осадков по двум метеостанциям (г. Оренбург и с. Зилаир) с сентября предыдущего года по март текущего года
теIII-IV	средняя по двум метеостанциям (г. Оренбург и с. Зилаир) температура воздуха текущего года за март и апрель

Таблица 2 – Параметры эмпирических зависимостей для расчета годового стока рек бассейна Урала и оценка их качества

Период	n	a_0	a_1	a_2	R	Eff	$P\%$
река Урал – г. Оренбург							
			осIX-III	теIV-X			
1937-1957	21	517	0,32	-42,2	0,84	0,59	90
река Сакмара – с. Каргала							
			осV-IX	осX-IV			
1937-1965	29	-136	0,19	0,30	0,92	0,40	93
река Илек – пос. Веселый 1							
			осIX-III	теIII-IV			
1949-1975	27	-13,6	0,05	-1,18	0,83	0,59	89

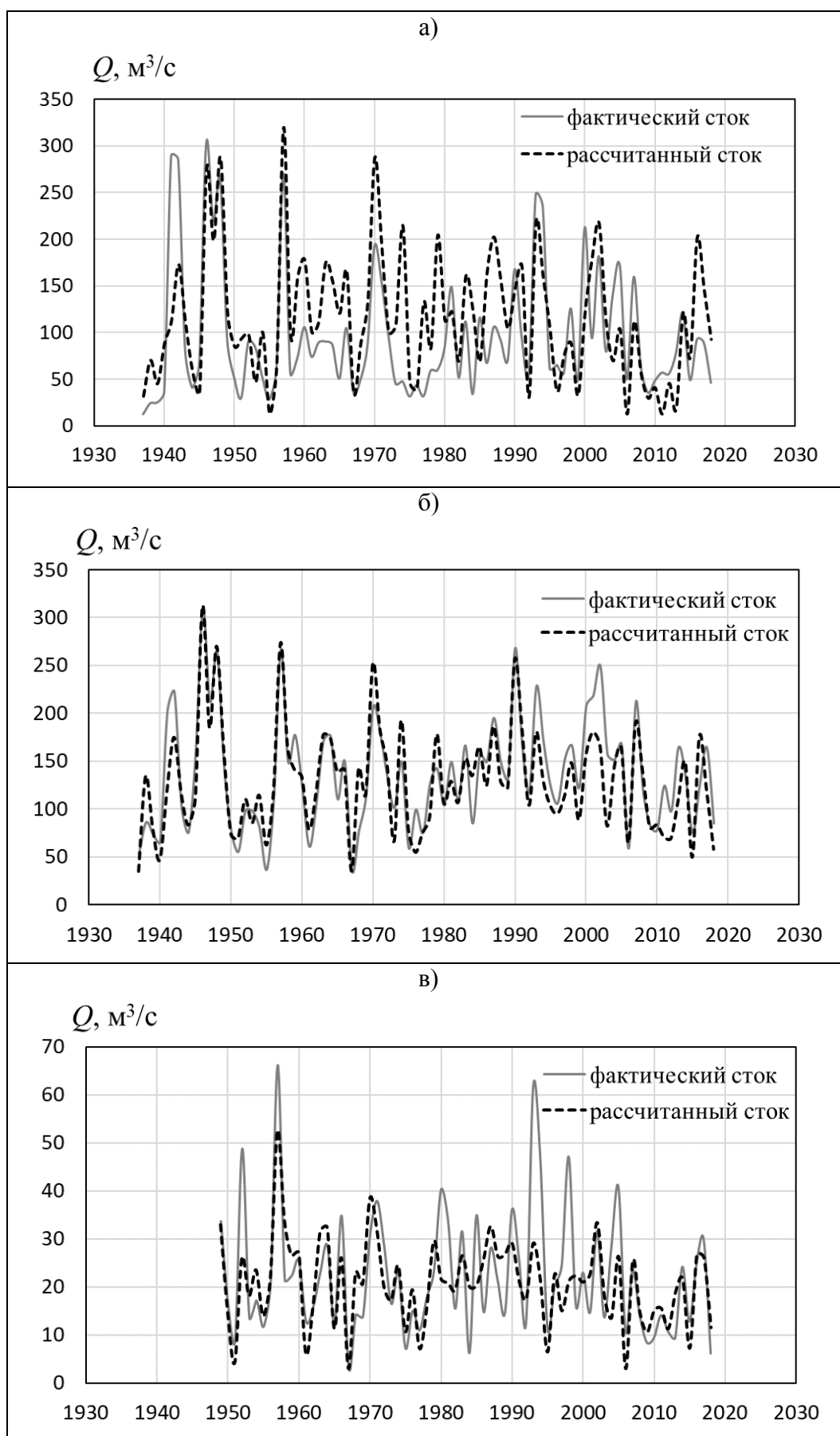


Рисунок 2 – Сравнение фактического и рассчитанного годового стока рек бассейна Урала: а) река Урал – г. Оренбург; б) река Сакмара – с. Каргала; в) река Илек – пос. Веселый № 1

Таблица 3 – Сравнение фактического и рассчитанного годового стока рек бассейна Урала в период значительной антропогенной нагрузки

Период	Факт, м ³ /с	Расчет, м ³ /с	Разница, м ³ /с	Разница, %
река Урал – г. Оренбург				
1960-1969	77,5	126	-48,7	-63
1970-1979	76,4	141	-64,3	-84
1980-1989	88,3	128	-40,1	-45
1990-1999	116	106	9,7	8
2000-2009	119	101	18,0	15
2010-2019	71,0	83,6	-12,6	-18
река Сакмара – с. Каргала				
1970-1979	127	132	-5,16	-4
1980-1989	139	136	3,4	2
1990-1999	162	140	21,6	13
2000-2009	162	137	25,7	16
2010-2019	116	98,5	17,7	15
река Илек – пос. Веселый 1				
1980-1989	24,0	24,0	0,0	0
1990-1999	30,1	20,6	9,5	32
2000-2009	20,8	18,9	1,9	9
2010-2019	15,6	17,1	-1,5	-10

В результате наиболее точная зависимость для расчета годового стока реки Сакмара получается при использовании в качестве предикторов суммы осадков за предшествующий период увлажнения (с мая по сентябрь предыдущего года и с октября предыдущего года по апрель текущего года), объединенных по двум метеостанциям (Оренбург и Зилаир) (таблицы 1 и 2). Множественный коэффициент корреляции между фактическими расходами воды и построенной зависимостью высок и равен 0,92; показатель эффективности методики менее 0,60, что говорит о хорошем качестве построенной зависимости; оправдываемость расчетов составляет 93 %.

Полученные различия среднего и дисперсии рассчитанного и фактического годового стока реки Сакмара за период после 1965 г. в целом незначительны (менее 10 %) (рис. 2-б). Это подтверждает тезис о незначительной вплоть до настоящего времени антропогенной нагрузке на водные ресурсы реки и о существенном вкладе в колебания годового стока климатических факторов. Преимущественную роль в зависимости играют осадки. При этом разница рассчитанного и фактического годового стока реки Сакмара после 1990 г. несколько возрастает, но все равно не превышает 20 % (табл. 3). Одно из объяснений – серьезные климатически обусловленные изменения формирования стока в регионе и возможное – нарушение ранее существовавших связей [7-9]. Это требует дополнительных исследований в отношении возможностей использования полученной (по данным до 1965 г.) эмпирической зависимости для текущего и будущего периодов.

Третья зависимость была построена для второго по величине притока р. Урал, наиболее освоенного в водохозяйственном отношении – р. Илек (п. Веселый 1). Для построения эмпирических зависимостей стока от основных климатических факторов были использованы данные по осадкам и температуре воздуха на ближайших к посту метеостанциях (г. Оренбург, с. Зилаир, пос. Акбулак). При этом рассматривались три варианта зависимостей: с учетом использования данных только одной метеостанции Акбулак; с учетом использования данных по двум метеостанциям (Оренбург – Зилаир и Оренбург – Акбулак). Но продолжительность совместного периода гидрометеорологических

наблюдений с метеостанцией Акбулак, используемых при построении зависимостей, составляет всего 16 лет, тогда как с метеостанциями в г. Оренбург и с. Зилаир – 27 лет.

Наиболее точная зависимость для расчета годового стока реки Илек получается при использовании только одного предиктора с одной метеостанции в пос. Акбулак (суммы осадков за предшествующий осенне-зимний сезон). В этом случае множественный коэффициент корреляции между фактическими расходами воды и построенной зависимостью достаточно высок и равен 0,87; показатель эффективности методики равен 0,50; оправдываемость расчетов составляет 88 %. Однако, зависимость основывается на использовании достаточно короткого ряда данных. Если в качестве предикторов использовать суммы осадков за предшествующий осенне-зимний сезон и средней температуры воздуха за весенние месяцы года, объединенных по метеостанциям в г. Оренбург и с. Зилаир, то полученная эмпирическая зависимость имеет несколько меньшую точность, но опирается на гораздо более длинные ряды данных. В этом случае множественный коэффициент корреляции между фактическими и рассчитанными расходами воды равен 0,83; $Eff = 0,59$; $P = 89$ %. В обоих случаях полученные зависимости хорошего качества, так как $Eff < 0,60$. В целях наиболее полного использования исходных гидрометеорологических данных и приведения предложенных методик расчета годового стока рек бассейна Урала к некоторому единообразию, для расчета стока реки Илек было принято решение использовать зависимость с двумя предикторами, т.е. по двум метеостанциям (таблицы 1 и 2).

В среднем за период после 1975 г. рассчитанный годовой сток реки Илек незначительно (на 10 %) отличается от наблюдаемого. Дисперсия же рассчитанного (условно-естественного) годового стока в 3 раза меньше дисперсии фактического (зарегулированного) годового стока реки Илек (рис. 2-в). Наибольшие различия среднего и дисперсии рассчитанного и фактического годового стока реки Илек наблюдаются в 1990-е гг., в следующее после введения в эксплуатацию Актюбинского водохранилища десятилетие (табл. 3).

Выводы

Для основных рек бассейна Урала на основе корреляционного анализа гидрометеорологических данных были построены эмпирические зависимости годового стока от температуры воздуха и осадков. Для всех выбранных гидропостов эмпирические зависимости строились для периода с минимальной антропогенной нагрузкой на водные ресурсы бассейна и рассчитывался так называемый условно-ненарушенный сток рек, обусловленный в основном климатическими факторами. Точность построенных зависимостей проверялась тремя критериями. Она оказалась высокой, методики признаны хорошего качества, эффективность построенных методик тоже высокая.

При сравнении восстановленного по построенным зависимостям условно-естественного годового стока рек бассейна Урала с фактическим (зарегулированным) стоком получено, что в период возрастающей антропогенной нагрузки на водные ресурсы бассейна Урала произошло уменьшение годового стока реки Урал (г. Оренбург) и его дисперсии по сравнению с возможным естественным стоком. Годовой сток и его дисперсия для реки Сакмары, мало освоенной в водохозяйственном отношении реки бассейна, в среднем практически не изменились. Изменения годового стока реки Илек, крупного, но меньшего по водности притока реки Урал, также в среднем незначительные. Однако для реки Илек существенно увеличилась дисперсия годового стока по сравнению с возможным естественным (климатически обусловленным) стоком.

Если сравнивать изменения годового стока рек по десятилетиям, то на реке Урал наибольшие изменения происходили в период с начала ввода в эксплуатацию Ириклинского водохранилища до 1990-х гг. После 1990 г. разница фактического и восстановленного по

зависимости годового стока не превышает 20 %, что возможно связано с наблюдаемыми климатическими изменениями в регионе и их возрастающей ролью в колебаниях годового стока реки Урал, а также с уменьшением масштабов водопотребления в бассейне реки. Для реки Сакмара, наоборот, отличие фактического от рассчитанного годового стока после 1990 г. несколько увеличивается, не превышая при этом 20 %. На реке Илек в 1990-е гг., в ближайшее после введения в эксплуатацию Актюбинского водохранилища десятилетие, наблюдаемый годовой сток в среднем на 32 % превышал восстановленный по зависимости сток, далее эта разница становится несущественной и не превышает 10 %. При этом дисперсия фактического годового стока реки Илек после 1980 г. становится в разы больше дисперсии восстановленного (климатически обусловленного) стока.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках госбюджетной темы (I.10, ЦИТИС 121051400038-1) и Научной школы МГУ – Климат и окружающая среда.

Список литературы

1. Магрицкий Д.В. Водохозяйственная деятельность в российской части бассейна р. Урала: прошлое и настоящее // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды IX Всероссийской научно-практической конференции. Пермь, 2023. С. 270-275.
2. Вода России. Речные бассейны / Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург: Издательство «АКВА-ПРЕСС», 2000. 536 с.
3. Национальный атлас России. Т. 2. М., 2007. 496 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 2. Урало-Эмбинский район. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 515 с.
5. Чибилев А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. Екатеринбург, 2008. 312 с.
6. Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. СПб: ГГИ, 2008. 598 с.
7. Васильев Д.Ю., Бабков О.К., Давлиев И.Р., Семенов В.А., Христодуло О.И. Пространственно-временная структура колебаний приземной температуры на Южном Урале // Оптика атмосферы и океана. 2018. Т. 31. № 4. С. 294-302.
8. Васильев Д.Ю., Павлейчик В.М., Семенов В.А., Сивохиц Ж.Т., Чибилев А.А. Многолетний режим температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Южного Урала // Доклады Академии наук. 2018. Т. 478. № 5. С. 588-592. DOI: 10.7868/S0869565218050201
9. Магрицкий Д.В., Евстигнеев В.М., Юмина Н.М., Торопов П.А., Кенжебаева А.Ж., Ермакова Г.С. Изменения стока в бассейне р. Урал // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 1. С. 90-101.
10. Магрицкий Д.В., Кенжебаева А.Ж., Юмина Н.М., Морейдо В.М., Ефимова Л.Е. Климатические изменения и водохозяйственная деятельность в бассейне р. Урал и их влияние на водный режим рек // Степи Северной Евразии: материалы IX международного симпозиума. Т. 1. Оренбург: Оренбург, 2021. С. 1008-1009.
11. Magritsky D.V., Kenzhebaeva A.K., Yumina N.M., Efimova L.E., Moreido V.M. Climatic changes and water management in the Ural River basin and their impact on the river water regime // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 817. pp. 1-10. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012062
12. Юмина Н.М., Магрицкий Д.В., Ефимова Л.Е. Проблемы водопользования в низовьях реки Урал (Жайык) // Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции

с международным участием, г. Сочи, 20-25 сентября 2021 г. Новочеркасск: Издательство Лик, 2021. С. 402-406.

13. Чибилев А.А. Река Урал. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 168 с.

14. Борщ С.В., Христофоров А.В. Оценка качества прогнозов речного стока / Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. Специальный выпуск 355. М: Издательство «ТРИАДА ЛТД», 2015. 198 с.

15. Христофоров А.В. Надежность расчетов речного стока. М.: Издательство МГУ, 1993. 166 с.

16. Демин А.П. Использование водных ресурсов России: современное состояние и перспективные оценки: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 2011. 51 с.

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

Поступила в редакцию 20.06.2023

Принята к публикации 11.09.2023

SUBSTANTIATION AND ANALYSIS OF STATISTICAL DEPENDENCIES OF THE ANNUAL RUNOFF OF THE RIVERS OF THE URAL BASIN ON METEOROLOGICAL INDICATORS

*N. Yumina^{1,2}, D. Magritsky¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Russia, Moscow

² Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Russia, Moscow

e-mail: *yuminanm@mail.ru

The paper presents the results of a comparative analysis of long-term fluctuations in air temperature, precipitation amounts and annual runoff of rivers in the Ural River basin, and the search for a statistical relationship between them. According to the data of 15 meteorological stations, a detailed correlation analysis was performed for annual and seasonal air temperatures and precipitation. The weather stations with the closest connection of the main meteorological factors with the annual runoff of the Ural, Sakmara and Ilek rivers were selected. Empirical dependences of annual runoff on air temperature and precipitation amounts are substantiated for three hydrological stations located on these rivers during the period of slightly disturbed runoff. Their statistical and graphical verification showed that they have a sufficiently high accuracy and justifiability. Based on the constructed dependencies for a period of significant anthropogenic load on the water resources of the region, a comparative analysis of the calculated (undisturbed) annual runoff of the Ural, Sakmara and Ilek rivers with actual one was performed.

Key words: Ural, annual runoff, air temperature, precipitation, empirical dependencies, error of estimation.

References

1. Magritskii D.V. Vodokhozyaistvennaya deyatelnost' v rossiiskoi chasti basseina r. Urala: proshloe i nastoyashchee // Sovremennye problemy vodokhranilishch i ikh vodosborov: trudy IX Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Perm', 2023. S. 270-275.

2. Voda Rossii. Rechnye basseiny / Pod nauch. red. A.M. Chernyaeva; FGUP RosNIIVKh. Ekaterinburg: Izdatel'stvo "AKVA-PRESS", 2000. 536 s.

3. Natsional'nyi atlas Rossii. T. 2. M., 2007. 496 s.

4. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadniy Kazakhstan. Vyp. 2. Uralo-Embinskii raion. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 515 s.
5. Chibilev A.A. Bassein Urala: istoriya, geografiya, ekologiya. Ekaterinburg, 2008. 312 s.
6. Vodnye resursy Rossii i ikh ispol'zovanie / pod red. I.A. Shiklomanova. SPb: GGI, 2008. 598 s.
7. Vasil'ev D.Yu., Babkov O.K., Davliev I.R., Semenov V.A., Khristodulo O.I. Prostranstvenno-vremennaya struktura kolebaniy prizemnoi temperatury na Yuzhnom Urale. Optika atmosfery i okeana. 2018. T. 31. N 4. S. 294-302.
8. Vasil'ev D.Yu., Pavleichik V.M., Semenov V.A., Sivokhip Zh.T., Chibilev A.A. Mnogoletnii rezhim temperatury vozdukh i atmosferynykh osadkov na territorii Yuzhnogo Urala. Doklady Akademii nauk. 2018. T. 478. N 5. S. 588-592. DOI: 10.7868/S0869565218050201
9. Magritskii D.V., Evstigneev V.M., Yumina N.M., Toropov P.A., Kenzhebaeva A.Zh., Ermakova G.S. Izmeneniya stoka v basseine r. Ural. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2018. N 1. S. 90-101.
10. Magritskii D.V., Kenzhebaeva A.Zh., Yumina N.M., Moreido V.M., Efimova L.E. Klimaticheskie izmeneniya i vodokhozyaistvennaya deyatel'nost' v basseine r. Ural i ikh vliyanie na vodnyi rezhim rek. Stepi Severnoi Evrazii: materialy IX mezhdunarodnogo simpoziuma. T. 1. Orenburg: Orenburg, 2021. S. 1008-1009.
11. Magritsky D.V., Kenzhebaeva A.K., Yumina N.M., Efimova L.E., Moreido V.M. Climatic changes and water management in the Ural River basin and their impact on the river water regime. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 817. pp. 1-10. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012062
12. Yumina N.M., Magritskii D.V., Efimova L.E. Problemy vodopol'zovaniya v nizov'yakh reki Ural (Zhaiyk). Transgranichnye vodnye ob'ekty: ispol'zovanie, upravlenie, okhrana: sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, g. Sochi, 20-25 sentyabrya 2021 g. Novocherkassk: Izdatel'stvo Lik, 2021. S. 402-406.
13. Chibilev A.A. Reka Ural. L.: Gidrometeoizdat, 1987. 168 s.
14. Borshch S.V., Khristoforov A.V. Otsenka kachestva prognozov rechnogo stoka. Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiiskoi Federatsii. Spetsial'nyi vypusk 355. M.: Izdatel'stvo "TRIADA LTD", 2015. 198 s.
15. Khristoforov A.V. Nadezhnost' raschetov rechnogo stoka. M.: Izdatel'stvo MGU, 1993. 166 s.
16. Demin A.P. Ispol'zovanie vodnykh resursov Rossii: sovremennoe sostoyanie i perspektivnye otsenki: Avtoref. dis. ... d-ra geogr. nauk. M., 2011. 51 s.

Сведения об авторах:

Наталья Михайловна Юмина

К.г.н., старший научный сотрудник кафедры гидрологии суши географического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова; зав. отделом речных гидрологических прогнозов ФГБУ «Гидрометцентр России»

ORCID 0000-0002-4815-1356

Natalia Yumina

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher of the Department of Hydrology, of the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University; Head of the Department of River Hydrological Forecasts, Hydrometeorological Research Center of Russian Federation (Hydrometcenter of Russia)

Дмитрий Владимирович Магрицкий

К.г.н., доцент кафедры гидрологии суши географического факультета, МГУ имени М.В. Ломоносова

ORCID 0000-0002-4953-8376

Dmitry Magritsky

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Hydrology,
of the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University

Для цитирования: Юмина Н.М., Магрицкий Д.В. Обоснование и анализ статистических зависимостей годового стока рек бассейна Урала от метеорологических показателей // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 13-25. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-13-25

ДИНАМИКА СБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И КАЧЕСТВО ВОДЫ В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ УРАЛ

А.П. Демин

Институт водных проблем РАН, Россия, Москва

e-mail: deminar@mail.ru

Цель исследования – показать изменения объема и состава сбрасываемых сточных вод, содержащихся в них загрязняющих веществ и оценить трансформацию качества воды в реке Урал. Выявлено поступательное повышение доли загрязненных сточных вод в общем объеме отводимых сточных вод с 4,8 % в 1990 г. до 39,7 % в 2017 г. Масса сброса большинства загрязняющих веществ, содержащихся в составе сточных вод, снизилась в 3-25 раз, но по семи веществам отмечается рост сброса. В верховьях р. Урал за 2008-2020 гг. качество воды по удельной величине комбинаторного индекса загрязненности воды практически не изменилось, в среднем течении наблюдается улучшение качества воды.

Ключевые слова: загрязненные сточные воды, нормативно очищенные воды, сброс загрязняющих веществ, удельный комбинаторный индекс загрязненности воды, мониторинг водных объектов, качество воды реки Урал.

Введение

Проблемы водопользования приобретают все большую актуальность в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов, особенно в регионах с развитым промышленным и сельскохозяйственным производством [1]. В промышленном комплексе бассейна р. Урал особенно велика роль электроэнергетики, черной и цветной металлургии, химической промышленности, а также машиностроения и металлообработки при значительном развитии пищевой и легкой промышленности. На территории бассейна размещаются крупные промышленные узлы: Магнитогорский в Челябинской области, Оренбургский, Орско-Новотроицкий и Медногорский в Оренбургской области, а также предприятия городов Учалы, Сибай, Миндяк (Республика Башкортостан).

В бассейне Урала заметная часть населения потребляет воду для своих нужд из поверхностных источников. Ее плохое качество требует значительных затрат на соответствующую водоподготовку. Качеству воды могут угрожать инфекционные и паразитарные агенты, токсические химические вещества и прочие опасности. По данным доклада ООН [2], более 2 млрд человек во всем мире не имеют постоянного доступа к чистой питьевой воде. На юго-востоке Башкирии отмечена повышенная заболеваемость населения, обусловленная в том числе экологическими и биогеохимическими факторами (повышенным содержанием тяжелых металлов) [3]. Здесь концентрация железа и марганца в питьевой воде в ряде случаев значительно превышает нормативные значения [4]. В связи с вышеизложенным исследование изменения объема и состава сбрасываемых сточных вод, содержащихся в них загрязняющих веществ и их влияние на качество воды в бассейне р. Урал, особенно в длительной динамике, представляется актуальной задачей.

Материалы и методы

В качестве исходных материалов использовались данные государственной статистической отчетности (форма 2-ТП (водхоз)) за период 1990-2021 гг., опубликованные в материалах государственного водного кадастра, сборниках «Воды России (состояние,

использование, охрана)», статистических сборниках «Водные ресурсы и водное хозяйство России», содержащиеся в материалах автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов Российской Федерации [5-15]. Оценка качества воды в р. Урал произведена на основе данных гидрохимической сети Росгидромета [16], докладов о состоянии и об охране окружающей среды по субъектам РФ [17-20], а также научных публикаций [21-23].

Работа выполнена на основе системного подхода с использованием следующих методов: 1) аналитического (сбор и систематизация первичной информации по объемам отводимых сточных вод, сбросам загрязняющих веществ; 2) специальных (на основе собранных материалов были составлены таблицы, построены диаграммы; 3) статистической обработки данных и сравнительного анализа.

Результаты и обсуждение

За период 1990-2021 гг. объем сброса сточной, шахтно-рудничной и коллекторно-дренажной воды в поверхностные водные объекты российской части бассейна р. Урал сократился в 3,7 раза – с 2257 до 611 млн м³ [5-15]. Связано это в основном с сокращением забора воды для нужд населения и объектов экономики в связи с падением производства промышленной и сельскохозяйственной продукции, переходом на замкнутые системы водоснабжения и внедрением водосберегающей техники в ЖКХ (рис. 1).

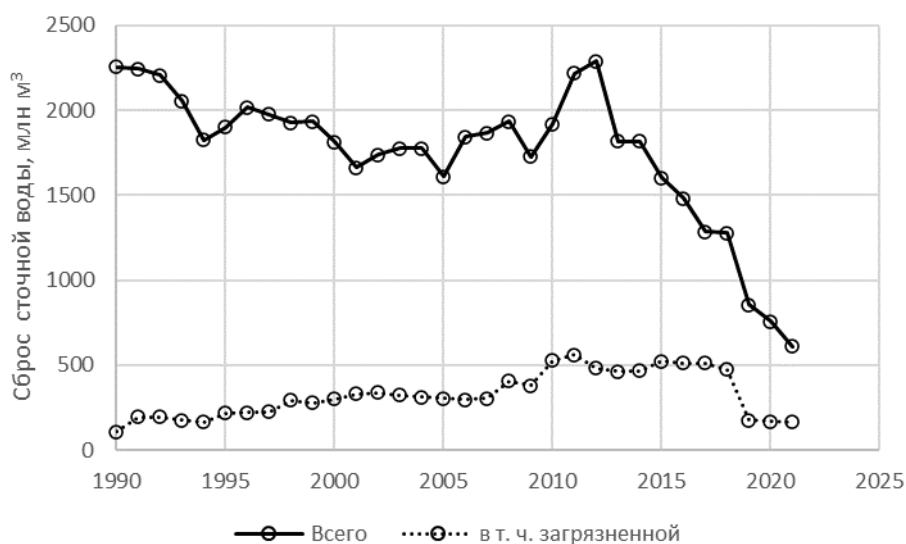


Рисунок 1 – Сброс сточной, шахтно-рудничной и коллекторно-дренажной воды в поверхностные водные объекты российской части бассейна р. Урал, млн м³

С 2013 г. в регионе стало значительно сокращаться производство электроэнергии, что потребовало меньших объемов воды для охлаждения генераторов. По металлургическому производству сброс сточных вод сократился в 15 раз, что связано в основном с прекращением в ноябре 2018 г. сброса сточных вод ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» в русло Урала и переходом на замкнутую систему водоснабжения [24].

Доля загрязненных сточных вод в общем объеме отводимых сточных вод повышалась с 4,8 % в 1990 г. до 39,7 % в 2017 г. С прекращением сброса загрязненных сточных вод в р. Урал Магнитогорским металлургическим комбинатом эта доля снизилась до 21-27 % (рис. 2).

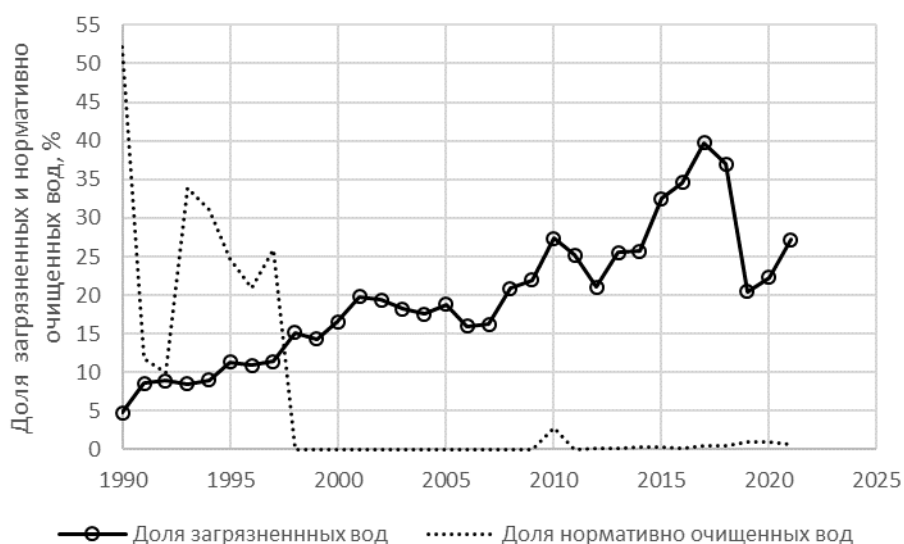


Рисунок 2 – Доля загрязненных вод в общем объеме сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты, и доля нормативно очищенных вод в общем объеме вод, требующих очистки, %

Большая часть загрязненных сточных вод сбрасывалась в водоприемники недостаточно очищенными. Доля нормативно очищенной воды в общем объеме сточных вод, требующих очистки, за 31 год в бассейне Урала снизилась с 52,2 до 0,63 % (табл. 1).

Таблица 1 – Сброс сточной, шахтно-рудничной, карьерной и коллекторно-дренажной воды в бассейне р. Урал, млн м³

Год	Сброшено сточной, шахтно-рудничной, карьерной и коллекторно-дренажной воды, млн м ³					Доля загрязненной воды в общем объеме сброшенной воды, %	Доля нормативно очищенной воды в объеме сточных вод, требующих очистки %
	Всего	Всего загрязненной	в т. ч. без очистки	Нормативно чистой	Нормативно очищенной на сооружениях очистки		
1	2	3	4	5	6	7	8
1990	2257,0	108,00	6,00	140,00	118,00	4,8	52,2
1995	1902,3	216,11	3,99	1614,9	71,28	11,4	24,8
2000	1815,9	300,27	15,92	1515,6	0,03	16,5	0,01
2001	1665	329,48	45,95	1335,4	0,03	19,8	0,01
2002	1740,3	336,98	43,77	1403,4	0	19,4	0
2003	1777,8	324,32	40,91	1453,5	0	18,2	0
2004	1776,4	312,51	39,48	1463,9	0,01	17,6	0
2005	1611,1	302,52	40,43	1308,6	0,04	18,8	0,01
2006	1843,6	295,23	40,87	1548,3	0,04	16	0,01
2007	1866,2	303,54	44,19	1562,7	0,01	16,3	0
2008	1935,2	404,99	144,1	1530	0,2	20,9	0,05
2009	1727,4	379,23	132,13	1348	0,1	22	0,03
2010	1918,8	525,84	100,49	1377,5	15,38	27,4	2,84
2011	2217,6	558,86	106,92	1658,4	0,4	25,2	0,07
2012	2290,9	482,32	28,85	1807,9	0,75	21,1	0,16
2013	1817,3	463,83	32,43	1351,4	1,14	25,5	0,25
2014	1817,1	467,09	28,24	1348,7	1,31	25,7	0,28
2015	1604,2	521,49	26,73	1081,2	1,51	32,5	0,29

1	2	3	4	5	6	7	8
2016	1482,4	512,26	27,59	969,12	1,02	34,6	0,2
2017	1283,8	509,84	27,21	771,54	2,4	39,7	0,47
2018	1276,7	472,05	25,32	802,53	2,13	37	0,45
2019	854,02	175	24,41	677,41	1,62	20,5	0,92
2020	755,34	168,18	23,84	585,33	1,83	22,3	1,08
2021	611,24	166,16	20,31	444,02	1,06	27,2	0,63

В бассейне р. Урал наиболее низка доля нормативно-очищенной воды среди всех крупных рек России (табл. 2). В 2021 г. здесь очищалось всего 0,6 % от объема воды, требующей очистки, тогда как в целом по Российской Федерации этот показатель составил 20,4 %.

Таблица 2 – Ранжирование крупных рек России по доле нормативно-очищенной воды в объеме вод, требующей очистки в 2021 г.

Речной бассейн	Сброшено сточной, шахтно-рудничной, карьерной и коллекторно-дренажной воды			Доля нормативно-очищенной воды в объеме вод, требующей очистки, %
	загрязненной	нормативно чистой	нормативно-очищенной на сооружениях очистки	
Урал	166,16	444,02	1,06	0,6
Селенга	47,22	415,22	1,05	2,2
Печора	165,89	111,15	8,98	5,1
Кубань	739,76	3018,89	44,48	5,7
Ока	2204,95	426,2	238,51	9,8
Иртыш	896,31	696,13	113,17	11,2
Нева	1304,48	594,57	168,04	11,4
Ангара	439,08	336,61	73,63	14,4
Енисей	216,42	560,92	37,14	14,6
Терек	120,49	356,04	21,81	15,3
Амур	302,58	255,51	55,99	15,6
Дон	516,36	2351,21	117,63	18,6
Северная Двина	752,75	265,18	127,73	26,2
Лена	76,49	118,32	29,59	27,9
Днепр	104,82	66,65	46,5	30,7
Кама	693,57	1173,37	398,52	36,5
Обь без Иртыша	621,1	2084,89	591,08	48,8

Масса сброса загрязняющих веществ (ЗВ), содержащихся в составе сточных вод, отводимых в водные объекты российской части бассейна р. Урал, варьирует в очень широких пределах – от сотен тысяч тонн до десятков кг [5-15]. К ЗВ с наибольшей массой относятся сульфаты, хлориды и сухой остаток (рис. 3).

Объем сточных вод, в которых содержатся ЗВ, в российской части бассейна р. Урал составлял в 2021 г. 1,14 % от общего объема таких вод, сброшенных в России. В то же время доля некоторых загрязняющих веществ, сброшенных в составе сточных вод, существенно превышает эту величину. Так, доля сброшенного магния в 2021 г. составляла 4,52 % от общего объема по РФ, что говорит о том, что концентрация магния в сброшенных сточных водах в 4 раза превышала среднероссийскую величину. Концентрация сухого остатка превышала среднероссийскую величину в 1,9 раза, цинка – в 1,7 раза, нитратов – в 1,2 раза.

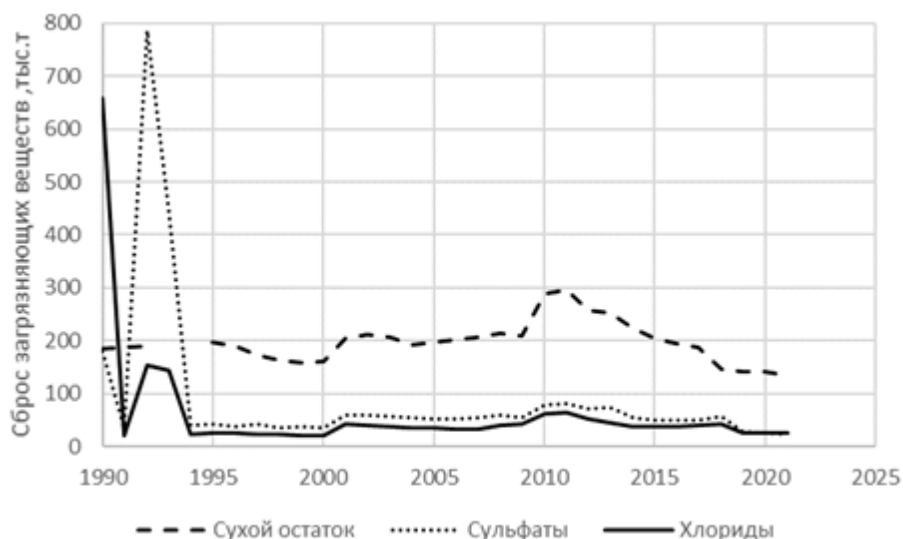


Рисунок 3 – Динамика сброса в составе сточных вод сухого остатка, сульфатов и хлоридов в российской части бассейна р. Урал, тыс. т

Сброс сухого остатка увеличивался с 200 тыс. т в 1990 г. до 300 тыс. т. в начале 2010 -х гг., однако в дальнейшем стал заметно сокращаться и к 2021 г. снизился до 134 тыс. т. Наибольшую долю в величину этого сброса вносит ЖКХ. Пик сброса сульфатов приходился на 1992-1993 гг., а всего за 31 год масса сброса этого ЗВ снизилась почти в 8 раз. Очень существенный прогресс достигнут в сбросе хлоридов – с 1990 г. их масса снизилась в 26 раз.

Довольно сильно изменялся диапазон сброса взвешенных и органических веществ, нитратов (рис. 4).

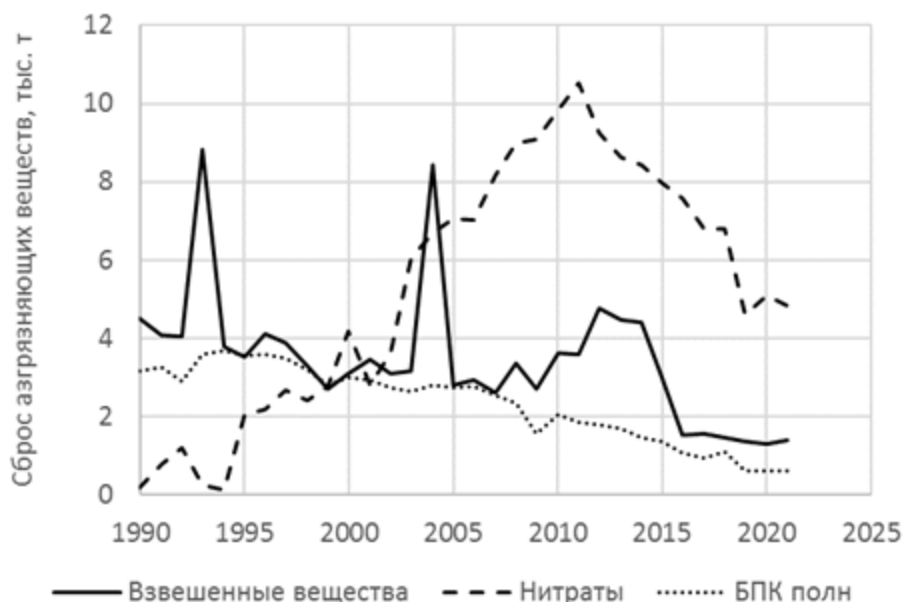


Рисунок 4 – Динамика сброса в составе сточных вод нитратов, взвешенных и органических веществ в российской части бассейна р. Урал, тыс. т

Сброс взвешенных веществ иногда резко увеличивался, но в целом поступательно сокращался и к 2021 г. снизился по сравнению с 1990 г. в 3,2 раза. Сброс нитратов неуклонно рос с 1990 по 2011 г., после чего снизился в два раза. В итоге, в 2021 г. масса сброса нитратов превышала уровень 1990 г. в 26 раз, что является максимальным превышением среди всех

ЗВ. Выявлено, что жилищно-коммунальным сектором сбрасывается 85 % всех нитратов. Биохимическое потребление кислорода (БПК) сократилось в бассейне Урала за этот период более чем в 5 раз.

По схожему сценарию сокращался и сброс азота аммонийного. В итоге его масса сброса снизилась за 31 год в 7 раз. Масса сбрасываемого магния систематически увеличивалась первые десятилетия и в 2011 г. превысила уровень 1990 г. в 30 раз. Основной загрязнитель по этому ЗВ – металлургическое производство, которое в дальнейшем неуклонно снижало сброс магния различными способами. С 2019 г. Магнитогорским металлургическим комбинатом, самым крупным из восьми металлургических предприятий бассейна, прекращен сброс сточных вод в р. Урал, что резко отразилось на снижении сброса магния и многих других ЗВ (рис. 5). Тем не менее, масса сброса магния в 2021 г. превышала уровень сброса 1990 г. в 10 раз, и требуется дальнейшая работа по снижению этого показателя.

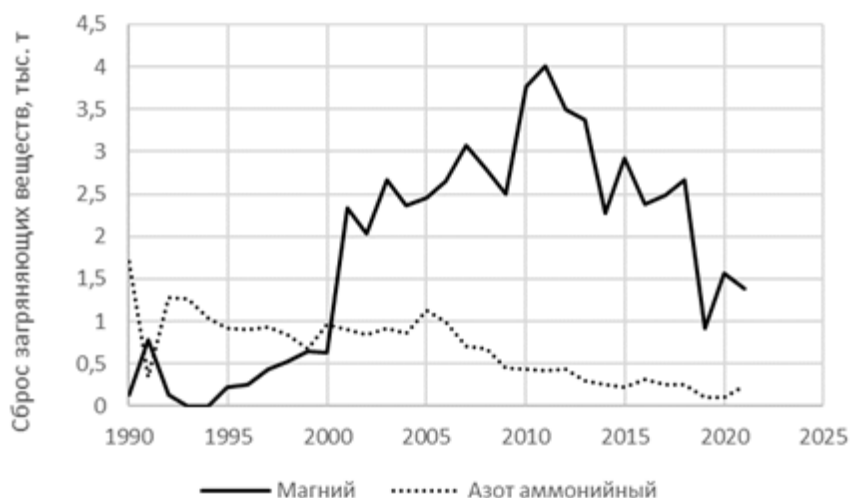


Рисунок 5 – Динамика сброса в составе сточных вод магния и азота аммонийного в российской части бассейна р. Урал, тыс. т

Масса сброса органических веществ (по ХПК), нефтепродуктов, фосфатов, нитритов исчисляется сотнями тонн (рис. 6). Сброс нефтепродуктов за счет экстремального 1990 года снизился за исследуемый период в 230 раз, но и по отношению к другим годам в начале этого десятилетия сокращение этого важнейшего ЗВ было очень существенным – в десятки раз. Сброс фосфатов за счет роста в последний год в итоге снизился очень незначительно, а сброс нитритов даже немного увеличился. Сброс органических веществ долгие годы поступательно снижался, но в 2019-2021 гг. снова вырос, превысив значения конца 1990-х гг.

На протяжении 1990-2009 гг. масса сброса цинка почти не менялась, а затем в течение нескольких лет заметно выросла. Начиная с 2012 г. главный загрязнитель по этому ЗВ – металлургическое производство – поступательно снижал сброс цинка и с 2019 г. практически его прекратил (рис. 7).

Сброс СПАВ поступательно снижался все годы, кроме одиночного всплеска в 2000 г. За весь период масса сброса снизилась в 6 раз. Масса сброса железа после резкого увеличения в середине 1990-х гг. в дальнейшем снижалась очень медленно, но в 2019-2021 гг. стабилизировалась. В целом за период 1990-2021 гг. отмечается даже рост сброса железа в 1,5 раза.

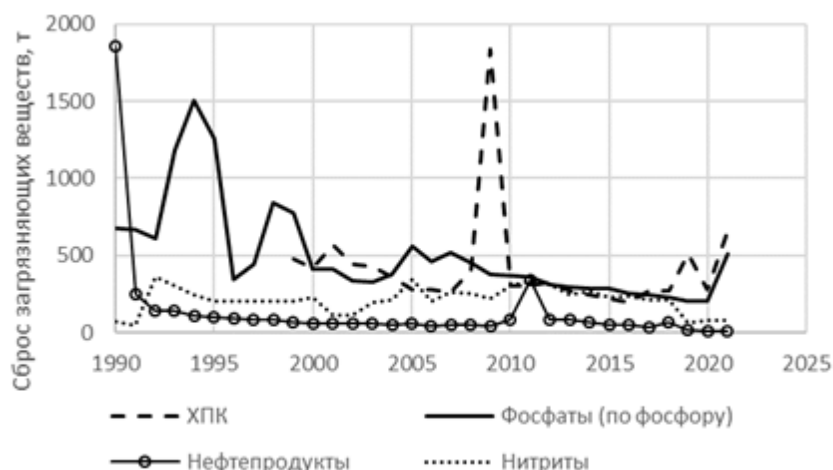


Рисунок 6 – Динамика сброса в составе сточных вод фосфатов, нефтепродуктов, нитритов и органических веществ (по ХПК) в российской части бассейна р. Урал, т

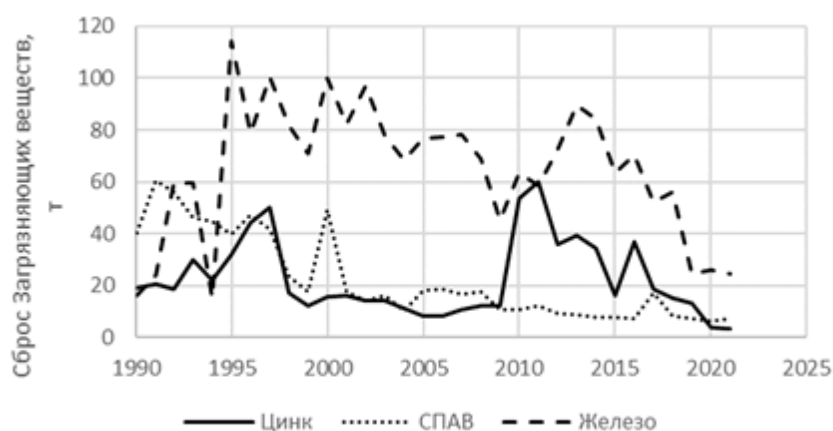


Рисунок 7 – Динамика сброса в составе сточных вод синтетически поверхностных активных веществ, цинка, железа в российской части бассейна р. Урал, тыс. т

Масса сброса меди за исключением экстремального 1993 г. все время поступательно снижалась (рис. 8). Металлургическое производство – ранее основной поставщик меди в водные объекты – с 2019 г. сброс меди практически прекратило. Основным загрязнителем по меди стал вид экономической деятельности «Забор, очистка и распределение воды» (90 %). В целом за тридцатилетний период сброс меди сократился в 11 раз.

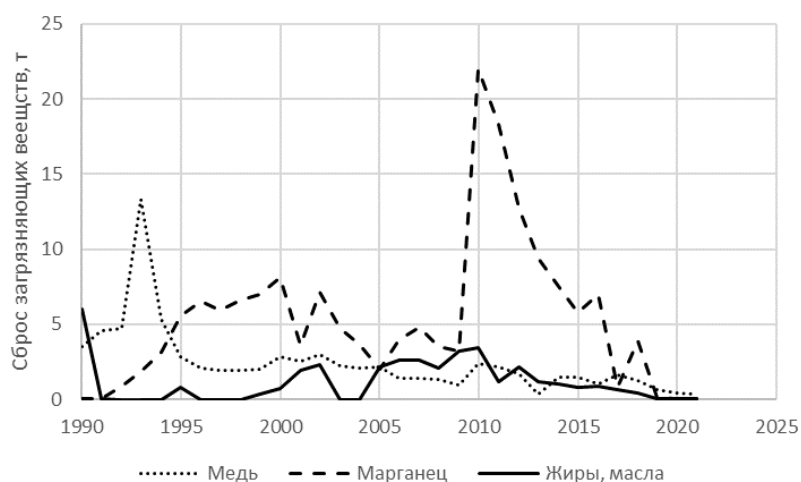


Рисунок 8 – Динамика сброса в составе сточных вод меди, марганца, жиров и масел в российской части бассейна р. Урал, т

Сброс марганца в бассейне Урала с 1990 по 2000 г. вырос с 0,01 до 7 тонн, достиг пика в 2010-2011 гг. (18-22 т) и в дальнейшем стал резко снижаться. С 2019 г. сброс марганца стал измеряться десятками кг. Тем не менее в 2021 г. его сброс превышал уровень 1990 г. в шесть раз. Сброс жиров и масел в течении длительного периода времени составлял 1-2 т, но после 2014 г. стал очень активно снижаться. С 1990 г. сброс этих ЗВ снизился в 170 раз.

Сброс никеля отмечается очень большой нестабильностью – в течении длительного периода времени рост сброса чередуется с значительным снижением массы загрязнений (рис. 9). Если брать крайние точки, то в 2021 г. масса сброса превышала уровень 1990 г. в 3 раза.

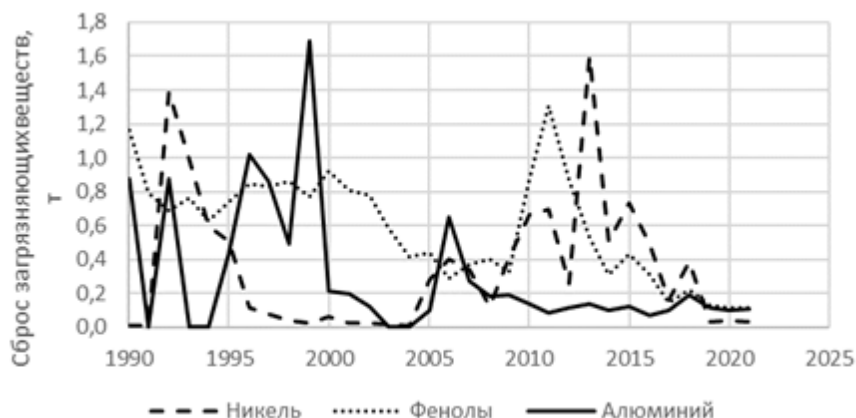


Рисунок 9 – Динамика сброса в составе сточных вод никеля, фенолов и алюминия в российской части бассейна р. Урал, т

Сброс фенолов с 1990 г. на протяжении 19 лет поступательно снижался, однако в 2010-2013 гг. отмечается заметный рост сброса этого вещества. В последующее время сброс никеля только снижался. В целом за 31 год масса сброса никеля снизилась в 10 раз. Масса сброса алюминия сильно колебалась в период 1990-2006 гг., после чего стала поступательно снижаться. Всего за 31 год масса сброса алюминия снизилась в 8 раз.

В российской части бассейна р. Урал в небольших количествах отмечается сброс свинца, кадмия и трехвалентного хрома (надежные данные по этим веществам наблюдаются с 1995 г., по кадмию – с 1992 г.). С 1995 по 2002 г. сброс свинца увеличился с 10 до 90 кг, после чего вплоть до 2011 г. неуклонно снижался до 5 кг. Весь дальнейший период сброс свинца находился в пределах 29-37 кг.

Сброс кадмия обычно находился в пределах 40-70 кг, но периодически наблюдались аварийные сбросы, когда масса кадмия достигала 130-160 кг. После 2010 г. сброс кадмия неуклонно снижался, достигнув в 2021 г. величины 5,5 кг. Всего за 28 лет его сброс снизился в 13 раз.

Сброс хрома обычно находился в пределах 30-70 кг, но периодически наблюдались аварийные сбросы, когда масса хрома увеличивалась до 110-430 кг. С 2015 г сброс хрома находится в пределах 30-40 кг. Всего за 1995-2021 г. его сброс снизился в 2 раза.

Подводя итоги анализа сброса ЗВ в составе сточных вод, можно отметить, что по трем веществам (сухой остаток, фосфаты, нитриты) масса сброса за 31 год изменилась незначительно (-10 % – +38 %). По шести ЗВ масса сброса снизилась в 3-7 раз, по другим шести ЗВ – в 8-25 раз. Максимальный успех достигнут в снижении сброса двух ЗВ – сброс жиров и масел в российской части бассейна р. Урал снизился в 171 раз, а сброс нефтепродуктов в 229 раз.

Однако по семи ЗВ отмечается рост сброса ЗВ, что крайне тревожно, учитывая почти четырехкратное сокращение сброса сточных вод и ввод новых мощностей очистных сооружений. Такой отрицательной картины не наблюдается ни в одном другом крупном российском бассейне. Масса сброса железа и трудноокисляемых органических веществ (по

ХПК) увеличилась в 1,5-1,6 раза, свинца и никеля – в 2,9-3,1 раза, марганца – в 6,2 раза, магния – в 10 раз, нитратов – в 26 раз. Характерно, что по двум последним веществам масса сброса в последние три года практически не меняется.

На три вида экономической деятельности («Производство металлургическое», «Добыча металлических руд», «Забор, очистка и распределение воды») приходится 92-99 % суммарного сброса основных загрязняющих веществ. При этом сброс загрязнений металлургическим производством за последнее десятилетие снизился в десятки раз.

Несмотря на существенное снижение сброса ЗВ в целом по руслу р. Урал состояние качества воды остается неудовлетворительным, что, вероятно, вызвано действием ряда неконтролируемых (рассредоточенных) источников загрязнения, а также источников вторичных (накопленных) загрязнений. Согласно капитальной монографии [25] именно они вносят основной вклад в загрязнение водных объектов.

Представляет интерес комплексная оценка качества вод бассейна р. Урал [16-20]. Описание классификации степени загрязненности воды приведено в соответствии с [16], где данная классификация рассматривается как условное разделение всего диапазона состава и свойств природной воды в условиях антропогенного воздействия на различные интервалы с постепенным переходом от «условно чистой» до «экстремально грязной» по величинам комбинаторного индекса загрязненности воды с учетом ряда дополнительных факторов. Удельная величина комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) представляет комплексный относительный показатель степени загрязненности поверхностных вод, условно оценивающий долю загрязняющего эффекта, вносимого в общую степень загрязненности воды, которая обусловлена одновременным присутствием ряда загрязняющих веществ (учитываются концентрации 15-16 химических показателей). УКИЗВ является осредненной оценкой качества воды и рекомендуется для сравнения степени загрязненности воды во времени и по длине водных объектов по совокупности загрязняющих веществ. Он может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16, большему его значению соответствует худшее качество воды.

Помимо сточных вод предприятий, источниками загрязнения поверхностных вод являются смыв почвы, минеральных удобрений, органических веществ с сельхозугодий и животноводческих ферм, расположенных по берегам рек бассейна Урала, ливневой поверхностный сток с урбанизированных территорий и промплощадок.

Комплексная оценка качества воды по стволу р. Урал приведена на рис. 10. Изменение величин УКИЗВ за год может быть весьма существенным, в связи с чем при сравнении граничных лет для более достоверной картины автором было принято решение осреднить значения показателя за два ближайших года – 2008-2009 и 2019-2020.

В верховьях р. Урал, на территории Челябинской и Оренбургской областей от г. Верхнеуральска до п. Березовский, качество воды за более чем десятилетний период практически не изменилось и по-прежнему оценивалось от «загрязненной» (3а) до «грязной» (4а). Лишь в створе с. Агаповка отмечается незначительное снижение показателя УКИЗВ.

В районе г. Верхнеуральска вода загрязняется в основном поверхностным стоком с водосборной площади. Отмечается существенное загрязнение вод тяжелыми металлами. В районе г. Магнитогорска р. Урал загрязняется недостаточно очищенными промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами [22].

Практически на всем среднем Урале от Ириклинского водохранилища до п. Илек наблюдалось улучшение качества: классы качества воды и разряды не всегда изменялись, но при этом значение УКИЗВ уменьшалось. Особенно заметное улучшение качества воды произошло в Ириклинском водохранилище (где оно изменилось от «очень загрязненной» до «загрязненной») и ниже городских очистных сооружений г. Оренбурга (где оно изменилось от «грязной» до «загрязненной»).

Вблизи п. Илек наблюдается постоянное загрязнение воды р. Урал органическими веществами и тяжелыми металлами. Содержание вредных ингредиентов в воде часто в

десять раз выше ПДК. Данный участок р. Урал можно отнести к зоне с критической экологической ситуацией [21].

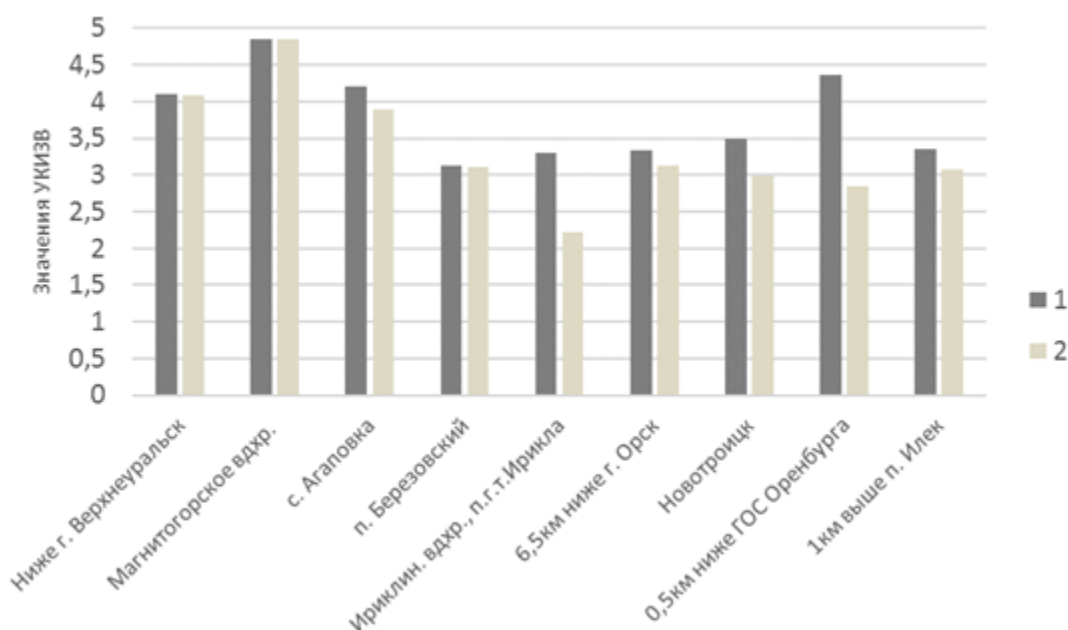


Рисунок 10 – Усредненные значения УКИЗВ за 2008-2009 (1) и 2019-2020 гг. (2) по стволу р. Урал, по данным [16-20]

Улучшение качества воды могло быть и более радикальным. Основная масса биогенов поступает в водные объекты с диффузным стоком с сельскохозяйственных полей. Но использование важнейшего мероприятия по охране земель и вод – противоэрозионных лесных насаждений – катастрофически сократилось. В субъектах федерации российской части бассейна р. Урал после 2009 г. полностью прекратили высаживать противоэрозионные насаждения на землях сельскохозяйственного назначения.

Аналогичная картина наблюдается и с созданием полезащитных лесополос. В конце 1990-х – начале 2000-х гг. в Республике Башкортостан ежегодно высаживалось 400-700 га полезащитных лесополос, но после 2008 г. это важнейшее мероприятие прекратило свое существование. В Оренбургской области не высаживают лесополосы с 2004 г., в Челябинской – с 1999 г. [26-28].

В [29] рассчитан удельный экологический ущерб (на 1 га пашни), наносимый водам Оренбургской области поступлением азота аммонийного и фосфора с диффузным стоком. Плата за вынос этих биогенных веществ вполне доступна сельскохозяйственным производителям и позволит обеспечить непрерывное создание новых искусственных лесополос в водоохраных зонах водных объектов.

Выводы

Заметная часть населения, проживающего в бассейне реки Урал, потребляет воду для своих нужд из поверхностных источников, что приводит к риску возможных заболеваний и значительных издержек на предварительную водоподготовку. Поэтому исследование объема загрязняющих веществ в составе сбрасываемых сточных вод и их влияние на качество воды в бассейне р. Урал, особенно в длительной динамике, представляется актуальной задачей.

Масса сброса большинства загрязняющих веществ, содержащихся в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты, снизилась за период 1990-2021 гг. в 3-

25 раз, но по семи важным веществам отмечается рост сброса. В верховьях р. Урал за 2008-2020 гг. качество воды практически не изменилось, в среднем течении отмечается улучшение качества воды.

Создание противозрозионных лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения в субъектах федерации российской части бассейна р. Урал, а также посадка полезащитных лесополос после 2009 г. полностью прекратились, что требует соответствующей реакции региональных природоохранных органов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0001 государственного задания Института водных проблем РАН.

Список литературы

1. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилев А.А., Падалко Ю.А. Проблемы устойчивого водопользования в трансграничном бассейне реки Урал // Водные ресурсы. 2017. Т.44. № 4. С. 504-516. DOI: 10.7868/S0321059617040162
2. Всемирный доклад Организации Объединенных Наций о состоянии водных ресурсов, 2019. Не оставляя никого в стороне. URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303_rus (дата обращения: 15.06.2023).
3. Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Рафиков С.Ш., Хасанова Р.Ф., Кужина Г.Ш. Влияние факторов среды обитания на заболеваемость населения геохимической провинции Республики Башкортостан // Анализ риска здоровью - 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х т./ Под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Пермь: Изд-во Пермский нац. иссл. политехн. ун-т. Т. 1. С. 450-459.
4. Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Биктимерова Г.Я. Содержание тяжелых металлов в питьевой воде юго-восточных районов Республики Башкортостан // Естественные и технические науки. 2016. № 1 (91). С. 20-23.
5. Государственный водный кадастр. Данные обобщения использования вод по РСФСР за 1991 год / Мин-во экологии и природных ресурсов России, Комитет по водным ресурсам, Росгипроводхоз. М., 1992. 209 с.
6. Государственный водный кадастр. Данные обобщения использования вод по России за 1992 год / АО «Водниинформпроект». М., 1993. 213 с.
7. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы Российской Федерации. Обобщенные данные использования вод за 2005 год. В 5 т. / Федеральное агентство водных ресурсов. ОАО «Водниинформпроект». М., 2006. Кн. 1. 63 с.; Кн. 2. 94 с.; Кн. 3. 113 с.; Кн. 4. 98 с.; Кн. 5. 72 с.
8. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество (ежегодное издание). 1990-2010 гг. / Федеральная служба РФ по гидрометеорологии и мониторингу окр. среды; М-во прир. ресурсов РФ. Л.-СПб.: Гидрометеоздат, 1990. 136 с.; 1991. 136 с.; 1992. 64 с.; 1993. 86 с.; 1994. 90 с.; 1995. 92 с.; 1996. 92 с.; 1999. 96 с.; 1999. 94 с.; 2000. 92 с.; 2000. 94 с.; 2001. 104 с.; 2002. 112 с.; 2003. 116 с.; 2004. 118 с.; 2005. 164 с.; 2006. 166 с.; 2007. 174 с.; 2008. 153 с.; 2010. 152 с.; 2011. 148 с.
9. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2009 году (Статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского, А.Д. Думнова. М.: НИИ-Природа, 2010. 372 с.
10. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2018 году (Статистический сборник) / Под ред. Н.Г. Рыбальского, В.А. Омеляненко М.: НИИ-Природа, 2019. 274 с.
11. Водные ресурсы Российской Федерации. Статистический сборник / Под ред. Н.Г. Рыбальского. М.: НИИ-Природа, 2006. 176 с.

12. Воды России (состояние, использование, охрана). 1986-1990 гг. / М-во мелиорации и вод. хоз-ва РСФСР. Уральский науч.-иссл. ин-т вод. хоз-ва. Свердловск: Изд-во УралНИИВХ, 1991. 148 с.
13. Воды России (состояние, использование, охрана) / М-во прир. ресурсов РФ, Рос. науч.-иссл. ин-т вод. хоз-ва. Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ. 1992. 96 с.; 1993. 96 с.; 1994. 86 с.; 1995. 88 с.; 1996. 104 с.; 1998. 134 с.; 1999. 146 с.; 2001. 158 с.; 2002. 138 с.; 2003. 136 с.; 2005. 133 с.; 2006. 112 с.
14. Данные наблюдений за объемом вод при водопотреблении и водоотведении на всех водных объектах (по форме 2-ТП (водхоз)) // Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=513> (дата обращения: 15.06.2023).
15. Основные показатели использования вод в СССР за 1990 год. Минск: ЦНИИКИВР, 1991. 142 с.
16. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2010. Ростов н/Д: Изд-во Гидрохим. ин-та, 2011. 572 с.; Ежегодник. 2011. Ростов н/Д: Изд-во Гидрохим. ин-та, 2012. 553 с.; 2013. 555 с.; 2014. 568 с.; 2015. 530 с.; 2016. 552 с.; 2017. 556 с.; 2018. 555 с.; 2019. 561 с.; 2020. 578 с.; 2021. 618 с.
17. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2012 году. URL: <https://mpr.orb.ru/activity/624> (дата обращения: 15.06.2023).
18. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2020 году. URL: <https://mpr.orb.ru/activity/624> (дата обращения: 15.06.2023).
19. Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2009 году. URL: https://mineco.gov74.ru/mineco/activities/oxranaokruzhayushhejsredychely/informaciyaobekologic_heskojsit.htm (дата обращения: 15.06.2023).
20. Доклад об экологической ситуации в Челябинской области в 2020 году. URL: https://mineco.gov74.ru/mineco/activities/oxranaokruzhayushhejsredychely/informaciyaobekologic_heskojsit.htm (дата обращения: 15.06.2023).
21. Бронский В.А., Солопова В.А., Байтелова А.И. Экологический мониторинг качества воды реки Урал в районе неорганизованного пляжа села Илек Оренбургской области // Строительство и техногенная безопасность. 2020. № 19 (71). С. 95-104. DOI: 10.37279/2413-1873-2020-19-95-104
22. Козлова М.А., Сивохиц Ж.Т. Оценка динамики качества воды трансграничного бассейна реки Урал // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 6. С. 107-119. DOI: 10.35567/19994508_2022_6_7.
23. Куксанов В.Ф. Река Урал – экологические проблемы и пути их решения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016. № 7. С. 8-15.
24. ММК планомерно снижает вредное воздействие на реку Урал. URL: <https://news.rambler.ru/ecology/43266982-mmk-planomerno-snizhaet-vrednoe-vozdeystvie-na-reku-ural> (дата обращения: 15.06.2023).
25. Диффузное загрязнение водных объектов: проблемы и решения / под ред. В.И. Данилова-Данильяна. М., 2020. 512 с.
26. Охрана окружающей среды в России: Стат. сб. / Госкомстат России. М., 2001. 229 с.
27. Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России. 2013: Стат. сб. / Росстат. М., 2013. 462 с.
28. Сведения о воспроизводстве лесов и лесоразведении. Бюллетени об охране окружающей среды (электронные версии) URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13295> (дата обращения: 15.06.2023).

29. Чирков С.А. Формирование механизма финансирования водоохранного лесонасаждения в сельскохозяйственных районах Оренбургской области (на примере р. Суундук) // Наукосфера. 2020. № 10-2. С. 8-12.

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

Поступила в редакцию 03.07.2023

Принята к публикации 11.09.2023

POLLUTANT DISCHARGE DYNAMICS AND WATER QUALITY IN THE RUSSIAN PART OF THE TRANSBOUNDARY URAL RIVER BASIN

A. Demin

Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

e-mail: deminap@mail.ru

The purpose of the study is to show changes in the volume and composition of wastewater discharged, pollutants contained in them, and to assess the transformation of water quality in the Ural River. A progressive increase in the share of contaminated wastewater in the total volume of wastewater discharged from 4.8% in 1990 to 39.7% in 2017 was revealed. The mass of discharges of most pollutants contained in wastewater has decreased by a factor of 3-25, but discharges have increased for seven substances. In the upper reaches of the Ural River, water quality in terms of the specific value of the combinatorial index of water pollution has not practically changed for 2008-2020, in the middle reaches there is an improvement in water quality.

Key words: contaminated wastewater, treated waters, discharge of pollutants, specific combinatorial index of water pollution, monitoring of water bodies, water quality of the Ural River.

References

1. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Problemy ustoychivogo vodopol'zovaniya v transgranichnom basseine reki Ural. Vodnye resursy. 2017. T. 44. N 4. S. 504-516. DOI: 10.7868/S0321059617040162
2. Vsemirnyi doklad Organizatsii Ob"edinennykh Natsii o sostoyanii vodnykh resursov, 2019. Ne ostavlyaya nikogo v storone. URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303_rus (data obrashcheniya: 15.06.2023).
3. Rafikova Yu.S., Semenova I.N., Rafikov S.Sh., Khasanova R.F., Kuzhina G.Sh. Vliyanie faktorov srede obitaniya na zabolevaemost' naseleniya geokhimicheskoi provintsii Respubliki Bashkortostan. Analiz riska zdorov'yu - 2020 sovmestno s mezhdunarodnoi vstrechei po okruzhayushchei srede i zdorov'yu rise-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya: Materialy X Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. V 2-kh t. Pod red. A.Yu. Popovoi, N.V. Zaitsevoi. Perm': Izd-vo Permskii nats. issl. politekhn. un-t. T. 1. S. 450-459.
4. Rafikova Yu.S., Semenova I.N., Biktimerova G.Ya. Soderzhanie tyazhelykh metallov v pit'evoi vode yugo-vostochnykh raionov Respubliki Bashkortostan. Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2016. N 1 (91). S. 20-23.
5. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr. Dannye obobshcheniya ispol'zovaniya vod po RSFSR za 1991 god. Min-vo ekologii i prirodnykh resursov Rossii, Komitet po vodnym resursam, Rosgiprovodkhoz. M., 1992. 209 s.
6. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr. Dannye obobshcheniya ispol'zovaniya vod po Rossii za 1992 god. AO "Vodniiinformproekt". M., 1993. 213 s.

7. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr. Vodnye resursy Rossiiskoi Federatsii. Obobshchennye dannye ispol'zovaniya vod za 2005 god. V 5 t. Federal'noe agentstvo vodnykh resursov. OAO "Vodniinformproect". M., 2006. Kn. 1. 63 s.; Kn. 2. 94 s.; Kn. 3. 113 s.; Kn. 4. 98 s.; Kn. 5. 72 s.
8. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr. Resursy poverkhnostnykh i podzemnykh vod, ikh ispol'zovanie i kachestvo (ezhegodnoe izdanie). 1990-2010 gg. Federal'naya sluzhba RF po gidrometeorologii i monitoringu okr. sredey; M-vo prir. resursov RF. L.-SPb.: Gidrometeoizdat, 1990. 136 s.; 1991. 136 s.; 1992. 64 s.; 1993. 86 s.; 1994. 90 s.; 1995. 92 s.; 1996. 92 s.; 1999. 96 s.; 1999. 94 s.; 2000. 92 s.; 2000. 94 s.; 2001. 104 s.; 2002. 112 s.; 2003. 116 s.; 2004. 118 s.; 2005. 164 s.; 2006. 166 s.; 2007. 174 s.; 2008. 153 s.; 2010. 152 s.; 2011. 148 s.
9. Vodnye resursy i vodnoe khozyaistvo Rossii v 2009 godu (Statisticheskii sbornik). Pod red. N.G. Rybal'skogo, A.D. Dumnova. M.: NIA-Priroda, 2010. 372 s.
10. Vodnye resursy i vodnoe khozyaistvo Rossii v 2018 godu (Statisticheskii sbornik). Pod red. N.G. Rybal'skogo, V.A. Omel'yanenko. M.: NIA-Priroda, 2019. 274 s.
11. Vodnye resursy Rossiiskoi Federatsii. Statisticheskii sbornik. Pod red. N.G. Rybal'skogo, M.: NIA-Priroda, 2006. 176 s.
12. Vody Rossii (sostoyanie, ispol'zovanie, okhrana). 1986-1990 gg. M-vo melioratsii i vod. khoz-va RSFSR. Ural'skii nauch.-issled. in-t vod. khoz-va. Sverdlovsk: Izd-vo UralNIIVKh, 1991. 148 s.
13. Vody Rossii (sostoyanie, ispol'zovanie, okhrana). M-vo prir. resursov RF, Ros. nauch.-issl. in-t vod. khoz-va. Ekaterinburg: Izd-vo RosNIIVKh, 1992. 96 s.; 1993. 96 s.; 1994. 86 s.; 1995. 88 s.; 1996. 104 s.; 1998. 134 s.; 1999. 146 s.; 2001. 158 s.; 2002. 138 s.; 2003. 136 s.; 2005. 133 s.; 2006. 112 s.
14. Dannye nablyudeniya za ob'emom vod pri vodopotreblenii i vodootvedenii na vsekh vodnykh ob'ektakh (po forme 2-TP (vodkhoz)). Avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema gosudarstvennogo monitoringa vodnykh ob'ektov. URL: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=513> (data obrashcheniya: 15.06.2023).
15. Osnovnye pokazateli ispol'zovaniya vod v SSSR za 1990 god. Minsk: TsNIIKIVR, 1991. 142 s.
16. Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiiskoi Federatsii. Ezhegodnik. 2010. Rostov n/D: Izd-vo Gidrokhim. in-ta, 2011. 572 s.; Ezhegodnik. 2011. Rostov n/D: Izd-vo Gidrokhim. in-ta, 2012. 553 s.; 2013. 555 s.; 2014. 568 s.; 2015. 530 s.; 2016. 552 s.; 2017. 556 s.; 2018. 555 s.; 2019. 561 s.; 2020. 578 s.; 2021. 618 s.
17. Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredey Orenburgskoi oblasti v 2020 godu. URL: <https://mpr.orb.ru/activity/624> (data obrashcheniya: 15.06.2023).
18. Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredey Orenburgskoi oblasti v 2012 godu. URL: <https://mpr.orb.ru/activity/624> (data obrashcheniya: 15.06.2023).
19. Kompleksnyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredey Chelyabinskoi oblasti v 2009 godu. URL: <https://mineco.gov74.ru/mineco/activities/oxranaokruzhayushhejsredychely/informaciyaobekologicheskosit.htm> (data obrashcheniya: 15.06.2023).
20. Doklad ob ekologicheskoi situatsii v Chelyabinskoi oblasti v 2020 godu. URL: <https://mineco.gov74.ru/mineco/activities/oxranaokruzhayushhejsredychely/informaciyaobekologicheskosit.htm> (data obrashcheniya: 15.06.2023).
21. Bronskii V.A., Solopova V.A., Baitelova A.I. Ekologicheskii monitoring kachestva vody reki Ural v raione neorganizovannogo plyazha sela Ilek Orenburgskoi obrasti. Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. 2020. N 19 (71). S. 95-104. DOI: 10.37279/2413-1873-2020-19-95-104
22. Kozlova M.A., Sivokhip Zh.T. Otsenka dinamiki kachestva vody transgranichnogo basseina reki Ural. Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie. 2022. N 6. S.107-119. DOI: 10.35567/19994508_2022_6_7.

23. Kuksanov V.F. Reka Ural – ekologicheskie problemy i puti ikh resheniya. Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie. 2016. N 7. S. 8-15.
24. MMK planomerno snizhaet vrednoe vozdeistvie na reku Ural. URL: <https://news.rambler.ru/ecology/43266982-mmk-planomerno-snizhaet-vrednoe-vozdeystvie-na-reku-ural/> (data obrashcheniya: 15.06. 2023).
25. Diffuznoe zagryaznenie vodnykh ob"ektov: problemy i resheniya. Pod red. V.I. Danilova-Danil'yana. M., 2020. 512 s.
26. Okhrana okruzhayushchei sredey v Rossii: Stat. sb. Goskomstat Rossii. M., 2001. 229 s.
27. Sel'skoe khozyaistvo, okhota i okhotnich'e khozyaistvo, lesovodstvo v Rossii. 2013: Stat. sb. Rossstat. M., 2013. 462 s.
28. Svedeniya o vosproizvodstve lesov i lesorazvedenii. Byulleteni ob okhrane okruzhayushchei sredey (elektronnye versii) URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13295> (data obrashcheniya: 15.06.2023).
29. Chirkov S.A. Formirovanie mekhanizma finansirovaniya vodookhrannogo lesonasazhdeniya v sel'skokhozyaistvennykh raionakh Orenburgskoi oblasti (na primere r. Suunduk). Naukosfera. 2020. N 10-2. S. 8-12.

Сведения об авторе:

Александр Павлович Демин

Д.г.н., главный научный сотрудник, Институт водных проблем РАН

ORCID 0000-0002-0140-3181

Alexander Demin

Doctor of Geography, Chief Researcher, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Демин А.П. Динамика сброса загрязняющих веществ и качество воды в российской части бассейна трансграничной реки Урал // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 26-40. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-26-40

ПЫЛЬНЫЕ БУРИ НА ВОСТОКЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ В 2017-2022 ГГ.**В.В. Дорошенко**

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Россия, Волгоград
e-mail: doroshenko-vv@vfanc.ru

Получены данные о продолжительности и интенсивности пыльных бурь на востоке Ставропольского края (в зоне наиболее активного развития процессов опустынивания) в 2017-2022 гг. За период исследования на трех метеостанциях (в г. Арзгир, Буденновск и Зеленокумск) зарегистрировано 84 пыльные бури. Выявлено, что продолжительность пыльных бурь составила 146 дней, при этом 70 % пыльных бурь длились 1 день, а наиболее продолжительная буря длилась 13 дней. Преобладающим направлением ветра было восточное (более 80 % дней), максимальная скорость ветра достигала 25 м/с. Выявлена тенденция к росту количества дней с зарегистрированными пыльными бурями.

Ключевые слова: пыльная буря, опустынивание, Ставропольский край, климатические данные, повторяемость.

Введение

На территории Прикаспийской низменности в последние годы значительно повысилась частота и интенсивность пыльных и песчаных бурь. Прикаспийская низменность является аридной территорией с преимущественно степным типом растительности и равнинным типом рельефа, в связи с чем высок риск развития опустынивания. Высокая степень антропогенной нагрузки на территорию также оказывает значительное влияние на деградацию ландшафтов и затрудняет их восстановление естественным путем [1, 2].

Пыльные и песчаные бури при систематическом возникновении могут оказывать огромное влияние на растительность, животный мир, а также населенные пункты и объекты инфраструктуры. Эоловый перенос минеральных частиц приводит к повреждению побегов степной растительности или ее засыпанию, при этом формирование массивов открытых песков приводит к сокращению площади пастбищ, что важно для Прикаспийской низменности, где большое распространение имеет животноводство, в том числе отгонное, когда крупные стада или отары в летнее время находятся в горной части, а на зиму переводятся на равнинную, степную часть региона. Исследования других авторов показывают, что пыльные бури могут быть лимитирующим фактором численности не только сельскохозяйственных животных, но и диких, например, птиц [3]. Также большое влияние пыльные бури оказывают на распаханые территории в результате выдувания частиц почвы с поверхности, при этом пыльные бури могут формироваться непосредственно над пашней, когда ветровой поток не имеет препятствий в виде полезащитных насаждений [4]. При этом в последние годы основным фактором развития процессов опустынивания на юге европейской России становится не антропогенное воздействие (перевыпас, сокращение биоразнообразия степной и полупустынной пастбищной растительности), а климатические факторы – продолжающаяся тенденция к аридизации климата, возрастание частоты и интенсивности пыльных бурь [5-8]. Подобная проблема наблюдается также в других странах: в Таджикистане, Казахстане [9, 10].

На Прикаспийской низменности одним из наиболее пострадавших от эолового переноса минеральных частиц в результате пыльных и песчаных бурь регионов является восток Ставропольского края (Левокумский, Нефтекумский, Курский, Степновский районы), что делает восточную часть Ставрополя актуальным объектом исследования при изучении повторяемости пыльных бурь на юге европейской России. Географически эта местность относится к Терско-Кумской низменности и Кумо-Маньчской впадине [11]. Данная территория характеризуется относительно плоским рельефом и малым количеством древесных насаждений, что создает благоприятные условия для распространения ветров без потери энергии [12]. В сельскохозяйственном отношении территория неоднородна – восток региона занят пастбищами и относится к очень засушливому агроклиматическому району, более западная часть региона практически полностью распахана [5]. Оба типа сельскохозяйственного использования территории при отсутствии достаточного количества защитных насаждений повышают риск формирования пыльных бурь.

Территория исследования в административном отношении граничит с Республикой Калмыкия на севере, Республикой Дагестан на востоке, Чеченской Республикой на северо-востоке и другими республиками Северо-Кавказского федерального округа – на юге. При этом процессы опустынивания и учащение пыльных бурь отмечаются на территории Республики Калмыкия, Республики Дагестан и северной части Чеченской Республики, что означает возможность переноса минерального материала с этих территорий в результате пыльных бурь [8].

Исследования динамики пространственного распределения открытых песков за 30 лет показали, что площади, занятые песчаными массивами, возросли с 2010 по 2020 гг. на 400 %, при этом их происхождение идентифицируется как эоловое [7, 13]. При этом наибольший рост выявлен после 2017 года, когда пыльные и песчаные бури стали происходить чаще. В результате пыльных бурь не только сокращалась площадь пастбищ, но и ухудшалась транспортная доступность в результате засыпания песком автомобильных дорог с твердым покрытием, а также была нарушена энергетическая инфраструктура в результате разрушения линий электропередачи [14]. В связи с этим, целью данной статьи является выявление тенденций повторяемости пыльных бурь на востоке Ставропольского края путем анализа метеорологических данных.

Материалы и методы

Данные о проявлениях пыльных бурь, их продолжительности, а также скорости и направлении ветра были получены с сайта «Погода и климат» (<http://www.pogodaiklimat.ru/>) для метеостанций, располагающихся в зоне исследования или поблизости – в г. Буденновск, г. Арзгир и г. Зеленокумск (рис. 1). Для индикации пыльных бурь в архиве климатических данных предусмотрена особая отметка «пыльная буря», а также отметки о дальности видимости менее 4 км.

Период исследования составляет 5 лет – с 2017 по 2022 гг. Это обусловлено тем, что именно после 2017 г. произошло учащение пыльных и песчаных бурь на юге европейской части России, а также увеличение их интенсивности, что привело к росту количества переносимого ветром минерального материала и, соответственно, к росту площадей открытых песков, причем в Ставропольском крае это особенно заметно на территории Левокумского и Нефтекумского районов [13].



Рисунок 1 – Пространственное положение исследуемых метеостанций (1 – метеостанция в г. Арзгир, 2 – метеостанция в г. Буденновск, 3 – метеостанция в г. Зеленокумск)

Статистическая обработка данных проводилась в программном обеспечении «MS Excel».

Результаты и обсуждение

Всего за исследуемый период зарегистрировано 84 пыльные бури общей продолжительностью 146 дней (рис. 2): 40 дней в весенние месяцы, 65 дней в летние месяцы и 41 день в осенние месяцы. Наибольшее количество дней с зарегистрированными пыльными бурями за период исследования приходится на август и сентябрь (31 и 30 дней соответственно), наименьшее – на октябрь и ноябрь (9 и 2 дней соответственно). При этом август и сентябрь практически в каждый год исследования отмечаются как месяцы с наибольшим числом дней с зарегистрированной пыльной бурей (хотя в 2021 году в осенний период не зарегистрировано ни одного дня с отметкой «пыльная буря» или понижением дальности видимости).

Всего за исследуемый период зарегистрировано 59 пыльных бурь продолжительностью в 1 день (70 % от общего количества дней с пыльными бурями и 40 % от общей продолжительности пыльных бурь). Несмотря на то, что наибольшая продолжительность пыльной бури отмечена в 2018 г. (29.08-10.09, 13 дней), необходимо отметить, что перед этим пыльная буря была зарегистрирована в июле (26-28.07), а после – в ноябре (02-03.11). При этом в 2022 г. в течение календарного месяца была зарегистрирована серия пыльных бурь с короткими промежутками общей продолжительностью 16 дней (10-15.08, 18.08, 20-28.08), а также в сентябре (04.09, 12.09 и 19.09). в 2020 году, когда было зарегистрировано наибольшее количество дней с отметкой «пыльная буря», также отмечалась серия коротких бурь (1-3 дня) с конца мая по середину октября при интервалах, в среднем, менее 10 дней и с общей продолжительностью 33 дня.

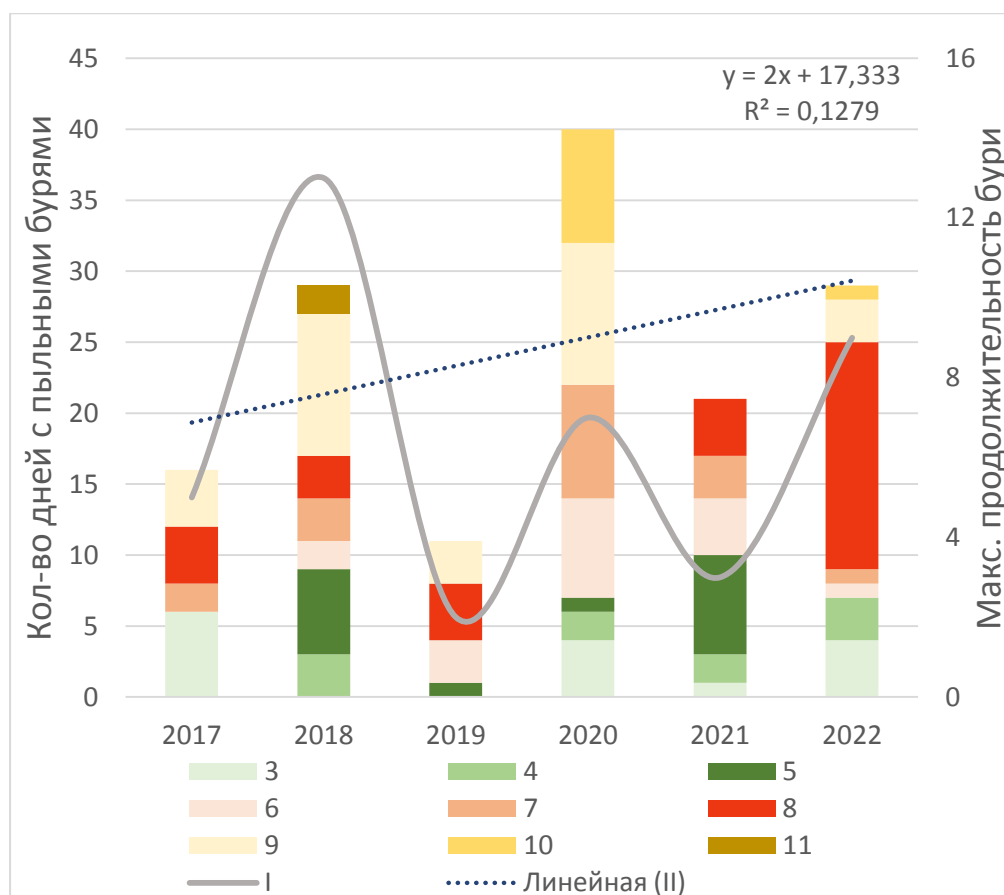


Рисунок 2 – График продолжительности пыльных бурь на востоке Ставропольского края в 2017-2022 гг. (3-11 – порядковые номера месяцев года, I – максимальная продолжительность пыльной бури в году, II – линейный тренд количества дней с пыльными бурями)

При значительном разбросе общей продолжительности пыльных бурь в течение каждого года наблюдается положительный тренд. Увеличение продолжительности пыльных бурь приведет к накоплению минерального материала в открытых массивах, что, в свою очередь, приводит к росту риска формирования пыльных бурь в дальнейшем при устойчивом сильном ветре.

Минимальная зарегистрированная скорость ветра при пыльной буре находится в пределах от 5 до 15 м/с, максимальная – от 9 до 25 м/с. Видимость за весь период исследования находилась на отметках от «менее 50 м» до «менее 4 км». Минимальная видимость (от 50 до 200 метров) наблюдалась во время пыльной бури 04-05.03.2022 г., причем 05.03 пыльная буря была зарегистрирована на всех трех используемых в исследовании метеостанциях, которые находятся на расстоянии 110 км друг от друга. При этом зарегистрированная на метеостанциях скорость ветра и видимость не имеют взаимосвязи (коэффициент корреляции $r = -0,2$).

Интенсивность пыльной бури возможно косвенно определить по площади, одновременно накрываемой ее шлейфом, т.е. по количеству метеостанций, на которых была зарегистрирована пыльная буря в один день. Так, наиболее интенсивные пыльные бури, зарегистрированные на всех трех исследуемых метеостанциях, зафиксированы только дважды: 05 марта и 25 августа 2022 года. На двух метеостанциях было зарегистрировано 13 пыльных бурь (в 2017, 2018, 2021 и 2022 годах), при этом во всех случаях это были метеостанции в г. Буденновск и г. Арзгир, т.е. в северной части территории исследования. В

остальных случаях (131 день, 89,7 % от общей продолжительности за период исследования) пыльные бури регистрировались только на одной из трех исследуемых метеостанций.

Преобладающим направлением ветра во время пыльных бурь было восточное (в 83,5 % дней), хотя отмечались также южное, юго-восточное, северное, северо-восточное, северо-западное и западное направления в виде коротких эпизодов (рис. 3).

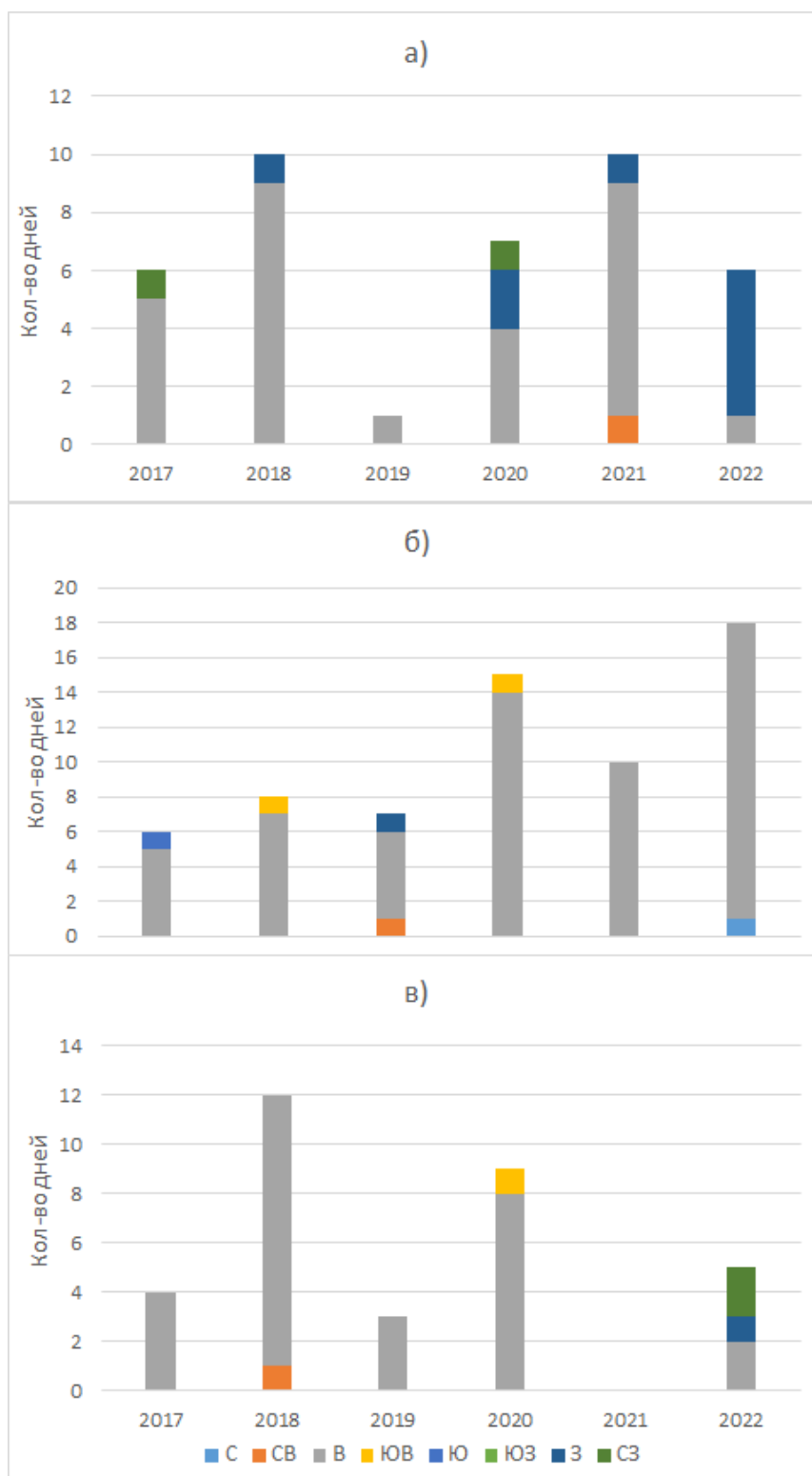


Рисунок 3 – Направления ветров по сезонам (а – весенний период, б – летний период, в – осенний период)

При этом необходимо отметить, что в марте 2022 года отмечено две полноценных двухдневных пыльных бури с высокой скоростью западного ветра (до 26 м/с), которые привели к значительному росту площадей открытых песков, хотя обычно на рост песчаных массивов в данном регионе большее влияние имеет восточный ветер, т.к. несет минеральный материал из подверженных опустыниванию районов Республики Дагестан, Республики Калмыкия, Астраханской области и даже из Казахстана [15, 10, 16].

Выводы

По результатам обработки метеорологических данных можно судить о продолжительности и интенсивности пыльных бурь, что может быть использовано в исследованиях, касающихся проблемы развития процессов опустынивания, а также при планировании сельскохозяйственных работ. Выявлено, что наиболее частым направлением ветра было восточное за весь исследуемый период, но во время наиболее сильных пыльных бурь, охвативших весь восток Ставропольского края (все три исследуемые метеостанции) в марте 2022 года, был зафиксирован западный ветер.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100406-6 «Теоретические основы и математико-картографические модели функционирования агролесомелиоративных систем в защите почв от дефляции».

Список литературы

1. Рулев А.С. Ландшафтно-географические исследования степных ландшафтов Нижнего Поволжья // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2011. № 2(2). С. 59-68.
2. Лапенко Н.Г., Ерошенко Ф.В., Сторчак И.Г. Растительность степных фитоценозов и особенности ее вегетации в условиях Ставропольского края // Аграрный вестник Урала. 2020. № 2(193). С. 9-19.
3. Маловичко Л.В. Поведение зеленых щурок *Meops persicus* во время пыльной бури на востоке Ставропольского края // Русский орнитологический журнал. 2020. Т. 29. № 1969. С. 4048-4054.
4. Кулик К.Н., Рулев А.С., Сажин А.Н. Глобальные процессы дефляции в степных экосистемах // Метеорология и гидрология. 2018. № 9. С. 72-80.
5. Антонов С.А., Каторгин И.Ю. Картографирование характеристик изменения климата в Ставропольском крае // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. 2021. Т. 27. № 3. С. 171-182.
6. Бадахова Г.Х., Диденко А.Н., Кравченко Н.А. Синоптические условия формирования пыльных бурь в Ставропольском крае // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2015. № 5-6. С. 119-122.
7. Дорошенко В.В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 31-36.
8. Шинкаренко С.С., Барталев С.А. Последствия пыльных бурь на юге европейской части России в сентябре-октябре 2020 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 17. № 7. С. 270-275.
9. Саидов М.С., Саидов С.М., Гайратов М.Т., Давлатов Ф.С. Песчаные и пыльные бури: практические рекомендации по уменьшению влияния факторов, способствующих формированию песчаных и пыльных бурь // Наука и инновация. 2021. № 1. С. 5-17.

10. Стамбеков М.Д., Полякова С.Е. Метеорологические условия возникновения штормового ветра и пыльной бури в Атырауской области в январе 2021 г. // Географический вестник. 2021. № 3(58). С. 130-141.

11. Кулик К.Н. Агроресомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 2004. 248 с.

12. Юферев В.Г., Мелихова А.В., Балынова В.В. Геоинформационный анализ рельефа Кумо-Манычской впадины // Природные системы и ресурсы. 2022. Т. 12. № 2. С. 67-76.

13. Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Берденгалиева А.Н., Дорошенко В.В. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019-2022 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 319-327.

14. Дорошенко В.В., Балынова В.В. Оценка современных процессов опустынивания в Республике Дагестан на примере локального песчаного массива // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4(119). С. 24-29.

15. Gontovaya I.V., Tatarnikov V.O., Ocheretnyi M.A. Analysis of conditions for dust storm occurrence in the Astrakhan oblast in 2021 // Russian Meteorology and Hydrology. 2023. vol. 48. no. 3. pp. 280-286.

16. Ершибулов А.К. Пыльные бури в Прикаспийском регионе Республики Казахстан // Научный Альманах ассоциации France-Kazakhstan. 2016. № 3. С. 125-135.

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

Поступила в редакцию 11.07.2023

Принята к публикации 11.09.2023

DUST STORMS IN THE EAST OF THE STAVROPOL REGION FOR 2017-2022

V. Doroshenko

Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Russia, Volgograd
e-mail: doroshenko-vv@vfanc.ru

Data has been obtained on the duration and intensity of dust storms in the east of the Stavropol Region (in the zone of the most active development of desertification processes) for 2017-2022. During the study period, 84 dust storms (146 days) were registered at three weather stations (in Arzgir, Budennovsk and Zelenokumsk). Data on the dust storms' duration and series, their intensity, speed and prevailing wind direction in different seasons of the year are presented, and a tendency to increase the number of days with registered dust storms is revealed.

Key words: dust storm, desertification, Stavropol Region, climate data, recurrence.

References

1. . Rulev A.S. Landshaftno-geograficheskie issledovaniya stepnykh landshaftov Nizhnego Povolzh'ya. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennye nauki. 2011. N 2(2). S. 59-68.

2. Lapenko N.G., Eroshenko F.V., Storchak I.G. Rastitel'nost' stepnykh fitotsenozov i osobennosti ee vegetatsii v usloviyakh Stavropol'skogo kraya. Agrarnyi vestnik Urala. 2020. N 2(193). S. 9-19.

3. Malovichko L.V. Povedenie zelenykh shchurok *Merops persicus* vo vremya pyl'noi buri na vostoке Stavropol'skogo kraya. Russkii ornitologicheskii zhurnal. 2020. T. 29. N 1969. S. 4048-4054.

4. Kulik K.N., Rulev A.S., Sazhin A.N. Global'nye protsessy deflyatsii v stepnykh ekosistemakh. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2018. N 9. S. 72-80.
5. Antonov S.A., Katorgin I.Yu. Kartografirovaniye kharakteristik izmeneniya klimata v Stavropol'skom krae. *INTERKARTO. INTERGIS*. 2021. T. 27. N 3. S. 171-182.
6. Badakhova G.Kh., Didenko A.N., Kravchenko N.A. Sinopticheskie usloviya formirovaniya pyl'nykh bur' v Stavropol'skom krae. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*. 2015. N 5-6. S. 119-122.
7. Doroshenko V.V. Geoinformatsionnyi analiz razvitiya protsessov opustynivaniya v Stavropol'skom krae. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*. 2022. N 3 (118). S. 31-36.
8. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. Posledstviya pyl'nykh bur' na yuge evropeiskoi chasti Rossii v sentyabre-oktyabre 2020 g. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2021. T. 17. N 7. S. 270-275.
9. Saidov M.S., Saidov S.M., Gairatov M.T., Davlatov F.S. Peschanye i pyl'nye buri: prakticheskie rekomendatsii po umen'sheniyu vliyaniya faktorov, sposobstvuyushchikh formirovaniyu peschanykh i pyl'nykh bur'. *Nauka i innovatsiya*. 2021. N 1. S. 5-17.
10. Stambekov M.D., Polyakova S.E. Meteorologicheskie usloviya vozniknoveniya shtormovogo vetra i pyl'noi buri v Atyrauskoj oblasti v yanvare 2021 g. *Geograficheskii vestnik*. 2021. N 3(58). S. 130-141.
11. Kulik K.N. Agrolesomeliorativnoe kartografirovaniye i fitoekologicheskaya otsenka aridnykh landshaftov. Volgograd: izd. VNIALMI, 2004. 248 s.
12. Yuferev V.G., Melikhova A.V., Balynova V.V. Geoinformatsionnyi analiz rel'efa Kumo-Manychskoi vpadiny. *Prirodnye sistemy i resursy*. 2022. T. 12. N 2. S. 67-76.
13. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Berdengalieva A.N., Doroshenko V.V. Sputnikovyi monitoring protsessov opustynivaniya na yuge Evropeiskoi Rossii v 2019-2022 gg. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2022. T. 19. N 5. S. 319-327.
14. Doroshenko V.V., Balynova V.V. Otsenka sovremennykh protsessov opustynivaniya v Respublike Dagestan na primere lokal'nogo peschanogo massiva. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*. 2022. N 4(119). S. 24-29.
15. Gontovaya I.V., Tatarnikov V.O., Ocheretnyi M.A. Analysis of conditions for dust storm occurrence in the Astrakhan oblast in 2021. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2023. vol. 48. no. 3. pp. 280-286.
16. Ershibulov A.K. Pyl'nye buri v Prikaspiiskom regione Respubliki Kazakhstan. *Nauchnyi Al'manakh assotsiatsii France-Kazakhstan*. 2016. N 3. S. 125-135.

Сведения об авторе:

Валерия Витальевна Дорошенко

Младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)

ORCID 0000-0003-3253-1132

Valeriya Doroshenko

Junior researcher of the Laboratory of Geoinformation modeling and Mapping of agroforestry landscapes, Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (FSC of Agroecology of the RAS)

Для цитирования: Дорошенко В.В. Пыльные бури на востоке Ставропольского края в 2017-2022 гг. // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 41-48. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-41-48

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СВЯЗНОСТЬ ПОСЕЛЕНИЙ РЕГИОНОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РОССИИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ

*А.А. Чибилев (мл.)¹, Д.В. Григорьевский¹, А.А. Чибилев², *И.С. Свиридов^{1,3}

¹Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

²Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург

³Оренбургский государственный аграрный университет, Россия, Оренбург

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

Анализ пространственно-временной связности опорного каркаса расселения (ОКР) в разрезе каждого из регионов степной зоны России через оценку рассчитанного коэффициента притяжения узловых элементов к ядру.

Объектом исследования выступили 18 субъектов степного мезорегиона Российской Федерации. Рассматриваемая территория включает 641 элемент опорного каркаса расселения: 18 ядер (административные центры субъектов) и 623 узла (центры городских округов и административных районов) опорного каркаса. В качестве результирующего показателя транспортной связности предложен коэффициент притяжения узлов к ядру опорного каркаса.

Дана характеристика основных социально-экономических показателей развития рассматриваемой территории в увязке с показателями развития транспортной автомобильной сети. Предложены методические подходы к оценке пространственно-временной связности узловых элементов с ядром ОКР. Проведен картографический анализ пространственно-временной связности опорного каркаса расселения степных регионов. Выявлены территориальные различия и сформулированы предложения по оптимизации транспортной сети.

В результате оценки численности населения, проживающего в городах и центрах муниципальных образований (МО) в пространственной удаленности от центра субъекта, установлено, что на расстоянии до 100 км максимальная доля населения зафиксирована в Республике Адыгея (74 %), наименьшее значение данного показателя – в Республике Башкортостан (7 %). Наибольшая доля жителей, проживающая на расстоянии более 300 км от центра субъекта, приходится на Новосибирскую область (35 %), в Саратовской области и Краснодарском крае данный показатель составил 1 %. Значительная доля населенных пунктов, располагающихся на расстоянии до 100 км от центра субъекта, сосредоточена в Республике Адыгея (75 %). В удаленности более 300 км 44 % населенных пунктов сосредоточено в Новосибирской области, в Саратовской области и Краснодарском крае около 5 %. Отмечена заметная (коэффициент корреляции 0,5) сила связи между численностью населения, проживающего в ядре ОКР региона, и коэффициентом притяжения к нему узлов ОКР.

Ключевые слова: пространственная связность, опорный каркас расселения регионов, транспортная доступность, степная зона.

Введение

Социально-экономическая стабильность страны в целом неразрывно связана с устойчивым развитием каждого ее региона как составной части единого географического пространства. Стабильное и поступательное развитие российских областей, краев и республик должно быть нацелено на оптимальное использование их природно-ресурсного, инфраструктурного и демографического потенциалов. В этой связи особая роль отводится

рациональному использованию и совершенствованию сложившегося опорного каркаса расселения и производства как остова территориально-хозяйственной структуры [1].

Инициатива по развитию собственной территории во многом принадлежит регионам. Задача региональных и федеральных властей заключается в том, чтобы связать эти интересы и сделать их движущей силой развития. Транспортная сеть является важным связующим звеном между этими интересами, которое приносит пользу всем участникам транспортного процесса, удовлетворяет региональные и национальные потребности в грузовых и пассажирских перевозках.

Для приграничных территорий степной зоны России в условиях современных вызовов значение трансграничной сопряженности [2] и пространственно-временной связности транспортных сетей приобретает особую актуальность.

Экономико-географами выполнен ряд важных работ, посвященных развитию транспортных сетей России и ее приграничных территорий. Тархов С.А. рассмотрел теоретические аспекты развития транспортных сетей на основе топологического и морфологического анализа их пространственной структуры, выявил ключевые топологические классы конфигураций транспортных сетей, пространственные закономерности их эволюции, а также типы топологических дефектов в их структуре и пути устранения таких дефектов [3]. Бугроменко В.Н. в своих работах подробно изучил методологические и методические проблемы географии транспорта, им был предложен показатель интегральной транспортной доступности и варианты экономической оценки транспортно-географического положения отдельных объектов и районов [4]. Янковым К.В. изучены вопросы долгосрочных планов развития транспортной инфраструктуры, предложены методические подходы реализации проектов и сценариев, ориентированных на конкретные экспортные поставки [5]. Житин Д.В., Морачевская К.А. провели расчет суммарного показателя транспортной связности муниципальных образований на примере Красноярского края. В результате было выявлено, что пространственная концентрация населенных пунктов, их размерная структура на территории одного района, наличие или отсутствие транзитных транспортных коридоров являются ключевыми факторами, определяющими различия в транспортной связности на уровне муниципалитетов [6].

Лавриенко П.А. и Ромашина А.А. с соавторами оценивают транспортную доступность как возможность достижения какой-либо территории с использованием транспортной инфраструктуры всех видов. При этом транспортная доступность регионов определяется как доступность центров субъектов Российской Федерации [7].

Основная цель настоящего исследования заключалась в оценке пространственно-временной связности ОКР [8-10] в разрезе каждого из регионов степной зоны России через анализ рассчитанного коэффициента притяжения узловых элементов к ядру.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- дать характеристику основным социально-экономическим показателям развития рассматриваемой территории в увязке с показателями развития транспортной автомобильной сети;
- предложить методические подходы к оценке пространственно-временной связности узловых элементов с ядром ОКР;
- составить базу данных показателей, характеризующих транспортную удаленность (по расстоянию и времени) городов и центров муниципалитетов от административных центров регионов степной зоны;
- провести картографический анализ пространственно-временной связности ОКР степных регионов;
- выявить территориальные различия и сформулировать предложения по оптимизации действующей на рассматриваемой территории транспортной сети.

Материалы и методы

Объектом исследования выступили 18 субъектов степного мезорегиона [11] Российской Федерации, из которых 11 областей (Белгородская, Воронежская, Волгоградская, Ростовская, Оренбургская, Самарская, Саратовская, Курганская, Челябинская, Новосибирская и Омская), 4 Республики (Адыгея, Калмыкия, Крым и Башкортостан) и 3 края (Краснодарский, Ставропольский и Алтайский), общей площадью 1,6 млн км².

Рассматриваемая территория включает 641 элемент опорного каркаса расселения: 18 ядер (административные центры субъектов) и 623 узла (центры городских округов и административных районов) опорного каркаса [12-14]. Из 623 узлов ОКР 247 (почти 40 %) составляют города. Общая протяженность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с усовершенствованным твердым покрытием на территории рассматриваемого степного мезорегиона составляет более 242,9 тыс. километров.

С помощью сервисов «Яндекс Карты», «РuDороги» и данных официальных открытых статистических источников [15-16] составлена база данных, включающая показатели численности населения, расстояния (по дорогам общего пользования) и времени в пути до центра субъекта для 623 узловых элементов опорного каркаса.

В качестве результирующего показателя транспортной связности предложен коэффициент притяжения узлов к ядру опорного каркаса, который рассчитывается как отношение численности населения региона, проживающего на расстоянии, не превышающем медианное значение (табл. 2, ст. 8) расстояний всех узлов от его ядра, к численности населения, проживающего за пределами медианного значения. Значение коэффициента возрастает по мере роста концентрации населения основных элементов вблизи центра (ядра) субъекта.

Результаты и обсуждение

Численность населения (на 1.01.2021 г.) степных регионов составляет 44,3 млн чел. (около 1/3 от численности населения страны), большую часть которого (67,1 % или 29,8 млн чел.) составляет городское население. Наиболее урбанизированной является Челябинская область, где 82,7 % населения проживают в 30 городах, численность которых варьируется от 8,5 тыс. чел. (г. Миньяр) до 1,18 млн чел. (г. Челябинск). Сельское население превалирует над городским только в двух регионах степной зоны: в Республике Калмыкия (удельный вес сельского населения 53,8 %) и в Республике Адыгея (53 %). В среднем плотность населения степной зоны России составляет 27,5 чел./км². Самые густонаселенные регионы – Краснодарский край (75,3 чел./км²) и Республика Крым (72,9 чел./км²). Наименьшая плотность населения отмечена в Курганской области (11,4 чел./км²) и в Республике Калмыкия (3,6 чел./км²). В выделенных границах регионы-субъекты степной зоны располагаются в 6 федеральных округах: Центральном, Южном, Северо-Кавказском, Приволжском, Уральском и Сибирском. Всего, по состоянию на 01.01.2021 г. в регионах степной зоны насчитывается 510 муниципальных районов и 137 городских округов.

Одним из важнейших показателей социально-экономического развития регионов, в силу своей многофакторности и интегральности, является показатель объема валового регионального продукта (ВРП) на душу населения. В среднем в регионах степной зоны ВРП на душу населения составляет 420,5 тыс. руб. Наибольшие значения показателя отмечены в Белгородской (646,6 тыс. руб.) и Оренбургской (538,9 тыс. руб.) областях. Различия между регионами по уровню ВРП на душу населения существенно различны: коэффициент вариации равен 24,5 %, а коэффициент разрыва полярных значений (рассчитывается как отношение максимального значения к минимальному) составляет 2,39.

На развитие демографического и экономического потенциалов степного мезорегиона влияет степень обеспеченности территории транспортными путями. Одними из самых распространенных способов, применяющихся для ее оценки, является расчет густоты транспортной сети и индекса Энгеля–Юдзуру Като. Для расчета последнего по автомобильному виду транспорта в качестве длины путей сообщений в регионе был взят показатель протяженности автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием (табл. 1, ст. 4).

Таблица 1 – Некоторые показатели, характеризующие транспортную доступность и валовой региональный продукт регионов степной зоны РФ [15, 17]

Субъект РФ	Площадь территории, тыс. кв. км	Численность населения, тыс. человек	Протяженность автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием, км	Индекс Энгеля – Юдзуру Като	Индекс транспортной доступности	Валовой региональный продукт в 2020 г., млрд руб.
1	2	3	4	5	6	7
Белгородская область	27,1	1541,3	19719,7	96,5	0,35	999
Воронежская область	52,2	2305,6	16628,2	47,9	0,45	1064
Республика Адыгея	7,8	463,2	2386,0	39,7	0,28	143
Республика Калмыкия	74,7	270,0	2824,2	19,9	0,22	93
Республика Крым	26,1	1901,5	8825,8	39,6	0,35	516
Краснодарский край	75,5	5683,9	23168,6	35,4	0,45	2617
Волгоградская область	112,9	2474,6	15235,7	28,8	0,36	979
Ростовская область	101,0	4181,5	21328,6	32,8	0,42	1692
Ставропольский край	66,2	2792,8	12778,2	29,7	0,33	863
Республика Башкортостан	142,9	4013,8	20449,8	27,0	0,41	1712
Оренбургская область	123,7	1942,9	9513,4	19,4	0,32	1051
Самарская область	53,6	3154,2	15007,0	36,5	0,40	1599
Саратовская область	101,2	2395,1	13620,3	27,7	0,38	863
Курганская область	71,5	818,6	8664,4	35,8	0,28	242
Челябинская область	88,5	3442,8	13854,5	25,1	0,39	1615
Алтайский край	168,0	2296,4	17255,2	27,8	0,28	672
Новосибирская область	177,8	2785,8	9149,2	13,0	0,33	1357
Омская область	141,1	1903,7	12519,2	24,2	0,27	763

По данным таблицы 1 наблюдается высокая сила связи между показателями: численности населения и ВРП (коэффициент корреляции 0,95); ВРП и протяженностью автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием (коэффициент корреляции 0,8) (рис. 1, 2).

В регионах степной зоны более 31 млн человек (около 73 % всего населения) проживают в центрах субъектов, в городах и административных центрах муниципальных образований, которые связаны между собой как ядра и узлы опорного каркаса основными транспортными артериями. Рассматривая транспортную связность как систему

пространственных отношений между отдельными регионами, узлами и точками [18], дадим характеристику удаленности (расстояние и время) городов и административных центров МО от административных центров субъектов степной зоны (табл. 2).

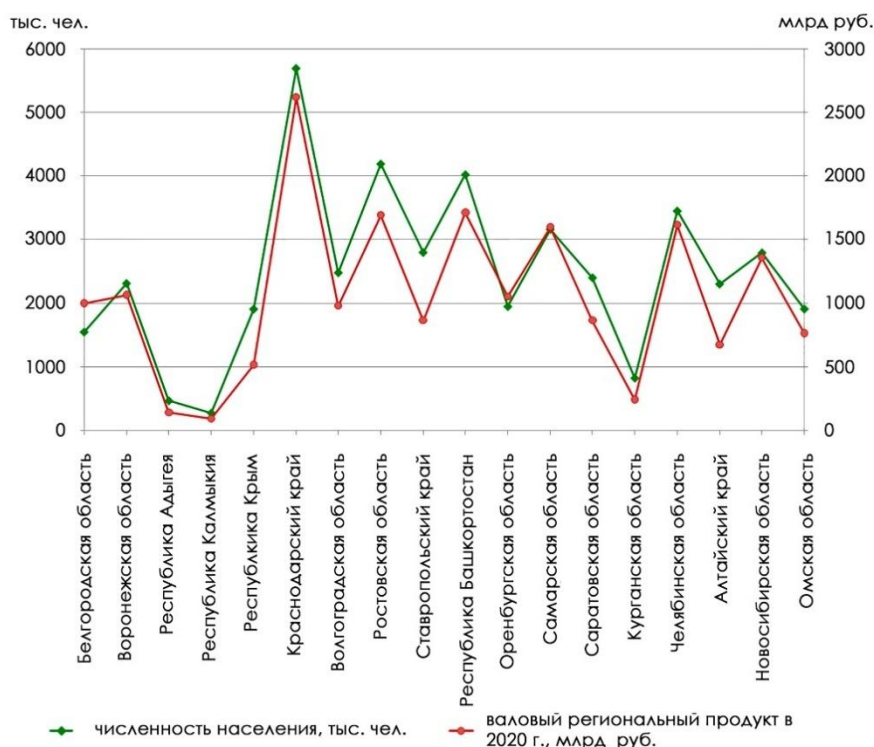


Рисунок 1 – Диаграммы корреляционной зависимости численности населения и ВРП

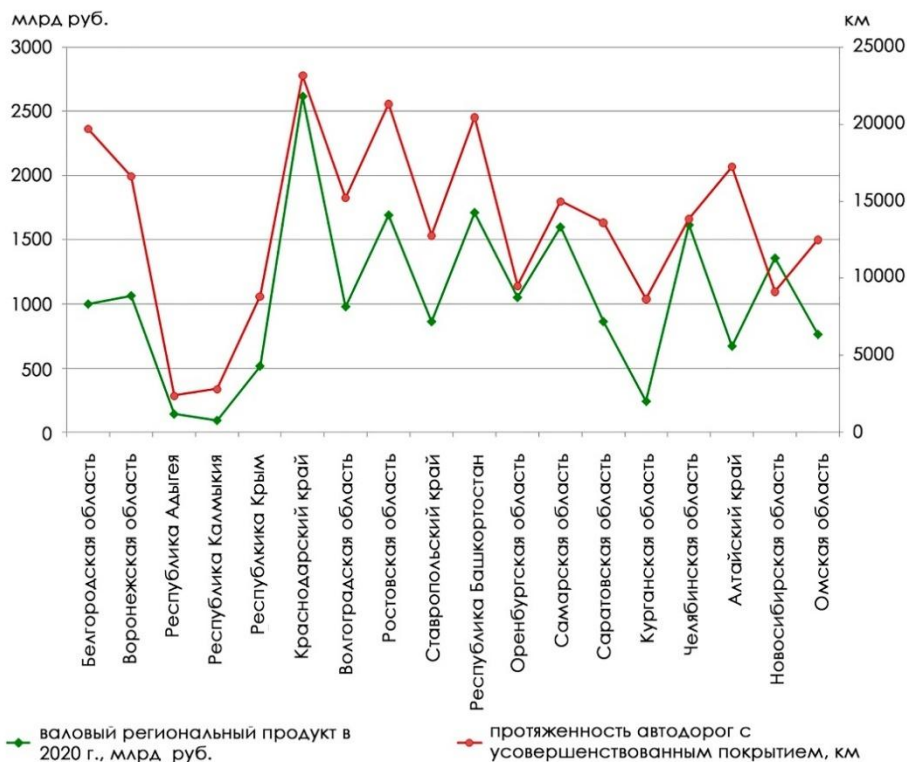


Рисунок 2 – Диаграммы корреляционной зависимости ВРП и протяженности автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием (в 2021 году)

Таблица 2 – Основные характеристики транспортной удаленности узловых элементов от ядер опорного каркаса

Субъект РФ	Количество городов и административных центров МО		Доля численности населения, проживающего в городах и административных центрах МО	Средняя пространственно-временная удаленность городов и административных центров МО от центра субъекта		Расстояние до наиболее удаленного административного центра от центра субъекта, км	Медиана удаленности городов и административных центров МО от центра субъекта, км	Доля населения, проживающего в городах и административных центрах МО, на расстоянии, не превышающем медианное значение, %	Доля населения, проживающего в городах и административных центрах МО, на расстоянии, превышающем медианное значение, %	Коэффициент притяжения узлов к ядру опорного каркаса
	города	СНП		расстояние, км	время, мин					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Белгородская область	22 11	11	62,2	104	88	230	110	27	73	0,4
Воронежская область	34 15	19	63,4	149	113	300	160	48	52	0,9
Республика Адыгея	9 2	7	47,9	69	61	120	69	54	46	1,2
Республика Калмыкия	14 3	11	67,5	178	133	310	200	49	51	1
Республика Крым	24 16	8	53,2	104	99	200	110	52	48	1,1
Краснодарский край	45 26	19	58,8	163	163	340	155	44	56	0,8
Волгоградская область	36 17	19	77,0	199	166	400	190	78	22	3,5
Ростовская область	54 23	31	73,2	179	144	410	160	71	29	2,4
Ставропольский край	33 19	14	59,9	164	139	310	180	43	57	0,8
Респ. Башкортостан	61 21	40	67,4	200	162	520	195	60	40	1,5
Оренбургская область	39 12	27	69,3	244	186	500	245	37	63	0,6
Самарская область	32 11	21	82,1	163	163	210	120	75	25	3,1
Саратовская область	41 18	23	72,8	167	137	350	155	49	51	1
Курганская область	25 9	16	65,5	129	107	220	135	33	67	0,5
Челябинская область	42 30	12	84,7	180	142	400	165	56	44	1,3
Алтайский край	64 12	52	66,3	243	189	490	240	61	39	1,6
Новосибирская обл.	33 14	19	76,8	253	203	570	210	63	37	1,7
Омская обл.	33 6	27	73,3	176	152	480	145	48	52	0,9

Наибольшие значения удаленности, как по расстоянию, так и по времени, отмечены в самых больших по площади регионах (Новосибирская область и Алтайский край). Однако, большая площадь – фактор основной, но не единственный, так, например, в Республике Башкортостан (3-й по площади регион) средние значения расстояния и времени между узлами и ядром каркаса меньше, чем в Оренбургской области, и немногим больше аналогичных показателей в регионах с площадью в 2 раза меньше (Челябинская область и Республика Калмыкия). Это обусловлено «вытянутостью» территорий (Оренбургская область – субширотно. Челябинская область – субмеридионально) и слабой развитостью дорожной сети (плотность автомобильных дорог с твердым покрытием в Республике Калмыкия 51 км/тыс. км², в Республике Башкортостан – 314 км/тыс. км²).

Визуализация пространственно-временной доступности ядер для населения узловых элементов опорного каркаса регионов степной зоны отражена на картосхеме (рис. 3).

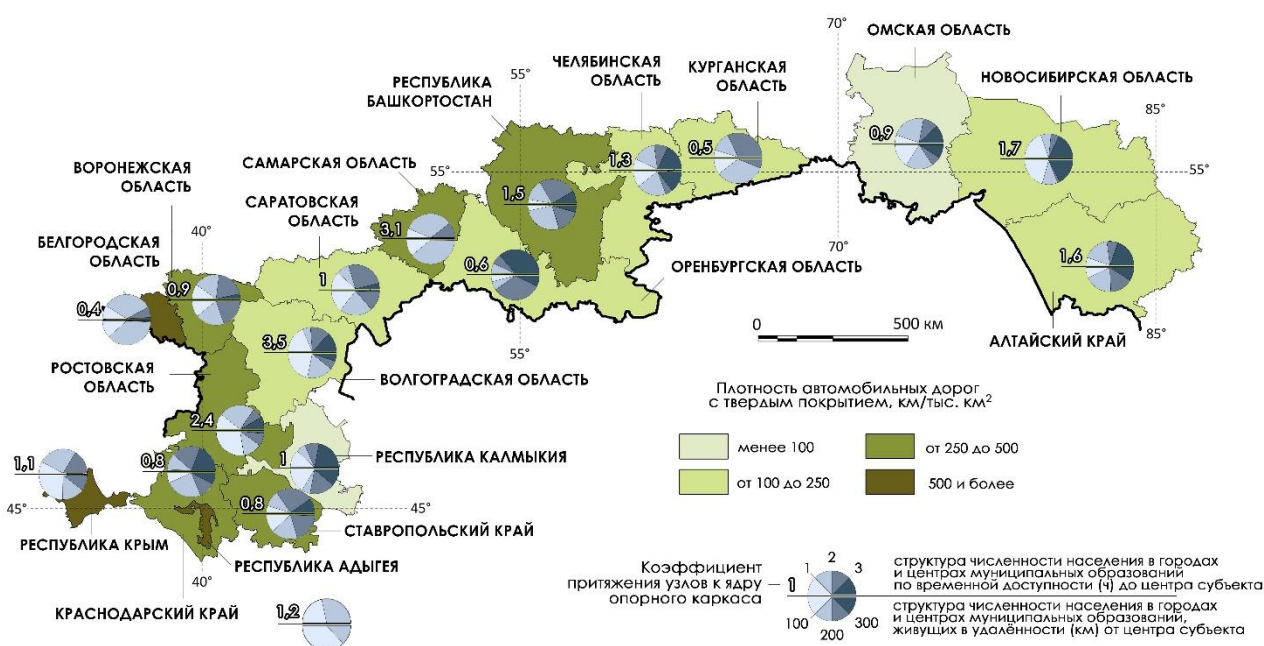


Рисунок 3 – Картосхема плотности автомобильных дорог с твердым покрытием и пространственно-временной доступности центров субъектов степной зоны РФ для населения городов и административных центров муниципальных образований

Плотность автомобильных дорог варьируется от 51 км/тыс. км² в Республике Калмыкия до 738 км/тыс. км² в Белгородской области, и имеет обратную корреляцию с площадью региона (-0,7, по шкале Чеддока, связь характеризуется как высокая). Анализ распределения коэффициентов притяжения узлов к ядру опорного каркаса в регионах степной зоны России демонстрирует, что максимальной концентрацией населения вблизи центров субъектов обладают Волгоградская (3,5) и Самарская (3,1) области. В Белгородской и Курганской областях напротив, у центров субъектов проживают только 1/3 населения. Оптимальный, с точки зрения равномерного пространственного распределения населения, коэффициент отмечен в Саратовской области и Республике Калмыкия.

Для наглядного представления интегральной пространственно-временной доступности центров субъектов степной зоны РФ для населения городов и административных центров муниципальных образований построена диаграмма (рис. 4).

Построенная для регионов степной зоны России диаграмма демонстрирует, что большинство (68 %) населения городов и административных центров проживает в 200 км доступности к центру их субъекта. В среднем, менее чем за 2 часа до центра региона может добраться 47 % населения городов и центров его административных районов.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

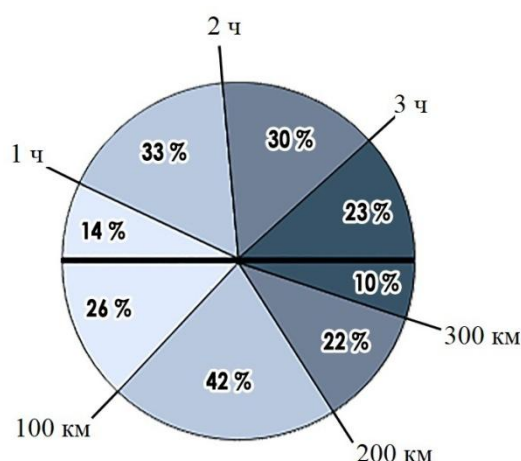


Рисунок 4 – Диаграмма пространственно-временной доступности, отражающая долю численности населения от общей численности населения городов и административных центров муниципальных образований

В ходе анализа данных временной доступности установлено, что среди исследуемых регионов максимальная доля численности населения в городах и центрах муниципальных образований, расположенных от центра субъекта в пределах 1 часа езды, отмечается в Республике Адыгея (43 %) и Новосибирской области (40 %), минимальные значения – в Оренбургской области и Республике Башкортостан (1 % и 5 % соответственно). Наибольшая доля населения, проживающая в удаленности более 3-х часов, наблюдается в Оренбургской области (73 %) и Республике Калмыкия (44 %), наименьшая – в Белгородской (2 %) и Самарской (1 %) областях. Если рассматривать долю населенных пунктов в 2-х часовой доступности, то наибольшие значения отмечены в Республике Адыгея (43 %) и Белгородской области (28 %), наименьшие – в Краснодарском крае (2 %) и Оренбургской области (3 %). В 3-х часовой доступности около 50 % населенных пунктов сосредоточены в Алтайском крае и Оренбургской области, в Самарской и Белгородской областях этот показатель составляет 3 % и 5 % соответственно.

Выводы

В результате оценки численности населения, проживающего в городах и центрах муниципальных образований в пространственной удаленности от центра субъекта, установлено, что на расстоянии до 100 км максимальная доля населения зафиксирована в Республике Адыгея (74 %) и Ростовской области (55 %), наименьшее значение данного показателя – в Республике Башкортостан (7 %) и Оренбургской области (8 %). Наибольшая доля жителей, проживающая на расстоянии более 300 км от центра субъекта, приходится на Новосибирскую (35 %) и Челябинскую (29 %) области, наименьшая – на Саратовскую область (1 %) и Краснодарский край (1 %). Значительная доля населенных пунктов, располагающихся на расстоянии до 100 км от центра субъекта сосредоточена в Республике Адыгея (75 %) и Белгородской области (48 %). В удаленности более 300 км 44 % населенных пунктов сосредоточено в Новосибирской области и 32 % в Алтайском крае, а в Саратовской области и Краснодарском крае около 5 %.

Отмечена заметная (коэффициент корреляции 0,5) сила связи между численностью населения, проживающего в ядре ОКР региона, и коэффициентом притяжения к нему узлов ОКР (табл. 2, ст. 11; рис. 5).

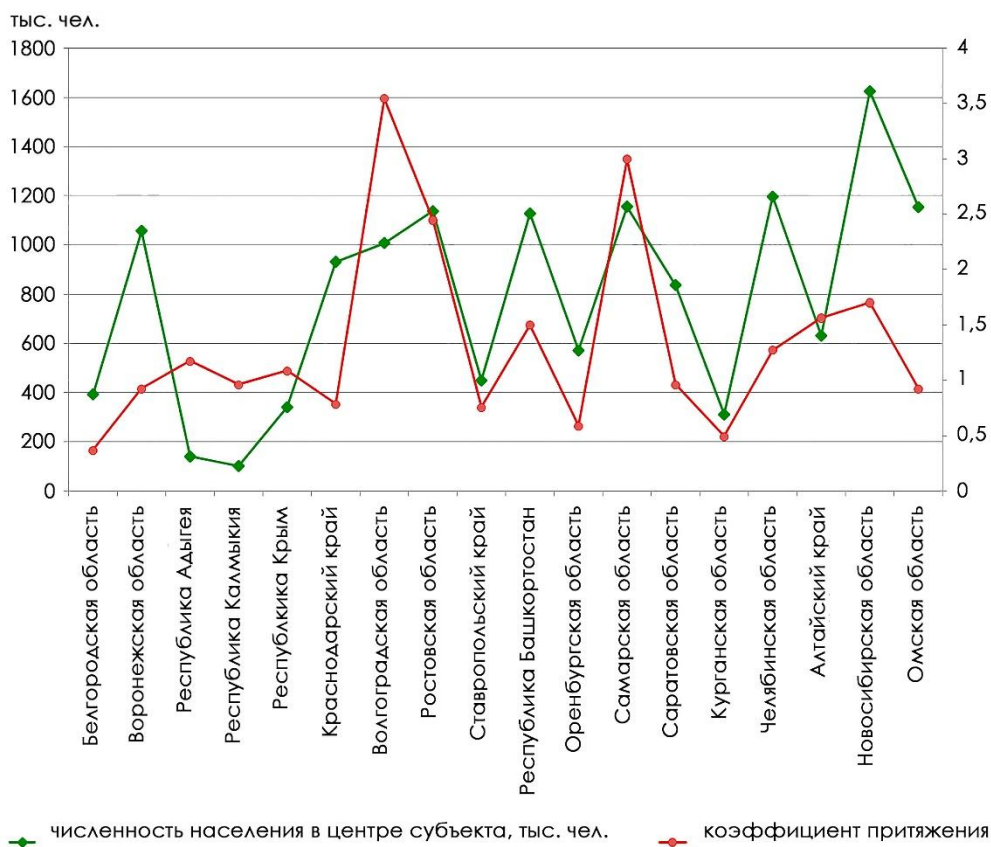


Рисунок 5 – Диаграммы корреляционной зависимости между численностью населения, проживающего в ядре ОКР региона, и коэффициентом притяжения к нему узлов ОКР (в 2021 г.)

Сеть автомобильных дорог имеет большое значение в экономическом развитии рассматриваемой территории, в котором ключевую роль играют автомобильные дороги общего пользования регионального и межмуниципального значения. От стабильного функционирования транспортной сети во многом зависит эффективность использования территориального социально-экономического потенциала степных регионов.

Для оптимизации пространственно-временной связности опорного каркаса расселения регионов степной зоны в условиях современных вызовов можно предложить следующие мероприятия по совершенствованию опорной транспортной сети, направленные на:

- строительство и реконструкцию транспортных магистралей, искусственных сооружений и развязок различного уровня, обеспечивающих увеличение пропускной и несущей способностей автомобильных дорог, а также их перевод в более высокую категорию;
- сохранение и расширение автомобильных дорог общего пользования регионального и межмуниципального значения с учетом формирования инфраструктуры транспорта, соответствующей социально-экономическим потребностям региона;
- обеспечение связей населенных пунктов с опорной транспортной сетью, в частности, должно предусматриваться формирование сети автомагистралей и скоростных дорог по направлениям международных транспортных коридоров;
- развитие внутрирайонной маршрутной автобусной сети, а также организацию новых автобусных маршрутов во внутриобластном и внеобластном сообщениях;
- конвергентное развитие транспортных коридоров с природно-экологическим каркасом, подразумевающее симметричное рациональное использование элементов

социально-экономического, транспортного, градо-экологического и природоохранного потенциалов [19].

Предложенные в исследовании методические подходы к оценке пространственно-временной связности территории и рассчитанный коэффициент притяжения узлов ОКР к его ядру могут служить инструментарием для усовершенствования существующей системы автомобильного транспорта в степном мезорегионе. При проведении исследований, направленных на оптимизацию административно-территориального устройства, результаты настоящего исследования могут быть полезными для выявления так называемых лакун или маргинальных (периферийных) территорий, узловые элементы опорного каркаса которых имеют слабые индексы притяжения к ядру, а, возможно, географически тяготеют к ядру, административно находящемуся в другом субъекте РФ.

Вместе с тем, для такой обширной и вытянутой в широтном отношении территории как степная зона всегда будет оставаться важным решение вопросов оптимизации транспортного сообщения (автомобильного, железнодорожного, авиационного). Проблемы, связанные с низкой плотностью экономического пространства, требуют более тщательного изучения факторов, определяющих пространственную концентрацию узловых элементов опорного каркаса расселения, наряду с проблемами нехватки (либо вовсе отсутствия) транзитных транспортных коридоров. Благодаря фактору трансграничности степного пространства и статусу «приграничные» почти для всех степных субъектов РФ в условиях современных вызовов актуальность затронутых в исследовании вопросов со временем будет только возрастать.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Мелешкину Д.С. за помощь в подготовке данной статьи.

Исследование выполнено по теме государственного задания Института степи УрО РАН АААА-А21-121011190016-1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем».

Список литературы

1. Шарыгин М.Д., Назаров Н.Н., Субботина Т.В. Опорный каркас устойчивого развития региона (теоретический аспект) // Географический вестник. 2005. № 1. С. 15-22.
2. Бакланов П.Я., Романов М.Т., Каракин В.П., Егидарев Е.Г., Ланкин А.С., Ушаков Е.А. Сопряжения транспортных сетей Тихоокеанской России и сопредельных стран // Известия РАН. Серия географическая. 2020. Т. 84. № 2. С. 167-178. DOI: 10.31857/S258755662002003X
3. Тархов С.А. Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск; М.: Универсум, 2005. 382 с.
4. Бугроменко В.Н. Транспорт в территориальных системах. М.: Наука, 1987. 112 с.
5. Янков К.В. Проблемы долгосрочного планирования развития опорной транспортной сети Дальнего Востока и Байкальского региона // Проблемы прогнозирования. 2013. № 6. С. 139-143.
6. Житин Д.В., Морачевская К.А. Оценка внутренней транспортной связности муниципальных образований Красноярского края // География и природные ресурсы. 2021. Т. 42. № 3. С. 148-159. DOI: 10.15372/GIPR20210316

7. Лавриненко П.А., Ромашина А.А., Степанов П.С., Чистяков П.А. Транспортная доступность территории как индикатор развития региона // Проблемы прогнозирования. 2019. № 6. С. 136-146.
8. Баранский Н.Н. Об экономико-географическом изучении городов // Экономическая география. Экономическая картография. М.: Географгиз, 1956. 168 с.
9. Хорев Б.С. Проблемы городов (Экономико-географическое исследование городского расселения в СССР). М.: Мысль, 1971. 413 с.
10. Лаппо Г.М. Концепция опорного каркаса территориальной структуры народного хозяйства: развитие, теоретическое и практическое значение // Известия АН СССР. Серия географическая. 1983. № 5. С. 16-28.
11. Чибилев А.А. (мл.) Административно-территориальная характеристика степной зоны РФ // Степи Северной Евразии: Материалы VII междунар. симпоз. Оренбург, 2015. С. 920-924.
12. Чибилев А.А. (мл.), Мелешкин Д.С., Григорьевский Д.В. Пространственная оценка социально-экономического каркаса степных регионов России // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 3. С. 53-65. DOI: 10.18470/19921098202035365.
13. Чибилев А.А. (мл.) Оценка современного состояния социально-экономического каркаса степных регионов европейской части России // Географические исследования Сибири и сопредельных территорий: Материалы Междунар. геогр. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения академика Владимира Васильевича Воробьева (Иркутск, 21-25 окт. 2019 г.). Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2019. С. 234-237.
14. Чибилев А.А. (мл.) Особенности и динамика процессов развития урбанизированного каркаса регионов степной зоны европейской части России // Успехи современного естествознания. 2017. № 11. С. 146-152.
15. Регионы России. Социально-экономические показатели. М.: Росстат., 2021. 1112 с.
16. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/prot-avtodorobsch.xls> (дата обращения: 13.02.2023).
17. Лавриненко П.А., Ромашина А.А., Степанов П.С., Чистяков П.А. Транспортная доступность территории как индикатор развития региона // Проблемы прогнозирования. 2019. № 6. С. 136-146.
18. Тархов С.А. Изменение авиатранспортной связности городов России в 1990-2015 гг. // Известия РАН. Серия географическая. 2018. № 2. С. 5-26. DOI: 10.7868/S2587556618020024.
19. Чибилев А.А. (мл.), Чибилев А.А. Современное состояние и проблемы модернизации природно-экологического каркаса регионов степной зоны Европейской России // Юг России: экология, развитие. 2019. № 1. С. 117-125. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-117-125.

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

Поступила в редакцию 11.08.2023
Принята к публикации 11.09.2023

SPATIAL CONNECTIVITY OF SETTLEMENTS OF THE REGIONS OF THE STEPPE ZONE OF RUSSIA IN THE CONTEXT OF MODERN CHALLENGES

*A. Chibilev (jr.)¹, D. Grigorevsky¹, A. Chibilev², *I. Sviridov^{1,3}

¹Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg

²Orenburg State University, Russia, Orenburg

³Orenburg State Agrarian University, Russia, Orenburg

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

The spatial-temporal connectivity of the bearing framework of the settlement (BFS) in the context of each regions of the steppe zone in Russia was analyzed through the evaluation of the calculated coefficient of attraction of nodal elements to the core.

The object of the study was 18 subjects of the steppe mesoregion of the Russian Federation. The territory includes 641 elements of the bearing framework of the settlement: 18 cores (administrative centers of subjects) and 623 nodes (centers of urban districts and administrative districts) of the bearing framework. The coefficient of attraction of nodes to the core of the bearing framework is proposed as the resulting indicator of transport connectivity.

The characteristics of the main socio-economic indicators of the development of the territory are given together with the indicators of the development of the transport motor network. Methodological approaches to assessing the spatial-temporal connectivity of nodal elements with the core of the region's bearing framework are proposed. A cartographic analysis of the spatial-temporal connectivity of the bearing framework of the settlement in steppe regions has been carried out. Territorial differences are identified and proposals for optimizing the transport network are formulated.

As a result of the assessment of the population living in cities and centers of municipalities (MS) in spatial remoteness from the center of the subject, it was found that at a distance of up to 100 km, the maximum share of the population is recorded in the Republic of Adygea (74 %), the lowest value of this indicator is in the Republic of Bashkortostan (7 %). The largest share of residents living at a distance of more than 300 km from the center of the subject is in the Novosibirsk region (35 %), in the Saratov region and the Krasnodar Territory this indicator was 1 %. A significant proportion of settlements located at a distance of up to 100 km from the center of the subject is concentrated in the Republic of Adygea (75 %). At a distance of more than 300 km, 44 % of settlements are concentrated in the Novosibirsk region, in the Saratov region and the Krasnodar Territory about 5 %. There is noticeable (correlation coefficient 0.5) strength of the relationship between the population living in the core of the bearing framework of the region and the coefficient of attraction of the nodes to it.

Key words: Spatial connectivity, bearing framework, regional settlements, transport accessibility, steppe zone.

References

1. Sharygin M.D., Nazarov N.N., Subbotina T.V. Opornyi karkas ustoichivogo razvitiya regiona (teoreticheskii aspekt). Geograficheskii vestnik. 2005. N 1. S. 15-22.
2. Baklanov P.Ya., Romanov M.T., Karakin V.P., Egidarev E.G., Lankin A.S., Ushakov E.A. Sopryazheniya transportnykh setei Tikhoookeanskoi Rossii i sopredel'nykh stran. Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2020. T. 84. N 2. S. 167-178. DOI: 10.31857/S258755662002003X
3. Tarkhov S.A. Evolyutsionnaya morfologiya transportnykh setei. Smolensk; M.: Universum, 2005. 382 s.
4. Bugromenko V.N. Transport v territorial'nykh sistemakh. M.: Nauka, 1987. 112 s.

5. Yankov K.V. Problemy dolgosrochnogo planirovaniya razvitiya opornoj transportnoj seti Dal'nego Vostoka i Baikal'skogo regiona. Problemy prognozirovaniya. 2013. N 6. S. 139-143.
6. Zhitin D.V., Morachevskaya K.A. Otsenka vnutrennei transportnoj svyaznosti munitsipal'nykh obrazovaniy Krasnoyarskogo kraja. Geografiya i prirodnye resursy. 2021. T. 42. N 3. S. 148-159. DOI: 10.15372/GIPR20210316
7. Lavrinenko P.A., Romashina A.A., Stepanov P.S., Chistyakov P.A. Transportnaya dostupnost' territorii kak indikator razvitiya regiona. Problemy prognozirovaniya. 2019. N 6. S. 136-146.
8. Baranskii N.N. Ob ekonomiko-geograficheskom izuchenii gorodov. Ekonomicheskaya geografiya. Ekonomicheskaya kartografiya. M.: Geografiz, 1956. 168 s.
9. Khorev B.S. Problemy gorodov (Ekonomiko-geograficheskoe issledovanie gorodskogo rasseleniya v SSSR). M.: Mysl', 1971. 413 s.
10. Lappo G.M. Kontsepsiya opornogo karkasa territorial'noi struktury narodnogo khozyaistva: razvitie, teoreticheskoe i prakticheskoe znachenie. Izvestiya AN SSSR. Seriya geograficheskaya. 1983. N 5. S. 16-28.
11. Chibilev A.A. (ml.) Administrativno-territorial'naya kharakteristika stepnoi zony RF. Stepi Severnoi Evrazii: Materialy VII mezhdunar. simpoz. Orenburg, 2015. S. 920-924.
12. Chibilev A.A. (ml.), Meleshkin D.S., Grigorevskii D.V. Prostranstvennaya otsenka sotsial'no-ekonomicheskogo karkasa stepnykh regionov Rossii. Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2020. T. 15. N 3. S. 53-65. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-3-53-65.
13. Chibilev A.A. (ml.) Otsenka sovremennogo sostoyaniya sotsial'no-ekonomicheskogo karkasa stepnykh regionov evropeiskoi chasti Rossii. Geograficheskie issledovaniya Sibiri i sopredel'nykh territorii: Materialy Mezhdunar. geogr. konf., posvyashch. 90-letiyu so dnya rozhdeniya akademika Vladimira Vasil'evicha Vorob'eva (Irkutsk, 21-25 okt. 2019 g.). Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2019. S. 234-237.
14. Chibilev A.A. (ml.) Osobennosti i dinamika protsessov razvitiya urbanizirovannogo karkasa regionov stepnoi zony evropeiskoi chasti Rossii. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. N 11. S. 146-152.
15. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli. M.: Rosstat., 2021. 1112 s.
16. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/prot-avtodorobsch.xls> (data obrashcheniya: 13.02.2023).
17. Lavrinenko P.A., Romashina A.A., Stepanov P.S., Chistyakov P.A. Transportnaya dostupnost' territorii kak indikator razvitiya regiona. Problemy prognozirovaniya. 2019. N 6. S. 36-146.
18. Tarkhov S.A. Izmenenie aviatransportnoj svyaznosti gorodov Rossii v 1990-2015 gg. Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2018. N 2. S. 5-26. DOI: 10.7868/S2587556618020024.
19. Chibilev A.A. (ml.), Chibilev A.A. Sovremennoe sostoyanie i problemy modernizatsii prirodno-ekologicheskogo karkasa regionov stepnoi zony Evropeiskoi Rossii. Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2019. N 1. S. 117-125. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-117-125.

Сведения об авторах:

Александр Александрович Чибилев (мл.)

К.э.н., ведущий научный сотрудник, заведующий отделом социально-экономической географии, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0003-1109-6231

Alexander Chibilyov (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

Дмитрий Владимирович Григоревский

Научный сотрудник отдела социально-экономической географии, Институт степи
УрО РАН

ORCID 0000-0003-2354-3035

Dmitry Grigorevsky

Researcher of the Department of Socioeconomic Geography, Institute of Steppe of the Ural
Branch of the Russian Academy of Sciences

Александр Александрович Чибилев

Студент, Оренбургский государственный университет

ORCID 0000-0002-4487-6034

Alexander Chibilyov

Student, Orenburg State University

Иван Сергеевич Свиридов

Инженер, сотрудник отдела социально-экономической географии, Институт степи
УрО РАН

ORCID 0009-0002-7618-7265

Ivan Sviridov

Engineer, Employee of the Department of Socioeconomic Geography, Institute of Steppe of
the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Чибилев А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Чибилев А.А.,
Свиридов И.С. Пространственная связность поселений регионов степной зоны России в
условиях современных вызовов // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 49-62. DOI:
10.24412/2712-8628-2023-3-49-62

РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В АСТРАХАНСКОМ ПРИРОДНОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

А.Н. Бармин, Д.Ю. Беляев, К.В. Дедов, *М.В. Валов, Е.А. Бармина
 ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева», Россия,
 Астрахань
 e-mail: *m.v.valov@mail.ru

В работе показаны особенности проведения экотуристической деятельности в пределах Астраханской области, в частности, на территории Астраханского биосферного заповедника. Кроме этого, изучены особенности инфраструктуры заповедника и произведена оценка внебюджетной деятельности, связанной с проведением экотуризма. Представлены действующие экологические маршруты, а также приведен анализ их посещаемости и полученной заповедником прибыли.

Ключевые слова: заповедник, Астраханская область, экотуризм, экологические маршруты.

Введение

Россия является одной из ведущих стран в мире по развитию и укреплению сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Согласно данным Росстата (2022) [1], из 300 объектов ООПТ федерального назначения – 107 заповедников. Основной задачей заповедников является защита редких видов животных, растений и ландшафтов, представляющих собой природную, физико-географическую, а также культурно-историческую ценность. К функциям заповедников также относится проведение:

- 1) научных исследований;
- 2) экологического мониторинга;
- 3) экологического просвещения.

Согласно данным ФГБУ «Росзаповедцентр», в 2022 году количество посетителей заповедников и национальных парков в России составило свыше 13 млн 975 тыс. человек, что на 39,75 % выше аналогичного показателя за 2021 год [2]. Это может быть связано с определенными политическими затруднениями выезда за границу и по ряду других причин. Неоднозначен и сам вывод о том, является ли прирост численности туристов положительным эффектом для экотуристических объектов, ведь данные территории являются чувствительными к любым изменениям, связанным с ростом антропогенной нагрузки. В целях обеспечения заповедников дополнительным внебюджетным финансированием, а также формирования у населения бережного отношения к природе, на территории заповедников законодательно разрешен особый вид туризма – экотуризм [3, 4, 5]. Вырученные за счет экотуризма средства могут быть задействованы в развитии инфраструктуры той или иной ООПТ. Однако, именно растущий спрос на услуги экотуризма приводит к выводу о необходимости улучшения и развития технологий и инфраструктуры заповедников с параллельным обеспечением необходимых мер по защите и охране экосистем охраняемых территорий [6, 7].

Материалы и методы

В работе показаны особенности проведения экотуристической деятельности в пределах Астраханской области, в частности, на территории Астраханского биосферного

заповедника. Кроме этого, изучены особенности инфраструктуры заповедника и произведена оценка внебюджетной деятельности, связанной с проведением экотуризма. Представлены действующие экологические маршруты, а также приведен анализ их посещаемости и полученной заповедником прибыли.

При проведении исследований на всех этапах использовались системный, сравнительно-географический, картографический, экспертный и статистические методы.

Статистические данные любезно предоставлены администрациями Богдинско-Баскунчакского и Астраханского биосферного заповедников.

Результаты и обсуждение

Динамика среднегодового количества посетителей заповедников Астраханской области показывает, что по мере улучшения инфраструктуры и создания удобств для посетителей (в меру доступности для данного типа ООПТ), посещаемость изучаемых территорий продолжает неуклонно расти. По данным Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области, среднегодовое количество посетителей заповедников за период 2003-2016 гг. составило 7514 человек, а за период 2016-2022 гг. данный показатель значительно вырос и в среднем составляет 15000 человек, превышая предыдущую отметку почти в два раза. Более 80 % туристов приходится на территорию Богдинско-Баскунчакского природного заповедника, по которому был ранее проведен анализ и результаты опубликованы [6, 8] (рис. 1), остальные 20 % приходятся на территорию Астраханского государственного заповедника. Ниже представлена гистограмма, отображающая среднегодовое количество посетителей Астраханского биосферного заповедника (рис. 2).

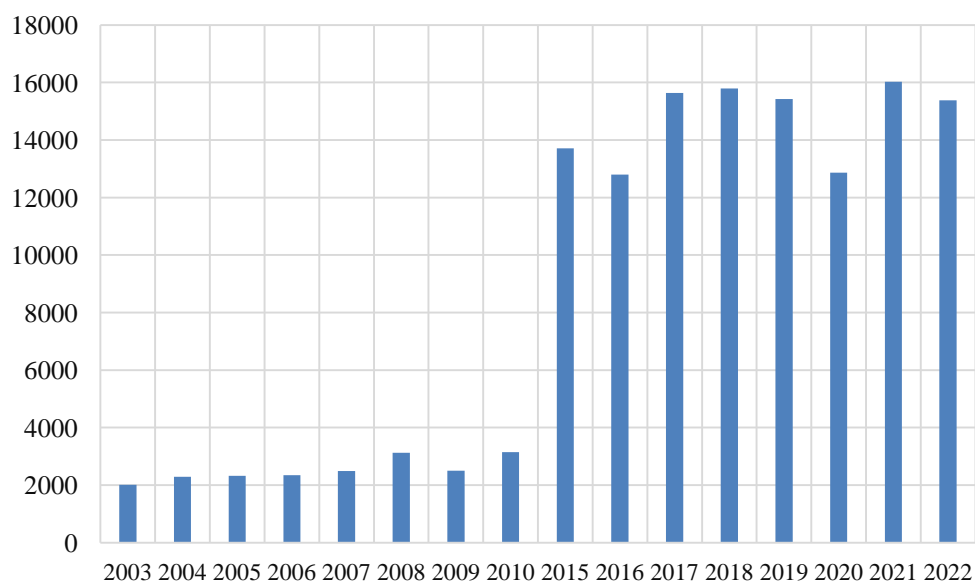


Рисунок 1 – Количество посетителей Богдинско-Баскунчакского заповедника (составлено авторами)

Меньшее количество посетителей в Астраханском государственном заповеднике связано с тем, что туристические услуги оказываются только на одном из участков заповедника (Дамчикский), который имеет ряд неудобств для посещения (пограничная зона, удаленность от города, грунтовое дорожное покрытие и т.д.).

Астраханский государственный природный биосферный заповедник образован в 1919 г. (площадь 66 820 га).

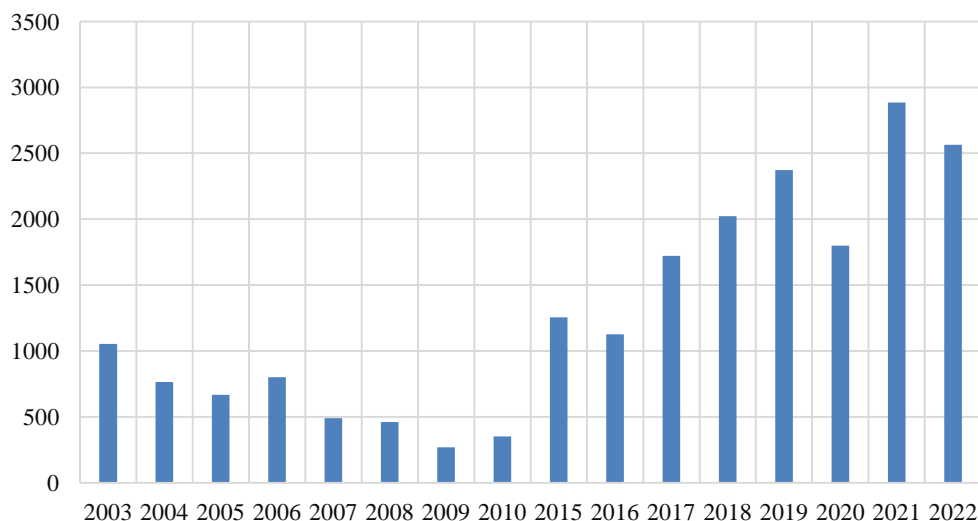


Рисунок 2 – Количество посетителей Астраханского биосферного заповедника (составлено авторами)

Три участка заповедника (Дамчикский, Трехизбинский и Обжоровский) (рис. 3) находятся в приморской части дельты Волги и включают в себя наиболее характерные для нее ландшафты [7, 8].

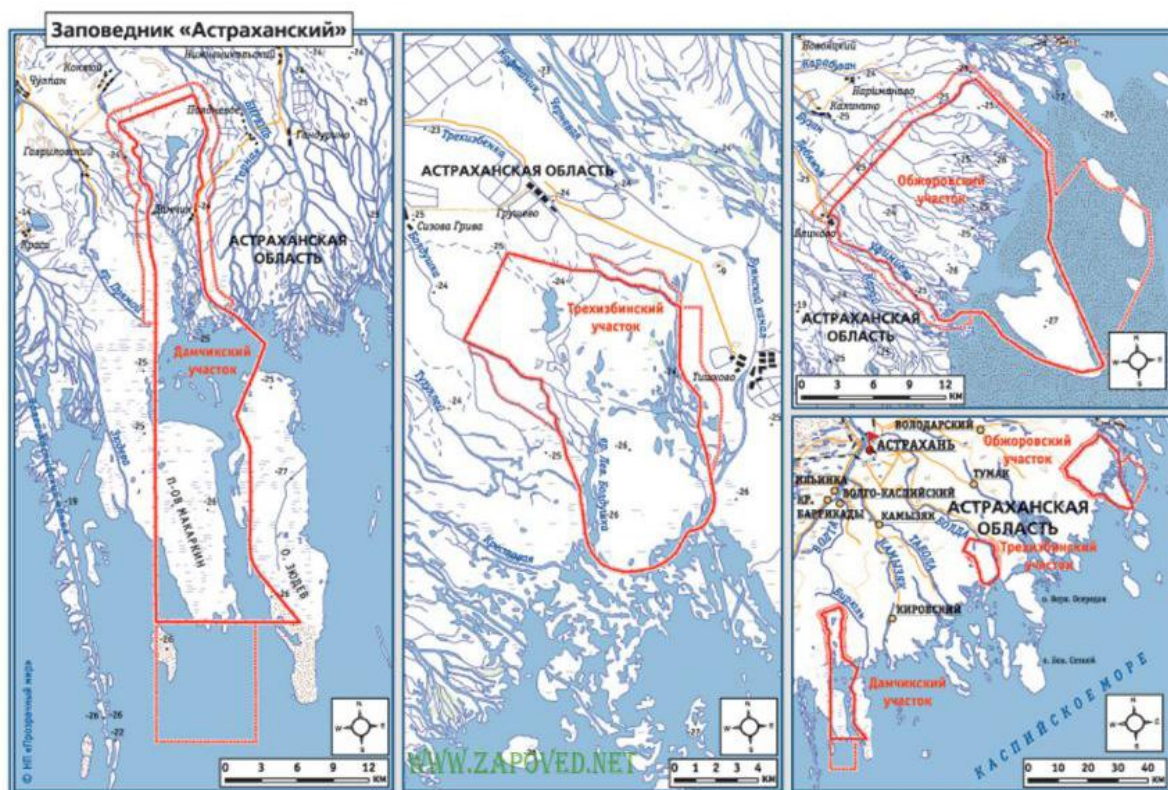


Рисунок 3 – Участки Астраханского биосферного заповедника

Заповедник известен в первую очередь тем, что является местом сезонных миграций птиц. Всего в заповеднике обитает 307 видов птиц (водно-болотные и лесные), занесенных в Красную книгу России, Астраханской области и Международную Красную книгу [9, 10, 11]. К ним относятся: белые журавли – стерхи, кудрявые пеликаны, малые бакланы, колпицы и другие редкие птицы.

В 2022 г. в Астраханском биосферном заповеднике действовали девять разработанных экологических туров и маршрутов: экологическая тропа «Обретенная дельта», фото-тур, квест-тур, орнитологический тур, маршрут «Волго-Каспийские просторы», арт-тур в Астраханском заповеднике, пешая экскурсия в охранную зону заповедника, пешая экскурсия по заповедному кордону, экскурсия «Где Волга с Каспием встречается» [15].

Перечень туристических маршрутов, их стоимость, продолжительность и протяженность указаны в таблице (табл. 1).

Таблица 1 – Стоимость услуг заповедника в 2022 году (цены включают проезд на территорию заповедника, а также проживание)

№	Наименование экотуристических маршрутов/услуг	Цена в 2022 году, руб.	Общая протяженность маршрута / продолжительность
1	«Обретенная дельта»	2 600	14 км / 2 часа
2	Фото-тур	24 000	27 км / 4 дня
3	Квест-тур	2 900	14 км / 5 часов
4	Орнитологический тур	28 000	30 км / 4 дня
5	«Волго-Каспийские просторы»	14 300	143 км / 7 часов
6	Арт-тур	3 100	14 км / 2 дня
7	Экскурсия в охранную зону	600	5 км / 2 часа
8	Заповедный кордон	600	2 км / 2 часа
9	«Где Волга с Каспием встречается»	7100	30 км / 3 часа

Как видно, наиболее дорогими турами являются – «Орнитологический» и «Фото-тур». Они же являются и самыми продолжительными. Наибольший путь у маршрута «Волго-Каспийские просторы» – 143 км.

Наиболее востребованными у туристов являются экскурсии № 1 («Обретенная дельта») и № 9 («Где Волга с Каспием встречается») – их выбирает большее количество посетителей заповедника. Рассмотрим более подробно основные точки обзора на этих двух маршрутах.

Экскурсионный маршрут № 1 – «Обретенная дельта»: кордон Дамчикский и проток реки «Быстрая»; Галерейные ивовые леса; Посещение смотровой вышки в авандельте. Туристическая карта маршрута представлена на рисунке 4 [12].

Экскурсионный маршрут № 9 – «Где Волга с Каспием встречается»: Центральный кордон Дамчикского участка; проток реки «Быстрая»; Галерейные ивово-ясеновые леса; Заросли рогоза, цицании и лотоса; Култучная зона. Туристическая карта маршрута представлена на рисунке 5 [12].

Необходимо учитывать, что данные маршруты являются водными и требуют наличия специального транспортного средства (лодок, катеров, байдарок или иного водного транспорта) для передвижения по территории заповедной зоны.

Заповедник является государственным учреждением и финансируется средствами федерального бюджета, однако часть средств поступает за счет проведения экотуристической деятельности [5].

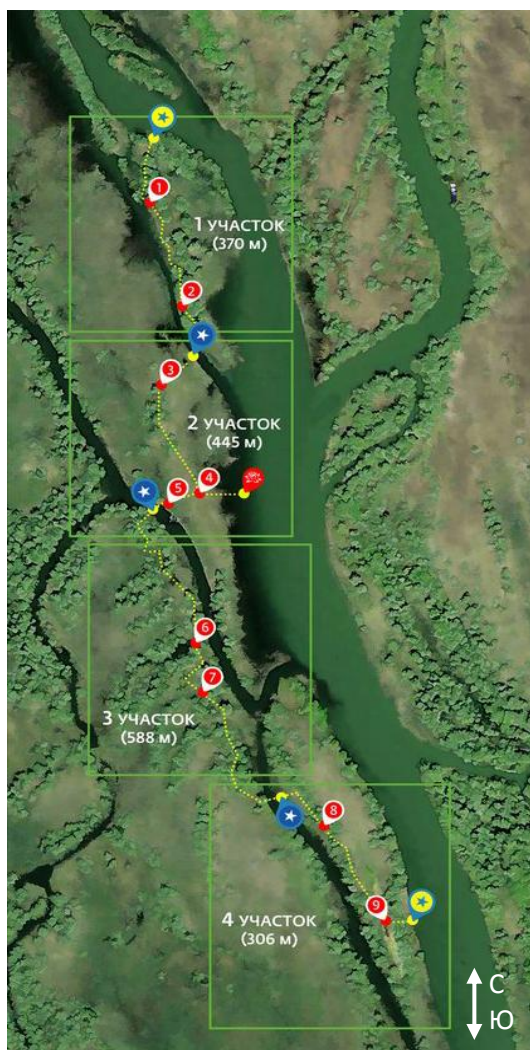


Рисунок 4 – Карта-схема туристического маршрута «Обретенная дельта»

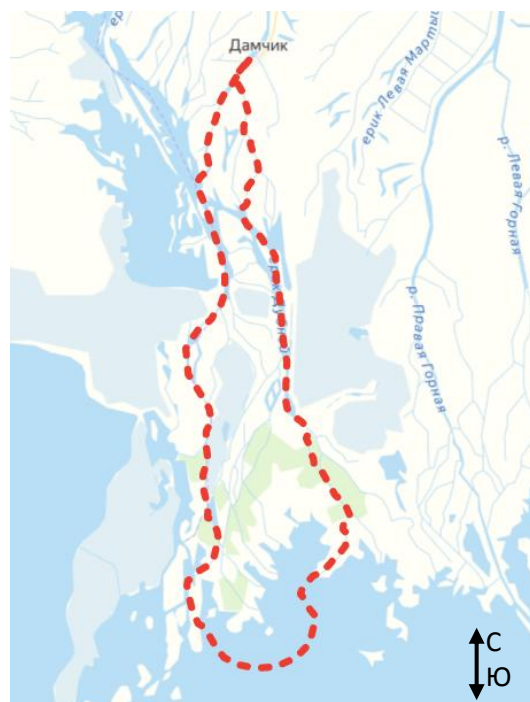


Рисунок 5 – Карта-схема туристического маршрута «Где Волга с Каспием встречается»

Выводы

Проведенный анализ показал, что внебюджетное увеличение поступлений денежных средств от реализации экотуристов растет в связи с увеличением количества посетителей, однако некоторые из маршрутов остаются невостребованными, в связи с их высокой стоимостью (табл. 1). Такая стоимость может быть обусловлена удаленностью заповедника от регионального центра (г. Астрахани), необходимостью наличия маломерного флота, большим количеством обслуживающего персонала, отсутствием обустроенных подъездных путей и качественного дорожного покрытия к Дамчикскому участку заповедника, где оказываются туристические услуги и находится пограничная зона [11].

На протяжении рассматриваемого периода, эффект от проведения экотуристической деятельности возрастает, что связано с ростом среднего ежегодного дохода от данного вида деятельности, который, в свою очередь, уже зависит от числа посетителей заповедника.

За время своего существования заповедник всегда стремился улучшать свою инфраструктуру, повышать качество услуг экотуризма и условия пребывания для посетителей. В рамках развития инфраструктуры заповедника были созданы [12, 13, 14]:

1. Информационный центр, в котором можно узнать больше информации о редких, краснокнижных видах растений и животных, обитающих на территории заповедника.
2. Гостевые дома, административный комплекс для обслуживания посетителей, причалы, смотровые вышки, беседки для отдыха, парковочные места.
3. Приложение для туристов, которое с помощью сканирования QR-кода дает возможность быстрого получения информации по растениям и животным заповедника, в том числе на иностранном языке.
4. Сувенирные изделия с атрибутикой заповедника.
5. 3D тур на сайте заповедника, где можно увидеть лотосные поля, кордоны и редких животных, не выходя из дома.

Для более надежной защиты заповедника и охраны редких видов растений и животных, а также последующего роста числа посетителей, предлагается ввести следующие улучшения в инфраструктуру заповедника [15, 16]:

1. Активизация и усиление рекламной кампании экотуризма Астраханского биосферного заповедника в течение круглого года с целью выравнивания ежегодной динамики числа посетителей и популяризации посещения заповедника не только летом, но и в другие периоды года. Использование билбордов, объявлений в соцсетях, газетах, радио.
2. Для популяризации многодневных туров предлагается создать на территории заповедника участки с туристическими тентами, шатрами по маршрутам следования. Для популяризации небольших пеших маршрутов использовать солнцезащитные беседки и лавочки, что привлекло бы людей разных возрастов, по-разному восприимчивых к жаркому астраханскому климату.
3. Создание макетов и 3-D карт заповедника и его маршрутов с размещенными на них фигурками животных, растений, обитающих на этой территории, указать краснокнижные виды и их численность. Данное нововведение позволит туристам узнать больше о других участках заповедника и сделает его более популярным для повторного посещения.
4. Выделение Обжоровского и Трехизбинского участков заповедника под рекреационные нужды и создание новых туристических маршрутов с целью роста привлекательности экотуризма в Астраханской области.
5. Создание информационного форума, где будут вводиться темы, открытые обсуждения, участниками которых будут посетители, администрация заповедника и волонтерские группы. В них предлагается свободное общение и дискуссии по имеющимся вопросам, предложениям, поддержке и замечаниям.

6. Использование альтернативных источников энергии: солнечных батарей – для выработки необходимой электроэнергии, идущей на поддержание объектов инфраструктуры заповедника.

Произведенный анализ внебюджетного финансирования заповедника, основанный на данных по посещаемости и стоимости мероприятий за выбранный промежуток времени, отчетливо отражает ситуацию с экотуризмом Астраханского биосферного заповедника. Доход, полученный за счет реализации экотуристической деятельности, может быть направлен на дальнейшее совершенствование инфраструктуры заповедника. Следствием этого станет повышение качества природоохранных мероприятий и популяризация объекта.

Список литературы

1. Астраханский биосферный заповедник. Раздел – «Витрина данных» [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 17.04.2023).
2. Информационный отчет об ООПТ за 2022 год / ФГБУ «Росзаповедцентр», минприроды России [Электронный ресурс]. URL: <http://oopt.iacgov.ru/2022> (дата обращения: 17.04.2023).
3. Гришин С.Ю., Ткачев В.А. Экотуризм как элемент стратегии устойчивого развития региональной экономики // Управленческое консультирование. 2012. № 2 (39). С. 44-50.
4. Федеральный закон от 14 марта 1995 года № 33 ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях». Москва, 1995. 27 с.
5. Шкварникова Д.С., Абулхасов А.А., Шведова И.Н. Организация экологического туризма в России (на примере Астраханской области) // Современные проблемы географии. Астрахань, 2019. С. 171-177.
6. Бармин А.Н., Глаголев С.Б., Грачев Д.С., Иолин М.М. Особо охраняемые природные территории и эколого-туристическая деятельность // Вестник ВолГУ. Серия 11. Естественные науки. 2017. № 1 (7). С. 25-33.
7. Дедов К.В., Бармин А.Н., Занозин В.В. Развитие сети особо охраняемых природных территорий Астраханской области, проблемы и задачи // Каспий и глобальные вызовы: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань: ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет», 2022. С. 15-18.
8. Бармин А.Н., Глаголев С.Б., Дедов К.В., Беляев Д.Ю., Бармина Е.А. Развитие и совершенствование геоэкологического туризма в Богдинско-Баскунчакском природном заповеднике // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 2(81). С. 93-100.
9. Красная книга Астраханской области. Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2014. 413 с.
10. Красная книга Российской Федерации. Том «Животные». 1-ое изд. М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. 1128 с.
11. Красная книга МСОП [Электронный ресурс]. URL: https://zoocreasures.fandom.com/ru/wiki/Красная_книга_МСОП#Издания_Красной_книги_МСОП / (дата обращения: 17.04.2023).
12. Астраханский биосферный заповедник. Раздел – «Туризм и экскурсии» [Электронный ресурс]. URL: <https://astrakhanzapoved.ru/> (дата обращения: 17.04.2023).
13. Дедов К.В., Бармин А.Н.; Беляев Д.Ю.; Бармина Е.А. Развитие сети особо охраняемых природных территорий России и Астраханской области в контексте исторического ракурса // География и глобальная энергия. 2022. № 4 (87). С. 45-54.
14. Иванов В.А., Мотрук М.К., Исалиев Р.Н., Бузякова И.В. Развитие экологического туризма на территории Астраханской области // Материалы VII Международной научно-практической конференции. Астрахань, 2015. С. 102-106.

15. Бармин А.Н., Дедов К.В., Валов М.В., Иолин М.М., Беляев Д.Ю., Бармина Е.А., Занозин В.В. Особо охраняемые природные территории: проблемы, решения, перспективы: монография. Астрахань, 2023. 444 с.

16. Макарова Т.А. Перспектива комплексных экологических туров по регионам юга России // 63-я международная научная конференция Астраханского государственного технического университета. Астрахань, 2019. 277 с.

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

Поступила в редакцию 30.05.2023

Принята к публикации 11.09.2023

DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF ECOLOGICAL TOURISM IN THE ASTRAKHAN NATURAL BIOSPHERE RESERVE

A. Barmin, D. Belyaev, K. Dedov, *M. Valov, E. Barmina

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State University
named after V.N. Tatishchev", Russia, Astrakhan

e-mail: *m.v.valov@mail.ru

This paper shows the features of conducting ecotourism activities on the territory of the Astrakhan region, in particular, the Astrakhan Biosphere Reserve in 2022. In addition, the features of the reserve infrastructure were studied and an assessment of extra-budgetary activities related to ecotourism was made. The paper presents the existing ecological routes, as well as an analysis of their attendance and the profit received by the reserve.

Key words: nature reserve, Astrakhan region, ecotourism, ecological routes.

References

1. Astrakhanskii biosfernyi zapovednik. Razdel – "Vitrina dannykh" [Elektronnyi resurs]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (data obrashcheniya: 17.04.2023).
2. Informatsionnyi otchet ob OOPT za 2022 god / FGBU "Roszapovedsentr", minprirody Rossii [Elektronnyi resurs]. URL: <http://oopt.iacgov.ru/2022> (data obrashcheniya: 17.04.2023).
3. Grishin S.Yu., Tkachev V.A. Ekoturizm kak element strategii ustoichivogo razvitiya regional'noi ekonomiki. Upravlencheskoe konsul'tirovanie. 2012. N 2 (39). S. 44-50.
4. Federal'nyi zakon ot 14 marta 1995 goda № 33 FZ "Ob osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriyakh". Moskva, 1995. 27 s.
5. Shkvarnikova D.S., Abulkhasov A.A., Shvedova I.N. Organizatsiya ekologicheskogo turizma v Rossii (na primere Astrakhanskoi oblasti). Sovremennye problemy geografii. Astrakhan', 2019. S. 171-177.
6. Barmin A.N., Glagolev S.B., Grachev D.S., Iolin M.M. Osobo okhranyaemye prirodnye territorii i ekologo-turisticheskaya deyatel'nost'. Vestnik VolGU. Seriya 11. Estestvennye nauki. 2017. N 1 (7). S. 25-33.
7. Dedov K.V., Barmin A.N., Zanozin V.V. Razvitie seti osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii Astrakhanskoi oblasti, problemy i zadachi. Kaspий i global'nye vyzovy: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Astrakhan': FGBOU VPO "Astrakhanskii gosudarstvennyi universitet", 2022. S. 15-18.

8. Barmin A.N., Glagolev S.B., Dedov K.V., Belyaev D.Yu., Barmina E.A. Razvitie i sovershenstvovanie geoeologicheskogo turizma v Bogdinsko-Baskunchakskom prirodnom zapovednike // Geologiya, geografiya i global'naya energiya. 2021. N 2(81). S. 93-100.
9. Krasnaya kniga Astrakhanskoi oblasti. Astrakhan': Astrakhanskii gosudarstvennyi universitet, Izdatel'skii dom "Astrakhanskii universitet", 2014. 413 s.
10. Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii. Tom "Zhivotnye". 1-oe izd. M.: FGBU "VNII Ekologiya", 2021. 1128 s.
11. Krasnaya kniga MSOP [Elektronnyi resurs]. URL: https://zoocreasures.fandom.com/ru/wiki/Krasnaya_kniga_MSOP#Izdaniya_Krasnoi_knigi_MSOP / (data obrashcheniya: 17.04.2023).
12. Astrakhanskii biosfernyi zapovednik. Razdel – "Turizm i ekskursii" [Elektronnyi resurs]. URL: <https://astrakhanzapoved.ru/> (data obrashcheniya: 17.04.2023).
13. Dedov K.V., Barmin A.N.; Belyaev D.Yu.; Barmina E.A. Razvitie seti osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii Rossii i Astrakhanskoi oblasti v kontekste istoricheskogo rakursa. Geografiya i global'naya energiya. 2022. N 4 (87). S. 45-54.
14. Ivanov V.A., Motruk M.K., Isaliev R.N., Buzyakova I.V. Razvitie ekologicheskogo turizma na territorii Astrakhanskoi oblasti. Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Astrakhan', 2015. S. 102-106.
15. Barmin A.N., Dedov K.V., Valov M.V., Iolin M.M., Belyaev D.Yu., Barmina E.A., Zanozin V.V. Osobo okhranyaemye prirodnye territorii: problemy, resheniya, perspektivy: monografiya. Astrakhan', 2023. 444 s.
16. Makarova T.A. Perspektiva kompleksnykh ekologicheskikh turov po regionam yuga Rossii. 63-ya mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Astrakhan', 2019. 277 s.

Сведения об авторах:

Александр Николаевич Бармин

Д.г.н., профессор, декан геолого-географического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева»

ORCID 0000-0002-6705-1553

Alexander Barmin

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Geology and Geography, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev"

Даниил Юрьевич Беляев

Студент геолого-географического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева»

ORCID 0000-0001-8281-0450

Daniil Belyaev

Student of the Faculty of Geology and Geography, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev"

Кирилл Викторович Дедов

Аспирант геолого-географического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева»

Kirill Dedov

Postgraduate student of the Faculty of Geology and Geography, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev"

Михаил Викторович Валов

К.г.н., доцент, заведующий кафедрой экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева»

ORCID 0000-0002-1126-6467

Mikhail Valov

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Ecology, Nature Management, Land Management and Life Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev"

Екатерина Александровна Бармина

Старший преподаватель кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева»

Ekaterina Barmina

Senior Lecturer of the Department of Ecology, Nature Management, Land Management and Life Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev"

Для цитирования: Бармин А.Н., Беляев Д.Ю., Дедов К.В., Валов М.В., Бармина Е.А. Развитие и совершенствование экологического туризма в Астраханском природном биосферном заповеднике // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 63-72. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-63-72

СТЕПНЫЕ РЕГИОНЫ РОССИИ: СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРИЗМА МЕТОДОМ DEA

*А.А. Сафарян¹, **Е.В. Конышев²

¹Югорский государственный университет, Россия, Ханты-Мансийск

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, Пермь
e-mail: *azatsafaryan@mail.ru, **konj@bk.ru

Степные регионы занимают обширную часть территории России и характеризуются внутренней неоднородностью по структуре и величине туристско-рекреационного потенциала, отличаются по уровню развития туристско-рекреационного комплекса и общей эффективности туристско-рекреационной деятельности. Реализуемый в настоящее время национальный проект «Туризм и индустрия гостеприимства» предоставляет возможности повысить эффективность развития туризма. Актуальной задачей при этом становится поиск и применение универсальной методики, позволяющей объективно оценить эффективность туризма в условиях большого количества входных данных. В статье на основе метода DEA дана оценка эффективности развития туризма в степных регионах России. Применялась модель, ориентированная на вход. В качестве «входных» данных использовались 7 показателей, а в качестве показателей «выхода» – 6 показателей, между которыми имеется технологическая связь. Результатом расчетов является агрегированный показатель эффективности развития туризма в степных регионах России за период с 2017 по 2021 годы. За этот период, средний показатель эффективности по всем степным регионам имеет тенденцию к снижению. Однако, четыре субъекта (Республика Крым и Севастополь, Краснодарский и Ставропольский края) из девятнадцати стабильно располагаются на границе эффективности (единичная эффективность), а еще у двух (Омская область, Республика Калмыкия) отмечается относительный рост. Таким образом, в тринадцати регионах, расположенных в степной зоне России, выявлена тенденция снижения эффективности развития туризма. Полученные значения коэффициентов эффективности развития туризма, показывая положение регионов на или внутри границы эффективности, позволяют разработать рекомендации по корректировке региональных программ развития туризма, мер по стимулированию туристского бизнеса, переоценке экономического значения туризма.

Ключевые слова: эффективность, туризм, степные регионы, DEA.

Введение

Сфера туризма в России относится к приоритетным отраслям развития экономики. Практически все регионы прилагают усилия по формированию привлекательных туристских продуктов, развитию туристской индустрии и инфраструктуры, повышению эффективности использования туристско-рекреационного потенциала и наращиванию туристского потока. В каждом регионе складывается свой уникальный набор факторов и условий развития туризма, что способствует возникновению региональной неоднородности. Поэтому сравнивать регионы между собой, составлять рейтинги по уровню развития туризма крайне сложно, но необходимо. Как правило, подобные задачи возникают в процессе выработки стратегических документов территориального планирования. При этом в основу рейтинга должен лечь некий агрегированный показатель.

В соответствии с заявленной проблемой, для оценки эффективности функционирования туризма может применяться метод DEA (Data Envelopment Analysis).

Несмотря на то, что в основном метод DEA применяется для оценки эффективности отдельных предприятий, его с успехом можно применять и для оценки туристских регионов [1]. Метод DEA основан на построении границы эффективности, которая отражает положение объектов оценки, имеющих максимальное значение результативности среди всех объектов с заданным количеством входных данных в пространстве входов-выходов. Те объекты, которые не лежат на границе эффективности, функционируют не эффективно. При этом значение неэффективности прямо пропорционально расстоянию, на которое точка удалена от границы эффективности. Для определения границы эффективности и применяется метод DEA, в основе которого лежит линейное программирование [2]. Преимуществом данного метода является то, что он позволяет провести сравнительный анализ функционирования объектов, имеющих схожий туристско-рекреационный потенциал и уровень развития туристской инфраструктуры. С помощью этого метода можно одновременно обрабатывать много входных показателей (независимые факторы) и много выходных показателей (зависимые переменные) и учитывать внешние по отношению к рассматриваемой системе переменные (например, факторы внешней среды). Еще одним достоинством метода является то, что он не требует априорного указания весовых коэффициентов для переменных и не налагает никаких ограничений на функциональную форму зависимости между входами и выходами. В отличие от регрессионного анализа, метод DEA направлен на выявление не усредненных тенденций, а на определении лучшей практики. Дополнительно, при наличии баз данных за некоторый временной период, возможно рассчитать изменение агрегированного показателя эффективности для каждого объекта во времени.

Обзор источников. Согласно исследованиям DEEOS [3], с 1996 до 2019 гг. отмечается рост количества статей на туристскую тематику с применением метода DEA (наибольшее количество было опубликовано в 2018 году). В исследуемых статьях самыми популярными ключевыми словами были «DEA», «туризм», «эффективность», «отель». А лидерами среди научных журналов, публикующих статьи на основе метода DEA, были «Tourism Management» и «International Journal of Hospitality Management».

Рассмотрим несколько показательных примеров применения метода DEA в туризме. Wijesinghe B.S. [4] предложил метод DEA для определения эффективности управления туризмом. Baker M. and Riley M. [5] первыми использовали метод для оценки эффективности в гостиничном деле. Далее такие работы появились у Botti, Bricc & Cliquet [6], Hung Shang & Wang [7], Sigala [8], Yang C., & Lu W.M. [9]. Gómez-Vega and Picazo-Tadeo [10] рассчитывают индикатор конкурентоспособности для 136 направлений в мире. Chin-Wei Huang [11] представляет комплексный показатель эффективности для измерения общей эффективности цепочки поставок в сфере туризма. Radovanov и др. [12] используют метод двухуровневой оценки DEA для включения устойчивых факторов в общие результаты эффективности развития туризма. Используются такие факторы, как доля ВВП от индустрии туризма, количество туристских прибытий, количество объектов всемирного наследия и т.д. Были проанализированы 27 стран ЕС и 5 Балканских стран с 2011 г. до 2017 г. Martin J.C. и др. [13] анализируют туристскую конкурентоспособность 17 регионов Испании, применяя такие критерии, как диверсификация и структура туристского продукта, человеческие ресурсы и их развитие, политические приоритеты и управление туризмом, социальные и экономические показатели, транспортная доступность, туристская стратегия и туристская конкуренция. Авторы приходят к выводу, что для более точной оценки, органы исполнительной власти тоже должны в ней участвовать и вносить корректировки. Pić I. и Petrevska I. [14] применяют метод DEA для оценки эффективности туризма 15 европейских стран, используя затраты на туризм и количество кроватей как входные параметры и как выходные – доходы и количество туристских прибытий, количество проведенных ночей. На уровне городов Li Wenhua [15] проводит исследование, применяя метод DEA-Малкмвиста. Рассматриваются 14 городов Гуанси-Чжуанского автономного района с 2004 по 2018 годы

для динамического анализа эффективности туризма. Как входные параметры используются туристские инвестиции, а на выходе – прибыль и количество туристов.

Рассмотрев примеры, можно сказать, что метод DEA широко применяется как на отраслевом уровне, так и региональном. При этом метод пользуется популярностью в самых разных исследованиях сферы туризма. Также данный метод подходит для сравнительного анализа эффективности на разных пространственных уровнях.

Материалы и методы

Объектом исследования выступают степные регионы России, к развитию туризма в которых в последние годы уделяется повышенное внимание [16, 17]. Суть метода DEA состоит в том, что на основе теории двойственности, имея данные входных параметров (К) и выходных параметров (М), можно рассчитать для множества N-объектов (в нашем исследовании регионах) значение показателя эффективности:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & (\theta), \\ -y_i + Y\lambda & \geq 0, \\ \theta x_i - X\lambda & \geq 0, \\ \lambda & \geq 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где θ – скаляр, а λ является вектором констант размерности $N \times 1$. Значение θ , полученное при решении задачи, и будет мерой эффективности i -го объекта (региона). При этом эффективность не может быть больше единицы. Для каждого объекта (региона) аналогичная задача решается N раз.

Такая модель ориентирована на вход и подразумевает наличие постоянного эффекта масштаба, т.е. возрастание потребления ресурсов приводит к пропорциональному росту производства. Для того, чтобы учесть возможность переменного эффекта масштаба, в данную модель нужно добавить ограничение на сумму весовых коэффициентов:

$$\sum \lambda_i = 1 \quad (2)$$

В результате, после ввода данного ограничения, формируется выпуклая комбинация эталонных объектов [18]. Как правило, если нужно оценить эффективность развития туризма, то должна применяться модель, ориентированная на вход. В этом случае показатель эффективности это величина, на которую нужно изменить входные параметры, чтобы достичь единичной эффективности. Т.е. текущие значения результативности можно получить и с меньшими показателями, характеризующими туризм (основные рекомендации будут связаны с уменьшением значений, характеризующих входные параметры). Так же, необходимо выбирать модели, учитывающие переменный эффект масштаба. В моделях такого типа каждый неэффективный объект сопоставляется с эффективными объектами, имеющими структуру (соотношения) значений показателей, наиболее близкую к структуре этого неэффективного объекта.

Существенным условием подбора показателей оценки и разделении их на входные и выходные является их технологическая связь. Так же следует учитывать доступность показателей и их универсальность для всех регионов. Немаловажное значение имеет и возможность сбора данных за определенный период. В данном исследовании для оценки эффективности развития туристско-рекреационного комплекса использовались данные за период с 2017 по 2021 годы. В качестве «входных» было использовано семь показателей:

1) Число занятых в сфере туризма, тыс. чел. Это сборный показатель, рассчитывался как сумма занятых в гостиницах и предприятиях общественного питания, в туристических агентствах и прочих организациях, предоставляющих услуги в сфере туризма, в санаторно-курортных организациях, в музеях, в ботанических садах, зоопарках, государственных природных заповедниках и национальных парках. Источник данных: <https://www.fedstat.ru/indicator/58699>.

2) Число номеров в коллективных средствах размещения (единица, значение показателя за год). Источник данных: <https://www.fedstat.ru/indicator/31586>.

3) Количество мест в объектах общественного питания, (единица, значение показателя за год). Источник данных: <https://www.fedstat.ru/indicator/43259>.

4) Число турфирм (единица, значение показателя за год). Сборный показатель, включающий число юридических лиц, граждан, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица (индивидуальных предпринимателей, занимающихся туристской деятельностью, а также общее количество туристских фирм (турагентская и туроператорская деятельность, продвижение туров, экскурсионная деятельность, и иная туристическая деятельность). Источник данных: <https://www.fedstat.ru/indicator/31615>.

5) Общий фонд музеев Минкультуры России (тысяча единиц, значение показателя за год). Источник данных: <https://www.fedstat.ru/indicator/37794>.

6) Площадь ООПТ федерального, регионального и местного значения, гектаров. Источник данных: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13295>.

7) Инвестиции в основной капитал за год, млн руб. Сборный показатель, включающий деятельность гостиниц и предприятий общественного питания, в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений (без субъектов малого предпринимательства). Источник данных: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>.

А в качестве «выходных» – шесть показателей:

1) Услуги туристических агентств, туроператоров и прочие услуги по бронированию и сопутствующие им услуги, тыс. руб. Источник данных: <https://www.fedstat.ru/indicator/58467>.

2) Услуги гостиниц и аналогичные услуги по предоставлению временного жилья, тыс. руб. Источник данных: <https://www.fedstat.ru/indicator/58467>.

3) Услуги санаторно-курортных организаций, тыс. руб. Источник данных: <https://www.fedstat.ru/indicator/58467>.

4) Услуги иных специализированных КСР, тыс. руб. Показатель рассчитывался как разница между значением «Услуги специализированных коллективных средств размещения» и «Услуги санаторно-курортных организаций». Источник данных: <https://www.fedstat.ru/indicator/58467>.

5) Оборот общественного питания, млн руб. Источник данных: <https://www.fedstat.ru/indicator/31258>.

6) Услуги учреждений культуры, тыс. руб. Источник данных: <https://www.fedstat.ru/indicator/58467>.

Мы считаем, что подобранные показатели «входа» в достаточной мере отражают развитие туризма и имеют прозрачную методологию сбора, а показатели «выхода» объективно характеризуют экономические результаты туристской деятельности. Кроме того, все данные размещены на сайте Единой межведомственной информационно-статистической системы и на сайте Федеральной службы государственной статистики, являются официальными, достоверными и общедоступными. Обработка показателей и расчет эффективности осуществлялся с помощью программы DEAR профессора Т. Соелли из Австралии [19].

Результаты и обсуждение

Анализ изменения эффективности развития туризма в регионах степной зоны показал соответствие среднероссийским тенденциям (рис. 1).

На фоне устойчивой тенденции снижения эффективности отмечается резкий спад, обусловленный негативным влиянием пандемии COVID-19. В 2021 году выявлен небольшой рост и возвращение к позициям 2019 года. Как видим, это общий тренд, однако более

объективно выявить пространственные различия возможно лишь на региональном уровне (табл. 1).

Лишь четыре региона из девятнадцати в 2021 году имеют единичное значение коэффициента эффективности, что означает их абсолютную эффективность и нахождение на границе эффективности. Для этих регионов характерно оптимальное сочетание «входных» и «выходных» показателей развития туризма. К ним относятся регионы, входящие в туристские макротерритории «Западный Юг России» (город Севастополь и Республика Крым) и «Восточный Юг России» (Краснодарский и Ставропольский края).

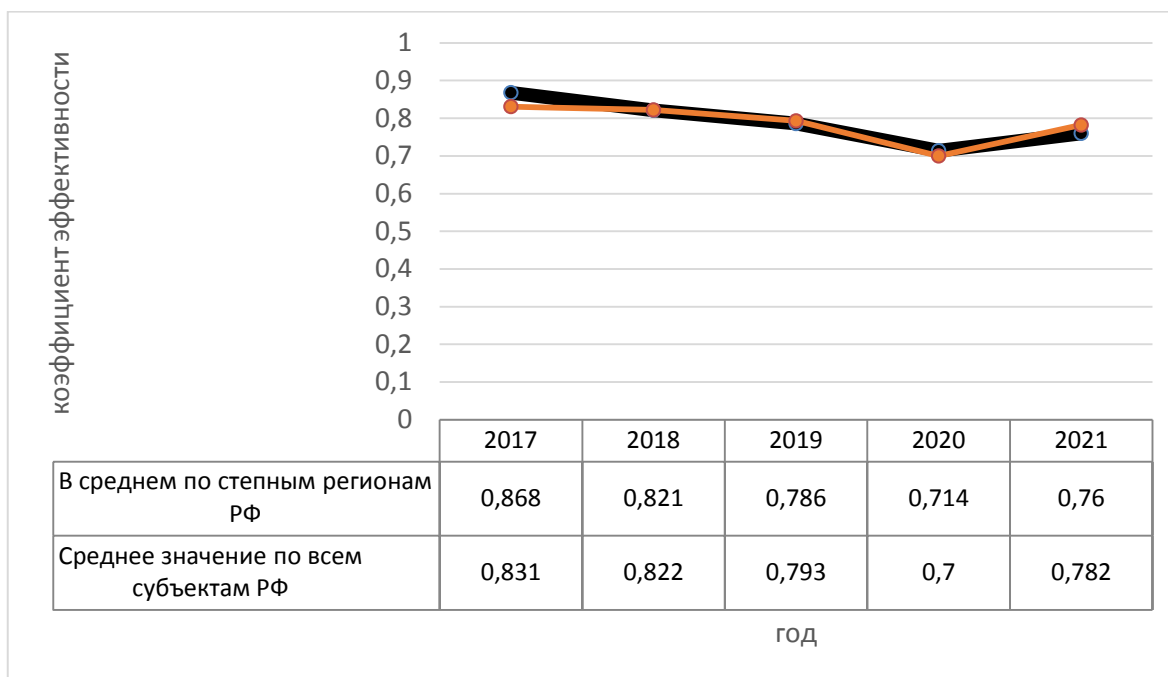


Рисунок 1 – Среднее значение эффективности развития туризма в РФ и в степных регионах (составлено авторами)

В остальных регионах наблюдается снижение коэффициента эффективности, начиная с 2017 года. Многие регионы по результатам 2021 года не сумели полностью восстановиться после ковидного кризиса.

Так, Новосибирская область, не смотря на повышение коэффициента эффективности в 2021 году, еще не достигла своего результата 2018-ого года. Тоже самое можно сказать про Челябинскую область. Отметим, что данный регион до 2020 года демонстрировал единичную эффективность на протяжении трех лет. Единичная эффективность в 2017 году отмечена и у Республики Башкортостан, Саратовской области, Республики Адыгеи, Оренбургской области, Новосибирской области. Однако в дальнейшем у всех регионов выявлены разные тенденции. Так, наиболее сильное падение зафиксировано у Республики Башкортостан, которая даже в 2021 году не сумела выйти на доковидные значения коэффициента эффективности. Уникальная ситуация наблюдается у Оренбургской области, где даже в пандемийный 2020 год коэффициент эффективности не только не упал, но даже вырос на 20 % в сравнении с предшествующим годом. Значительного роста коэффициента эффективности в 2020 году удалось достигнуть и Ростовской области (рост на 21 %, достижение единичной эффективности), и Белгородской области (рост на 35 %, максимальное значение за пятилетний период).

Самый низкий коэффициент эффективности среди регионов степной зоны РФ у Республики Калмыкия, хотя и намечается положительная динамика его роста.

Таблица 1 – Эффективность развития туризма в степных регионах РФ
(составлено авторами)

Субъекты РФ	Технологическая эффективность				
	2017	2018	2019	2020	2021
Севастополь	1	1	1	1	1
Республика Крым	1	1	1	1	1
Краснодарский край	1	1	1	1	1
Ставропольский край	1	1	1	1	1
Челябинская область	1	1	1	0,79	0,928
Новосибирская область	1	0,803	0,837	0,71	0,856
Воронежская область	0,936	0,701	0,69	0,596	0,832
Белгородская область	0,861	0,751	0,723	0,975	0,828
Омская область	0,591	0,627	0,661	0,648	0,821
Оренбургская область	1	0,821	0,725	0,871	0,803
Республика Адыгея (Адыгея)	1	0,718	0,735	0,528	0,793
Ростовская область	0,867	0,881	0,827	1	0,697
Саратовская область	1	0,789	0,789	0,618	0,648
Волгоградская область	0,788	0,806	0,841	0,644	0,647
Самарская область	0,664	0,835	0,611	0,596	0,634
Республика Башкортостан	1	1	0,987	0,553	0,572
Курганская область	0,606	1	0,713	0,364	0,538
Алтайский край	0,891	0,635	0,48	0,459	0,487
Республика Калмыкия	0,283	0,237	0,312	0,222	0,357

Все регионы степной зоны были распределены по четырем группам, характеризующимися разным уровнем эффективности. Первая группа – это регионы с абсолютной эффективностью. Они находятся на границе эффективности со значением коэффициента равным единице. Вторая группа – это регионы с высоким уровнем эффективности (коэффициент от 0,7 до 1). В третью группы входят регионы с коэффициентом эффективности от 0,4 до 0,7. Это средний уровень эффективности туризма. И для регионов с низким уровнем эффективности коэффициент составляет менее 0,4.

Если в 2017 году больше половины регионов степной зоны характеризуются единичной эффективностью и расположены они более равномерно, то к 2021 году ситуация меняется в худшую сторону, количество регионов с абсолютной эффективностью снижается до четырех. Отмечается не только сокращение количества эффективных регионов, но и усиление процессов концентрации. Полученные значения коэффициентов эффективности показывают, что в пятнадцати регионах степной зоны текущих показателей результативности можно достичь и с меньшими параметрами «входных» данных.

Пространственные особенности изменения коэффициента эффективности отображены на шести картоидах (рис. 2).

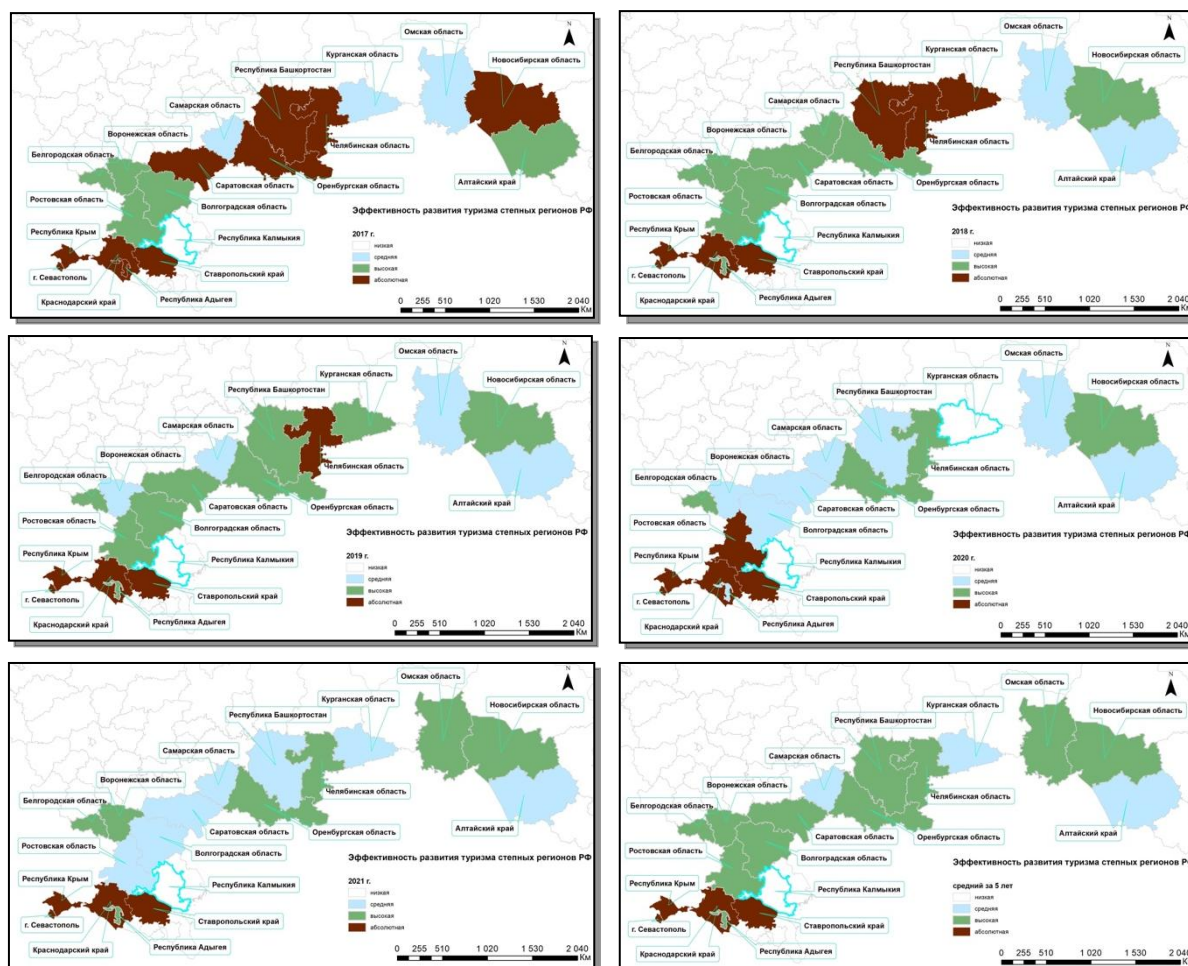


Рисунок – 2. Пространственные особенности эффективности развития туризма в регионах степной зоны РФ (составлено авторами)

Выводы

В связи с реализацией национального проекта «Туризм и индустрия гостеприимства» и в целях совершенствования региональной политики в сфере туризма, актуальной является задача оценки эффективности развития туристско-рекреационного комплекса. Коэффициент эффективности, рассчитанный с помощью метода DEA, на наш взгляд, является универсальным, агрегированным показателем. Как показывает опыт зарубежных исследований, он может быть использован для составления рейтингов регионального туризма, для сравнения регионов со схожим туристско-рекреационным потенциалом, для оценки эффективности управления, экологической безопасности, оценки развития различных видов туризма, а также применяться для реализации задач территориального планирования и управления на различных уровнях пространственной организации.

Период с 2017 по 2021 год включал в себя несколько ключевых событий, которые могли повлиять на эффективность развития туристско-рекреационного комплекса. К ним можно отнести проведение финальной стадии 21-го чемпионата мира по футболу ФИФА с 14 июня по 15 июля 2018 года, введение и действие ограничений, вызванных пандемией COVID-19 в 2020-2021 годах, начало реализации национального проекта «Туризм и индустрия гостеприимства» в 2021 году. К сожалению, однозначно оценить их влияние и последствия, учитывая недостатки статистического учета в РФ, крайне сложно. Для каждого региона это очень трудоемкая процедура, требующая привлечения экспертов из науки, бизнеса и власти. Однозначно можно говорить о том, что среди степных регионов, несмотря на общую тенденцию ухудшения эффективности, можно обозначить несколько субъектов,

которые на протяжении всего периода находятся на границе эффективности (коэффициент эффективности равен единице). Это признанные туристские регионы – Республика Крым и Севастополь, Краснодарский и Ставропольский края.

Снижение коэффициента эффективности и усиление концентрации туристской деятельности в степных регионах России свидетельствуют о негативных тенденциях у четырнадцати регионов. Поэтому, полученные значения коэффициентов эффективности развития туризма, показывая положение регионов на или внутри границы эффективности позволяют разработать рекомендации по корректировке региональных программ развития туризма, мер по стимулированию туристского бизнеса, переоценке экономического значения туризма.

Список литературы

1. Barros C.P., Botti L., Peypoch N., Robinot E., Solonandrasana B., Assaf A.G. Performance of French destinations: Tourism attraction perspectives. *Tourism Management*. 2011. vol. 32. is. 1. pp. 141-146. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2010.01.015>. (дата обращения: 14.07.2023).
2. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of Decision Making Units // *European journal of operational research*. 1978. vol. 2. pp. 429-444.
3. Data envelopment analysis online software (DEAOS) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.deaos.com/> (дата обращения: 17.05.2023).
4. Wijeyesinghe B.S. Breakeven occupancy for a hotel operation. *Management accounting*. 1993. vol. 71. pp. 32-32.
5. Baker M., Riley M. New perspectives on productivity in hotels: some advances and new directions // *International Journal of Hospitality Management*. 1994. vol. 13. no. 4. pp. 297-311.
6. Botti L., Briec, W., Cliquet, G. Plural forms versus franchise and company-owned systems. A DEA approach of hotel chain performance. *Omega*, 2009. vol. 37. no. 3. pp. 566-578.
7. Hung W.T., Shang J.K., Wang F.C. Pricing determinants in the hotel industry: Quantile regression analysis // *International Journal of Hospitality Management*. 2010. vol. 29. no. 3. pp. 378-384.
8. Sigala M. Using Data Envelopment Analysis for Measuring and Benchmarking Productivity in the Hotel Sector // *Journal of Travel and Tourism Marketing*. 2004. vol. 16. no. 3. pp. 39-60.
9. Yang C., Lu W.M. Performance benchmarking for Taiwan's international tourist hotels // *Information Systems and Operational Research*. 2006. vol. 44. pp. 229-245.
10. Gómez-Vega M., Picazo-Tadeo A.J. Ranking world tourist destinations with a composite indicator of competitiveness: To weigh or not to weigh? // *Tourism Management*. 2019. vol. 72. pp. 281-291.
11. Chin-Wei H. Assessing the performance of tourism supply chains by using the hybrid network data envelopment analysis model // *Tourism Management*. 2018. vol. 65. pp. 303-316.
12. Radovanov B., Dudic B., Gregus M., Marcikic Horvat A., Karovic V. Using a Two-Stage DEA Model to Measure Tourism Potentials of EU Countries and Western Balkan Countries. An Approach to Sustainable Development. *Sustainability*. 2020. vol. 12 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/12/4903> (дата обращения: 5.06.2023).
13. Martín J.C., Mendoza C., Román C. Regional Spanish Tourism Competitiveness. A DEA-MONITUR approach // *Region*. 2017. vol. 4. no 3. pp. 153-173.
14. Ilić I., Petrevska I. Using DEA method for determining tourism efficiency of Serbia and the surrounding countries // *Hotel and Tourism Management*. 2018. vol. 6. no. 1. pp. 73-80.
15. Li W. Research on the Tourism Efficiency in Guangxi – Based on DEA-Malmquist Model // *E3S Web Conf*. 251. 2021. DOI: 10.1051/e3sconf/202125101082.

16. Чибилева В.П., Святоха Н.Ю., Филимонова И.Ю. Оценка современного состояния туристско-рекреационной сферы степных регионов России // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2022. Т. 8. № 2. С. 28-43.

17. Святоха Н.Ю., Филимонова И.Ю. Развитие самодеятельного туризма в степных регионах России в условиях современных вызовов // Вопросы степеведения. 2021. № 3. С. 85-94. DOI 10.24412/2712-8628-2021-3-85-94.

18. Coelli T., Prasada Rao D.S., Battese G.E. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 275 p.

19. Coelli T. A Data Envelopment Analysis (Computer) Program [Электронный ресурс]. URL: <https://economics.uq.edu.au/cera/software> (дата обращения: 18.06.2023).

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

Поступила в редакцию 19.06.2023

Принята к публикации 11.09.2023

STEPPE REGIONS OF RUSSIA: A COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE TOURISM EFFICIENCY BASED ON DEA METHOD

***A. Safarian¹, **E. Konyshev²**

¹Yugra State University, Russia, Khanty-Mansiysk

²Perm State University, Russia, Perm

e-mail: *azatsafaryan@mail.ru, **konj@bk.ru

The steppe regions occupy a vast part of the RF territory. They are distinguished by internal heterogeneity in terms of the breadth and magnitude of tourist and recreational expansion, a significant increase in the development of the tourist and recreational complex and the overall efficiency of tourist and recreational activities. The national project "Tourism and Hospitality Industry" provides an opportunity to increase the efficiency of tourism development. At the same time, the searching and application of a universal methodology estimating the effectiveness of tourism in the face of a large amount of input data, becomes an urgent task. Based on the DEA method, the article evaluates the effectiveness of tourism development in the steppe regions of Russia. An input-oriented model was used. Seven indicators were used as "input" data, and six indicators were considered as "outputs"; there are technological connections between the indicators. The result of the efficiency calculation is an aggregate indicator of tourism development in the steppe regions of Russia for 2017-2021. During this period, the average efficiency indicator for all steppe regions has trend to decline. However, four subjects (The Republic of Crimea and Sevastopol, Krasnodar and Stavropol Territories) of nineteen ones are stable in the border of efficiency (single efficiency), and a relative increase is seen in two subjects (The Omsk Region and Republic of Kalmyk). Thus, it is a trend of decreasing in tourism development efficiency in thirteen regions located in the steppe zone of Russia. Obtained values of the tourism development efficiency coefficient, showing the position of a region on- or intra-border efficiency, allows the development of recommendations for adjusting the presentation of the tourism development program, measures to stimulate the tourism business, and reassessing the economic importance of tourism.

Key words: efficiency, tourism, steppe regions, DEA.

References

1. Barros C.P., Botti L., Peypoch N., Robinot E., Solonandrasana B., Assaf A.G. Performance of French destinations: Tourism attraction perspectives. *Tourism Management*. 2011. vol. 32. is. 1. pp. 141-146. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2010.01.015>. (data obrashcheniya: 14.07.2023).
2. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of Decision Making Units. *European journal of operational research*. 1978. vol. 2. pp. 429-444.
3. Data envelopment analysis online software (DEAOS) [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.deaos.com/> (data obrashcheniya: 17.05.2023).
4. Wijeyesinghe B.S. Breakeven occupancy for a hotel operation. *Management accounting*. 1993. vol. 71. pp 32-32.
5. Baker M., Riley M. New perspectives on productivity in hotels: some advances and new directions. *International Journal of Hospitality Management*. 1994. vol. 13. no. 4. pp. 297-311.
6. Botti L., Briec, W., Cliquet, G. Plural forms versus franchise and company-owned systems. A DEA approach of hotel chain performance. *Omega*, 2009. vol 37. no. 3. pp. 566-578.
7. Hung W.T., Shang J.K., Wang F.C. Pricing determinants in the hotel industry: Quantile regression analysis. *International Journal of Hospitality Management*. 2010. vol 29. no. 3. pp. 378-384.
8. Sigala M. Using Data Envelopment Analysis for Measuring and Benchmarking Productivity in the Hotel Sector. *Journal of Travel and Tourism Marketing*. 2004. vol. 16. no. 3. pp. 39-60.
9. Yang C., Lu W.M. Performance benchmarking for Taiwan's international tourist hotels. *Information Systems and Operational Research*. 2006. vol. 44. pp. 229-245.
10. Gómez-Vega M., Picazo-Tadeo A.J. Ranking world tourist destinations with a composite indicator of competitiveness: To weigh or not to weigh? *Tourism Management*. 2019. vol. 72. pp. 281-291.
11. Chin-Wei H. Assessing the performance of tourism supply chains by using the hybrid network data envelopment analysis model. *Tourism Management*. 2018. vol. 65. pp. 303-316.
12. Radovanov B., Dudic B., Gregus M., Marcikic Horvat A., Karovic V. Using a Two-Stage DEA Model to Measure Tourism Potentials of EU Countries and Western Balkan Countries. An Approach to Sustainable Development. *Sustainability*. 2020. vol. 12 [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/12/4903> (data obrashcheniya: 5.06.2023).
13. Martín J.C., Mendoza C., Román C. Regional Spanish Tourism Competitiveness. A DEA-MONITUR approach. *Region*. 2017. vol. 4. no. 3. pp. 153-173.
14. Ilić I., Petrevska I. Using DEA method for determining tourism efficiency of Serbia and the surrounding countries. *Hotel and Tourism Management*. 2018. vol. 6. no. 1. pp. 73-80.
15. Li W. Research on the Tourism Efficiency in Guangxi-Based on DEA-Malmquist Model. *E3S Web Conf*. 251. 2021. DOI: 10.1051/e3sconf/202125101082.
16. Chibileva V.P., Svyatoha N.Yu., Filimonova I.Yu. Ocenka sovremennogo sostoyaniya turistsko-rekreacionnoj sfery stepnyh regionov Rossii. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2022. T. 8. N 2. pp. 28-43.
17. Svyatoha N.Yu., Filimonova I.Yu. Razvitie samodeyatelnogo turizma v stepnyh regionah Rossii v usloviyah sovremennyh vyzovov. *Voprosy stepovedeniya*. 2021. N 3. pp. 85-94. DOI 10.24412/2712-8628-2021-3-85-94.
18. Coelli T., Prasada Rao D.S., Battese G.E. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 275 p.
19. Coelli T. A Data Envelopment Analysis (Computer) Program [Elektronnyi resurs]. URL: <https://economics.uq.edu.au/cepa/software> (data obrashcheniya: 18.06.2023).

Сведения об авторах:

Азат Арменович Сафарян

К.г.н., доцент, Высшая экологическая школа Югорского государственного университета

ORCID: 0000-0002-7601-7381, SPIN-код: 8316-1217

Azat Safarian

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Higher school of Ecology of Yugra State University

Евгений Валерьевич Коньшев

К.г.н., доцент (звание), доцент, заведующий кафедрой социально-экономической географии географического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет

ORCID: 0000-0002-7774-1670, SPIN-код: 8723-2196

Evgeny Konyshov

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor (title), Associate Professor, Head of the Department of Socio-Economic Geography of the Faculty of Geography, Perm State University

Для цитирования: Сафарян А.А., Коньшев Е.В. Степные регионы России: сравнительная оценка эффективности туризма методом DEA // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 73-83. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-73-83

**ДИКИЕ РОДИЧИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ:
ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА*****С.Р. Мифтахова¹, О.Г. Калмыкова²**¹ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Россия, Санкт-Петербург² Институт степи УРО РАН, Россия, Оренбург
e-mail: *s.miftahova@vir.nw.ru

В Оренбургской области выявлено наибольшее видовое разнообразие диких родичей культурных растений (ДРКР) для Южно-Уральского региона – 271 вид из 21 семейства и 77 родов. Наиболее богаты видами ДРКР семейства Poaceae, Fabaceae, Rosaceae, Lamiaceae и Chenopodiaceae, а также роды *Allium* L., *Rumex* L., *Trifolium* L., *Poa* L., *Lathyrus* L. и *Festuca* L. 77 % ДРКР приурочены к луговым, степным и прибрежным сообществам. Около 27 % видов связано со специфическими местообитаниями – скальными обнажениями, засоленными почвами и песками. Около трети ДРКР находятся в области на границе ареала, 7 видов являются эндемиками. 14 видов включены в региональную Красную книгу, из них два – в Красную книгу России – *Lepidium meyeri* Claus и *Medicago cancellata* M. Bieb. По типу использования преобладают кормовые (32 %) и пищевые (29 %) виды, наиболее близки к культурным растениям и перспективны для использования в селекции 106 видов.

Ключевые слова: хозяйственно-ценные виды растений, Южный Урал, сохранение *in situ*, границы ареалов.

Введение

Инвентаризация диких родичей культурных растений (ДРКР) – видов, входящих в один род с культурными растениями и перспективных для хозяйственного использования – является первым шагом для выявления разнообразия полезного фитогенофонда на исследуемой территории и последующей разработки мер по его сохранению *in situ* [1].

Оренбургская область интересна благодаря своему пограничному положению между Европой и Азией и представленному здесь разнообразию ландшафтов. Значительное влияние на формирование богатства и своеобразия местной флоры оказывают Уральские горы, объединяющие Оренбургскую, Челябинскую области и Республику Башкортостан в Южно-Уральский регион. Наше исследование ДРКР Южного Урала и Приуралья было начато с Республики Башкортостан [2, 3]; *целями данной работы* являются инвентаризация и анализ видового состава ДРКР Оренбургской области.

Физико-географические условия территории исследования. Оренбургская область занимает юго-восток Русской равнины, часть Южного Урала и Зауралья, а также западную окраину Тургайского плато (рис. 1). Площадь территории составляет 124 тыс. км².

В западной части рельеф Оренбургской области представлен возвышенными равнинами Приуралья (Бугульминско-Белебеевская возвышенность, Общий Сырт, Урало-Илекское плато), в центре – низкогорьями Южного Урала (Предуральское холмогорье, Западно-Уральский и Губерлинский мелкосопочники), на востоке – Урало-Тобольским плато и равнинами Тургайской столовой страны. Абсолютные высоты колеблются в пределах 50-500 м над ур. м., со средней высотой 200-400 м. В целом на территории области господствует увалистый эрозионный рельеф, который прерывается массивами мелкосопочников, низкогорными грядами и равнинными террасами крупных рек [4].

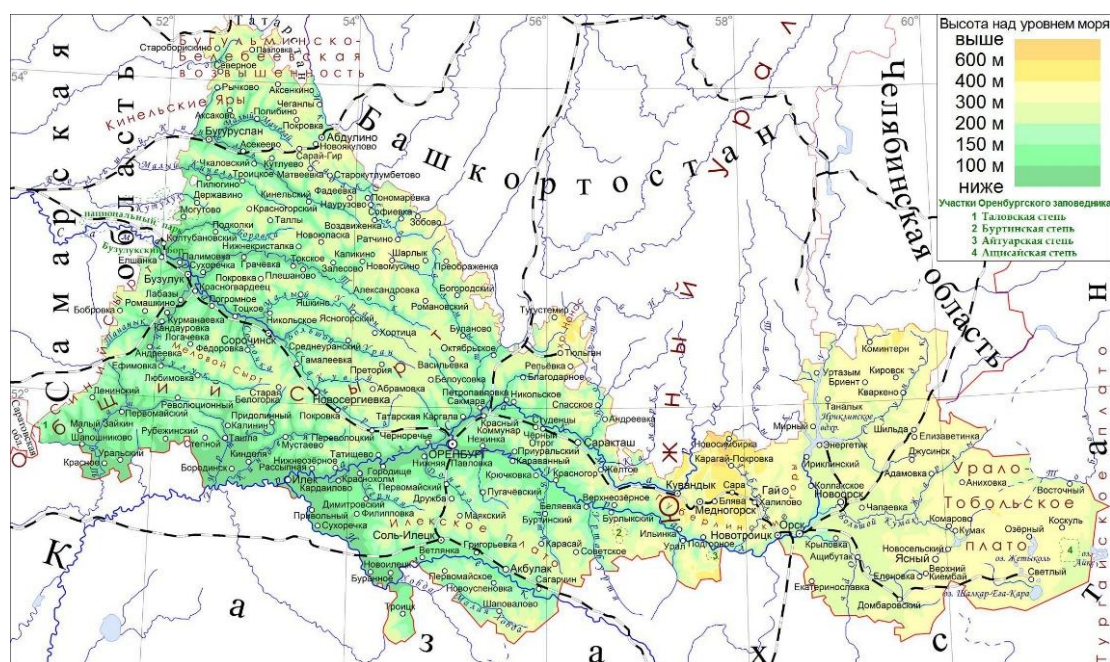


Рисунок 1 – Оренбургская область – юго-восточная окраина европейской части России

Климат Оренбургской области континентальный, со свойственными ему высокой амплитудой колебаний зимних и летних температур (34-36° С) и небольшим количеством атмосферных осадков (от 450 мм/год на северо-западе до 350 мм/год на юге, юго-востоке) [5].

Территория Оренбургской области расположена в двух почвенных зонах – черноземов (75 %) и каштановых почв (25 %). Наиболее распространены обыкновенные и южные черноземы. Выщелоченные и типичные черноземы характерны только для северо-запада и севера области. Юг Предуралья и юго-восток Зауралья занимают темно-каштановые почвы. В связи с высокой карбонатностью и засоленностью почвообразующих пород в подзоне южных черноземов и темно-каштановых почв широко представлены карбонатные и солонцеватые разновидности, солонцово-солончаковые комплексы, каменистые и малоразвитые почвы, а также выходы горных пород. Поймы рек и приозерных понижений сложены аллювиальными дерновыми почвами. Во всех природных зонах области встречаются песчаные и неполноразвитые почвы [5].

Согласно ботанико-географическому районированию Оренбургская область лежит в лесостепной и степной зонах. Лесостепная зона представлена луговыми степями, в настоящее время значительно распаханными, а также островками широколиственных лесов и сосновых редколесий. В степной зоне выражены подзоны северной и средней степи [6].

Разнообразие флоры и растительности Оренбургской области значительно повышается за счет особенностей геолого-геоморфологического строения территории, пестроты почвенного покрова и наличия выходов мела, известняка, красноцветных песчаников.

Материалы и методы исследований

Для инвентаризации ДРКР в Оренбургской области были использованы флористические списки [7] с учетом новых находок [8, 9, 10, 11, 12, 13], материалы по инвентаризации ДРКР во флоре России [14], Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию [15], материалы гербария Института степи УрО

РАН (ORIS), гербарный материал, собранный на территории исследования в июле 2022 (Беляевский и Оренбургский районы) и июне 2023 года (Бузулукский, Оренбургский, Переволоцкий, Сорочинский районы), а также материалы собственных многолетних полевых флористических и геоботанических исследований на территории Оренбургской области, содержащие данные о распространении и экологии видов, входящих в список ДРКР.

В список ДРКР включались аборигенные, а также натурализовавшиеся чужеродные виды, имеющие пищевое, кормовое или техническое значение.

Названия таксонов приведены в соответствии с Международным указателем научных названий растений [16], за исключением родов *Crambe* L. [17], *Amygdalus* L., *Cerasus* Mill. [18], *Camphorosma* L., *Kochia* Roth [19], *Cannabis* L. [20], а также *Lathyrus* L., *Lotus* L., *Linum* L., *Elytrigia* Desv., *Psathyrostachys* Nevski ex Roshev. [21].

При анализе видового состава ДРКР применялась методика флористического анализа [22].

При сравнении таксономического состава ДРКР Оренбургской области с сопредельными территориями использованы сводки региональных флор [21, 23, 24].

Эколого-ценотическая характеристика видов, а также их географическое распространение представлены в соответствии со сводкой П.В. Куликова [21]. Ареалы ДРКР уточнялись с применением электронных карт распространения видов [25, 26]. Эндемики и реликты рассматривались согласно классификации П.Л. Горчаковского [27].

Хозяйственно-экономическая значимость видов оценивалась на основе ранжирования ДРКР, разработанного во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова [14]:

1 ранг – виды, непосредственно представленные в культуре, имеют селекционные сорта;

2 ранг – виды, непосредственно участвующие в скрещиваниях, используемые как источники генов или как подвои;

3 ранг – виды близкого родства с введенными в культуру (в составе одной секции, одного подрода), перспективные для хозяйственного использования;

4 ранг – другие полезные виды рода, используемые в собирательстве и народной селекции (сортов нет);

5 ранг – все остальные виды данного рода.

Результаты и обсуждение

Таксономический анализ. Во флоре Оренбургской области представлен 271 вид аборигенных и натурализовавшихся ДРКР, принадлежащих к 21 семейству и 77 родам. Это максимальный показатель таксономического богатства ДРКР в Южно-Уральском регионе (табл. 1). Меньшее число семейств ДРКР в Оренбургской области связано с тем, что здесь не встречаются бореальные виды из семейства Ericaceae. Высокое таксономическое разнообразие ДРКР коррелирует с богатством флоры в целом.

В Оренбургской области наиболее богаты видами ДРКР семейства Rosaceae (61 вид), Fabaceae (50 видов), Lamiaceae (24 вида), Rosaceae (23 вида), Chenopodiaceae (22 вида), Alliaceae (16 видов), Polygonaceae (15 видов) и Brassicaceae (12 видов).

В целом, спектры ведущих семейств ДРКР в трех субъектах Южного Урала схожи (табл. 2), однако в Оренбургской области, занимающей наиболее южное положение, заметно повышается ранг термофильного семейства Chenopodiaceae. Также здесь отмечается большее разнообразие ДРКР из семейства Brassicaceae, что может быть связано с наличием таких специфических местообитаний, как меловые обнажения, к которым, в частности, приурочены *Crambe aspera* M. Bieb. и *Lepidium meyeri* Claus – виды, которые можно обнаружить на Южном Урале и в Приуралье только в Оренбургской области.

Таблица 1 – Показатели богатства ДРКР во флорах Оренбургской области и сопредельных территорий Южно-Уральского региона

Флора	Площадь (тыс. км ²)	Число видов во флоре	Число таксонов ДРКР		
			видов	родов	семейств
Оренбургская область	123,7	1960	271	77	21
Республика Башкортостан	143,6	1730	251	76	22
Челябинская область	88,5	1680	237	73	22

Таблица 2 – Ведущие по числу видов ДРКР семейства в сравниваемых флорах

Оренбургская область	Республика Башкортостан	Челябинская область
Рoaceae (61)	Рoaceae (65)	Рoaceae (68)
Fabaceae (50)	Fabaceae (43)	Fabaceae (39)
Lamiaceae (24)	Lamiaceae (25)	Rosaceae (22)
Rosaceae (23)	Rosaceae (20)	Lamiaceae (19)
Chenopodiaceae (22)	Alliaceae (16)	Polygonaceae (16)
Alliaceae (16)	Polygonaceae (14)	Alliaceae (13)
Polygonaceae (15)	Chenopodiaceae (13)	Chenopodiaceae (11)
Brassicaceae (12)	Asteraceae (9)	Asteraceae (8)
Asteraceae (9)	Brassicaceae (8)	Apiaceae (6)
Apiaceae (8)	Apiaceae (6)	Brassicaceae (5)

К родам с максимальным числом видов ДРКР в Оренбургской области относятся *Allium* L., *Rumex* L., *Trifolium* L., *Poa* L., *Lathyrus* и *Festuca* L., что так же верно для Башкортостана и Челябинской области (табл. 3). Однако Оренбургскую область отличает относительно высокое видовое богатство родов *Linum* и *Salvia* L., виды которых в основном приурочены к степным сообществам и выходам известняка, а также родов *Chenopodium* L., *Suaeda* Forssk. ex J.F.Gmel., *Salsola* L. и *Lepidium* L., большинство анализируемых представителей которых произрастают на засоленных почвах.

Таблица 3 – Ведущие по числу видов ДРКР роды в сравниваемых флорах

Оренбургская область	Республика Башкортостан	Челябинская область
<i>Allium</i> (16)	<i>Allium</i> (16)	<i>Poa</i> , <i>Rumex</i> (16)
<i>Rumex</i> (15)	<i>Poa</i> (15)	<i>Allium</i> (13)
<i>Trifolium</i> (13)	<i>Rumex</i> (14)	<i>Festuca</i> (12)
<i>Poa</i> (11)	<i>Festuca</i> , <i>Trifolium</i> (11)	<i>Trifolium</i> (11)
<i>Lathyrus</i> (11)	<i>Lathyrus</i> , <i>Thymus</i> (10)	<i>Thymus</i> (9)
<i>Festuca</i> (9)	<i>Elytrigia</i> (7)	<i>Agrostis</i> , <i>Lathyrus</i> (8)
<i>Agrostis</i> , <i>Thymus</i> (8)	<i>Elymus</i> , <i>Linum</i> , <i>Rubus</i> , <i>Vicia</i> (6)	<i>Elymus</i> , <i>Rubus</i> (6)
<i>Linum</i> , <i>Rosa</i> , <i>Salvia</i> (7)	<i>Agrostis</i> , <i>Medicago</i> (5)	<i>Elytrigia</i> , <i>Lonicera</i> , <i>Melilotus</i> , <i>Rosa</i> , <i>Vicia</i> (5)
<i>Chenopodium</i> , <i>Elytrigia</i> , <i>Suaeda</i> , <i>Vicia</i> (6)		
<i>Medicago</i> , <i>Melilotus</i> , <i>Salsola</i> , <i>Lepidium</i> (5)		

Эколого-ценотический анализ. В основном ДРКР в Оренбургской области приурочены к степным, луговым и прибрежным фитоценозам. Менее представлены лесные, опушечные и рудеральные виды (рис. 2).

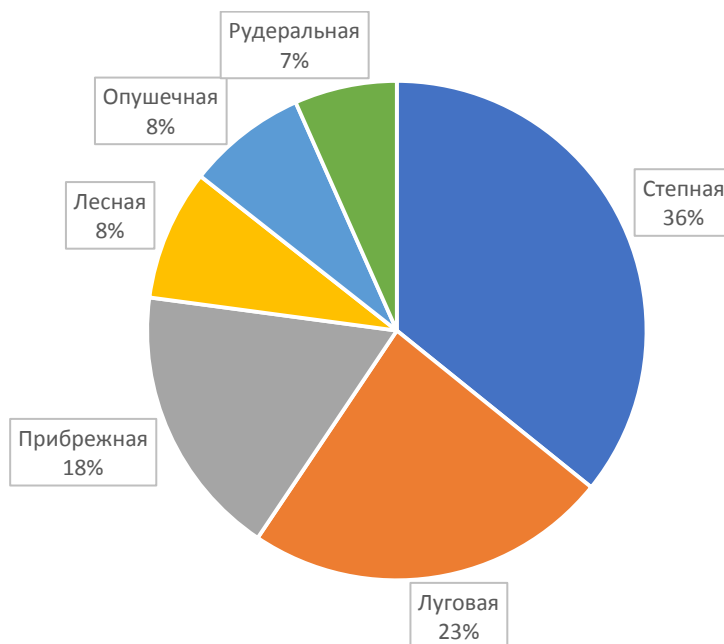


Рисунок 2 – Эколого-ценотические группы ДРКР Оренбургской области

Степные ДРКР включают 97 видов (*Salvia dumetorum* Andrz., *Poa crispa* Thuill., *Cerasus fruticosa* Pall., etc.), из них около трети (31 вид) – петрофитно-степные (*Allium flavescens* Besser, *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst., *Agropyron desertorum* (Fisch. ex Link) Schult., etc.) и около четверти (23 вида) – галофитно-степные (*Asparagus pallasii* Mischz., *Lactuca saligna* L., *Psathyrostachys juncea* (Fisch.) Nevski, etc.). В состав петрофитно-степных видов можно выделить особую группу растений-кальцефитов (7 видов) – *Linum austriacum* L., *Crambe aspera*, *Lepidium meyeri*, etc. Псаммофитно-степные виды немногочисленны (7): *Agropyron fragile* (Roth) P. Candargy, *Chenopodium botrys* L., *Salsola paulsenii* Litv., etc.

К луговой эколого-ценотической группе относится 64 вида; среди них многие виды луков (*Allium obliquum* L., *A. oleraceum* L., *A. rotundum* L., etc.), бобовых (*Lathyrus pratensis* L., *Trifolium hybridum* L., *Vicia cracca* L., etc.), злаков (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., etc.) и шавелей (*Rumex crispus* L., *R. thyrsiflorus* Fingerh., *R. ucranicus* Fisch. ex Spreng.). 12 видов ДРКР встречаются в составе влажных лугов (*Allium angulosum* L., *Armoracia sisymbrioides* (DC.) Cajander, *Beckmannia syzigachne* (Steud.) Fernald, etc.). Доля галофитно-луговых видов составляет около 19 % (*Suaeda acuminata* (C. A. Mey.) Moq., *Trifolium fragiferum* L., *Hordeum nevskianum* Bowden, etc.).

В прибрежных фитоценозах сосредоточены влаголюбивые виды ДРКР (48). Здесь можно встретить представителей родов *Glycyrrhiza* L., *Ribes* L., *Mentha* L., *Alopecurus* L., etc.

Лесные и опушечные виды ДРКР занимают примерно равную долю (23 и 21 вида соответственно). В основном, это виды, произрастающие в разных типах леса (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Lonicera xylosteum* L., *Elymus caninus* (L.) L., etc.) и на опушках (*Hypericum maculatum* Crantz., *Origanum vulgare* L., *Rosa majalis* Herm., etc.). С рудеральными сообществами связаны 18 видов, например, ДРКР из родов *Arctium* L., *Cannabis* L., *Melilotus* Mill., etc.

Географический анализ. В Оренбургской области около трети видов ДРКР (90) находятся близ границ своего ареала (табл. 4).

Таблица 4 – Виды ДРКР, находящиеся на границе ареала в Оренбургской области

Граница ареала	Виды
Северная	<i>Allium caeruleum</i> , <i>A. inderiense</i> , <i>A. sphaerocephalon</i> , <i>Pastinaca clausii</i> , <i>Asparagus inderiensis</i> , <i>A. pallasii</i> , <i>A. persicus</i> , <i>Lactuca saligna</i> , <i>Bunias cochleroides</i> , <i>Crambe aspera</i> , <i>Lepidium cordatum</i> , <i>L. coronopifolium</i> , <i>Salsola mutica</i> , <i>S. paulsenii</i> , <i>S. rosacea</i> , <i>S. soda</i> , <i>Suaeda acuminata</i> , <i>S. altissima</i> , <i>S. physophora</i> , <i>S. salsa</i> , <i>Glycyrrhiza echinata</i> , <i>G. korshinskyi</i> , <i>Lathyrus incurvus</i> , <i>L. pannonicus</i> , <i>Lotus stepposus</i> , <i>Medicago komarovii</i> , <i>Trifolium borysthenticum</i> , <i>Salvia aethiopis</i> , <i>Linum austriacum</i> , <i>L. pallescens</i> , <i>Agropyron kazachstanicum</i> , <i>Agrostis albida</i> , <i>Hordeum roshevitzii</i> , <i>Psathyrostachys hyalantha</i> , <i>Secale sylvestre</i> , <i>Crataegus ambigua</i> , <i>C. chlorocarpa</i> , <i>C. korolkowii</i>
Южная	<i>Angelica archangelica</i> , <i>Lonicera xylosteum</i> , <i>Lathyrus vernus</i> , <i>Vicia cassubica</i> , <i>V. pisiformis</i> , <i>V. sylvatica</i> , <i>Ribes spicatum</i> , <i>Hypericum maculatum</i> , <i>Linum catharticum</i> , <i>Agrostis canina</i> , <i>A. clavata</i> , <i>A. tenuis</i> , <i>Rumex hydrplopatum</i> , <i>R. sylvestris</i> , <i>Urtica sondenii</i>
Восточная	<i>Allium oleraceum</i> , <i>A. rotundum</i> , <i>A. sphaerocephalon</i> , <i>Angelica archangelica</i> , <i>Pastinaca clausii</i> , <i>Arctium nemorosum</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Crambe aspera</i> , <i>C. tataria</i> , <i>Lepidium coronopifolium</i> , <i>Salsola mutica</i> , <i>Glycyrrhiza echinata</i> , <i>Lathyrus incurvus</i> , <i>L. niger</i> , <i>L. pallescens</i> , <i>Lotus zhegulensis</i> , <i>Medicago cancellata</i> , <i>Melilotus altissimus</i> , <i>Trifolium alpestre</i> , <i>Vicia cassubica</i> , <i>Salvia glutinosa</i> , <i>S. nutans</i> , <i>S. pratensis</i> , <i>Thymus spryginii</i> , <i>Linum austriacum</i> , <i>L. catharticum</i> , <i>L. flavum</i> , <i>L. nervosum</i> , <i>Agrostis albida</i> , <i>Elytrigia elongata</i> , <i>Festuca arundinacea</i> , <i>Secale sylvestre</i> , <i>Crataegus ambigua</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus spinosa</i> , <i>Rosa canina</i> , <i>Sambucus racemosa</i> , <i>Urtica kioviensis</i>
Западная	<i>Allium obliquum</i> , <i>A. rubens</i> , <i>Angelica decurrens</i> , <i>Armoracia sisymbrioides</i> , <i>Lepidium cordatum</i> , <i>Chenopodium acuminatum</i> , <i>Salsola rosacea</i> , <i>Glycyrrhiza uralensis</i> , <i>Lathyrus gmelinii</i> , <i>Linum pallescens</i> , <i>Beckmannia syzigachne</i> , <i>Hordeum roshevitzii</i> , <i>Sambucus sibirica</i>

Северный предел распространения в области имеют 38 видов. В основном, это растения, ареал которых в той или иной мере охватывает южную часть Европы, Западную и Центральную Азию (*Glycyrrhiza echinata* L., *Suaeda altissima* (L.), *Salvia aethiopis* L., etc.); среди них также представлены виды с более ограниченным ареалом в Юго-Восточной Европе и Центральной Азии (*Allium caeruleum* Pall., *Salsola mutica* С.А. Mey, *Crataegus chlorocarpa* Lenne & K. Koch, etc.). Вторую обширную группу образуют виды с преимущественно азиатским или сибирско-азиатским ареалом (*Asparagus persicus* Baker, *Hordeum roshevitzii* Bowden, *Lepidium cordatum* Willd. ex Steven, etc.). Несколько видов характеризуются узким распространением: с основной частью ареала в Казахстане (*Asparagus inderiensis* F.K. Blum ex Pacz., *Medicago komarovii* Vass., *Agropyron kazachstanicum* (Tzvelev) Peschkova) и Юго-Восточной Европе (*Trifolium borysthenticum* Gruner).

На южной границе ареала находятся бореальные (*Ribes spicatum* E. Robson, *Agrostis canina* L., *A. clavata* Trin., *Urtica sondenii* (Simmons) Avrorin ex Geltman), бореально-неморальные (*Angelica archangelica* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Vicia sylvatica* L., *Hypericum maculatum* Crantz, etc.) и неморальные (*Lonicera xylosteum*, *Vicia pisiformis* L., *Rumex sylvestris* (Lam.) Wallr.) виды – всего 15.

В Оренбургской области проходит восточный рубеж распространения 38 видов ДРКР, преимущественно с западноазиатско-европейским (*Allium rotundum* L., *Pastinaca clausii* (Ledeb.) Pimenov, *Trifolium alpestre* L., *Prunus spinosa* L., etc.) и европейским (*Allium oleraceum*, *Corylus avellana* L., *Melilotus altissimus* Thuill., *Linum flavum* L., etc.) ареалом. В их числе – 2 вида с довольно узким ареалом в пределах Юго-Восточной Европы – *Medicago cancellata* M Bieb. и *Lotus zhegulensis* Klok., а также эндемик Высокого Заволжья – *Thymus spryginii* Vasjukov [10].

13 видов ДРКР находятся близ западной границы ареала. К ним относятся сибирско-центральноазиатские (*Allium obliquum*, *Lepidium cordatum* Willd. Ex DC., *Lathyrus gmelinii* Fritsch, *Sambucus sibirica* Nakai) и центральноазиатские (*Linum pallescens* Bunge, *Salsola rosacea* L.) виды. Ареал *Allium rubens* Schrad. ex Willd. лежит в пределах Урала и Западной Сибири.

6 видов ДРКР принадлежат к эндемикам уральской флоры – из них 5 скально-горностепных видов (*Elytrigia pruinifera* Nevski, *E. reflexiaristata* (Nevski) Nevski, *Thymus bashkiriensis* Klokov & Des.-Shost., *T. mugodzharicus* Klokov & Des.-Shost., *T. talijevii* Klokov & Des.-Shost.) и один неморальный (*Lathyrus litvinovii* Пjin) [22]. Горно-степным эндемиком Заволжья является *Linum uralense* Juz. Также узким ареалом характеризуются *Lepidium meyeri* (восточноевропейский субэндемик меловых обнажений) и *Glycyrrhiza korshinskyi* Grig. (южноуральско-западноказахстанский вид солонцеватых степей и лугов) [23].

Анализ хозяйственно-экономической значимости. По направлению хозяйственного использования среди ДРКР Оренбургской области преобладают кормовые (32 % от общего числа ДРКР) и пищевые (29 %) растения, видов технического значения меньше всего (7 %) (рис. 3).

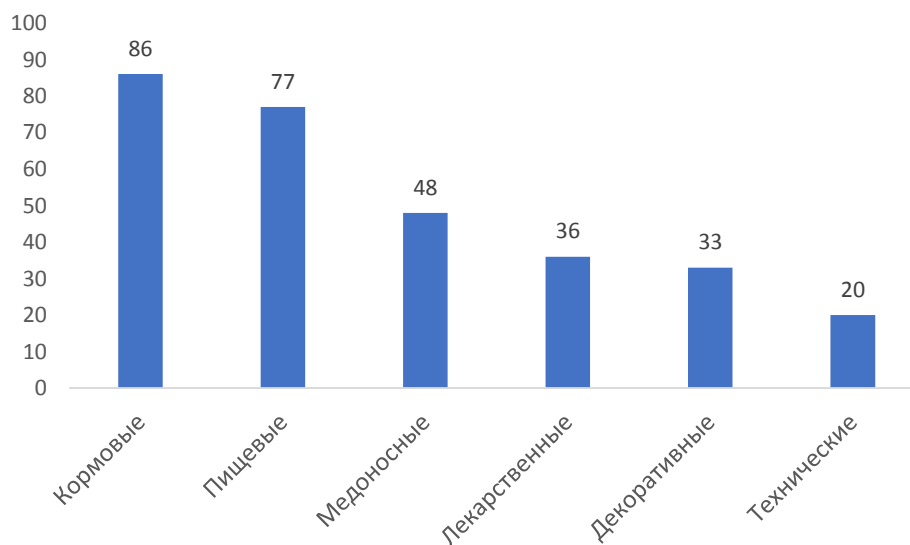


Рисунок 3 – Направления хозяйственного использования ДРКР Оренбургской области

Кормовые растения в основном представлены злаками (*Bromopsis inermis*, *Dactylus glomerata*, *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, etc.) и бобовыми (*Medicago romanica* Prodan, *Trifolium hybridum*, *Vicia tenuifolia* Roth, etc.); аридные кормовые – представителями семейства Chenopodiaceae (*Camphorosma lessingii* Litv., *Kochia prostrata* (L.) Schrad., *Suaeda altissima*, etc.). Плодово-ягодными видами богато семейство Rosaceae (*Cerasus fruticosa*, *Prunus spinosa*, *Rosa majalis*, etc.), пряно-ароматическими – семейства Lamiaceae (*Mentha arvensis* L., *Origanum vulgare*, *Thymus marschallianus* Willd., etc.) и Apiaceae (*Angelica archangelica*, *Carum carvi* L., *Pastinaca sylvestris* Mill., etc.), овощные растения представлены в семействах Alliaceae (*Allium lineare* L., *A. rubens*, etc.), Polygonaceae (*Rumex acetosa* L., *R. aquaticus* L., etc.), Asparagaceae (*Asparagus officinalis* L., *A. persicus*) и

др. Примерами технических растений служат эфиромасличные (*Mentha longifolia* (L.) Huds., *Nepeta cataria* L., etc.), прядильные (*Cannabis ruderalis* Janisch., *Linum austriacum*, etc.) и дубильные (*Sorbus aucuparia* L., *Rumex crispus*) виды. Кроме того, многие ДРКР также являются медоносными (*Bunias orientalis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Trifolium pratense* L., etc.), лекарственными (*Arctium lappa* L., *Glycyrrhiza glabra* L., *Rubus idaeus* L., etc.) и декоративными (*Allium obliquum*, *Linum flavum*, *Crataegus sanguinea* Pall., etc.) растениями.

С хозяйственной точки зрения наибольшей ценностью обладают 106 видов ДРКР, т.е. 40 % видов принадлежат к 1, 2 и 3 рангам хозяйственно-экономической значимости: это как виды, уже представленные в культуре (*Alopecurus arundinaceus* Poir., *Hypericum perforatum* L., *Viburnum opulus* L., etc.) и используемые в скрещиваниях (*Allium rubens*, *Amygdalus nana* L., *Trifolium fragiferum*, etc.), так и перспективные для селекции, находящиеся в близком родстве с культурными видами (*Pastinaca clausii*, *Lathyrus gmelinii*, *Thymus marschallianus*, etc.) (рис. 4). Еще 67 видов (4 ранг) используются в народном собирательстве (*Fragaria viridis* (Duchesne) Weston, *Salvia pratensis* L., *Glycyrrhiza uralensis* Fisch., etc.).

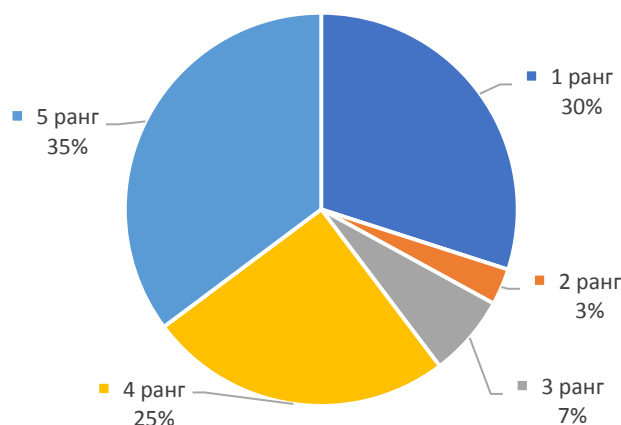


Рисунок 4 – Ранги хозяйственно-экономической значимости ДРКР Оренбургской области

Редкость и уязвимость. 14 видов ДРКР включены в Красную книгу Оренбургской области [28], два из которых – в Красную книгу России [29] – *Lepidium meyeri* и *Medicago cancellata* (табл. 5). 10 редких и уязвимых видов сохраняются на особо охраняемых природных территориях федерального значения – Оренбургском государственном природном заповеднике, заповеднике «Шайтан-Тау» и национальном парке «Бузулукский бор», однако для 4 видов не обеспечены достаточно надежные меры защиты: *Lepidium meyeri*, *Lathyrus incurvus* (Roth) Roth, *Linum uralense*, *Crambe tataria* Sebeok.

Таблица 5 – Редкие и уязвимые виды ДРКР в Оренбургской области

Вид	Статус редкости в Красной книге Оренбургской области (2019)	Статус редкости в Красной книге России (2023)
<i>I</i>	2	3
<i>Allium caeruleum</i>	3	
<i>A. inderiense</i>	3	
<i>A. obliquum</i>	3	
<i>Crambe tataria</i>	3	
<i>Lepidium meyeri</i>	3	2
<i>Glycyrrhiza korshinskyi</i>	3	
<i>Lathyrus incurvus</i>	2	

1	2	3
<i>Medicago cancellata</i>	3	3
<i>M. komarovii</i>	3	
<i>Salvia glutinosa</i>	4	
<i>Linum uralense</i>	3	
<i>Elytrigia pruinifera</i>	2	
<i>Festuca altissima</i>	3	
<i>Crataegus ambigua</i>	3	

Выводы

Таким образом, для Оренбургской области характерно максимальное таксономическое разнообразие ДРКР в южноуральском регионе. Наиболее богаты видами ДРКР семейства Poaceae, Fabaceae, Rosaceae, Lamiaceae и Chenopodiaceae, а также роды *Allium*, *Rumex*, *Trifolium*, *Poa*, *Lathyrus* и *Festuca*. По сравнению с сопредельными территориями Южного Урала, здесь в среднем вдвое больше видов ДРКР из семейства Chenopodiaceae.

77 % ДРКР в Оренбургской области приурочены к луговым, степным и прибрежным сообществам. Менее представлены лесные, опушечные и рудеральные виды. Около 27 % видов связано со специфическими местообитаниями – скальными обнажениями, засоленными почвами и песками.

В силу своего положения на крайнем юго-востоке Русской равнины и на Южном Урале, Оренбургская область является зоной контакта европейских, азиатских, бореально-неморальных и степных видов, соответственно, около трети ДРКР (90 из 271 видов) находятся здесь на границе ареала. Краевые популяции видов ДРКР, находящихся в Оренбургской области на границе ареала, могут нести ценные мутации, представляющие интерес для селекции.

14 видов ДРКР являются редкими и уязвимыми, два из них включены в Красную книгу России – *Lepidium meyeri* и *Medicago cancellata*, 6 видов ДРКР являются уральскими эндемиками (*Elytrigia pruinifera*, *E. reflexiaristata*, *Thymus bashkiriensis*, *T. mugodzharicus*, *T. talijevii*, *Lathyrus litvinovii*), 1 вид – эндемиком Заволжья (*Linum uralense*).

По направлению хозяйственного использования в Оренбургской области преобладают кормовые (32 %) и пищевые (29 %) виды ДРКР, наиболее близки к культурным растениям и перспективны для использования в селекции 106 видов. Галофитные и степные виды ДРКР перспективны для изучения как источники генов соле- и засухоустойчивости.

При последующей разработке рекомендаций по сохранению ДРКР *in situ* особое внимание следует уделить уточнению местонахождений редких и уязвимых видов, эндемиков, а также наиболее хозяйственно-ценных видов на границе ареала и в специфических местообитаниях – засоленных почвах, песках, обнажениях известняка и мела.

Благодарности

Работа выполнена по теме «Раскрытие научного потенциала гербарной коллекции ВИР как особой специфической единицы хранения мирового агробиоразнообразия для научно обоснованной мобилизации, эффективного изучения и сохранения генофонда культурных растений и их диких родичей» в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова № FGEM-2022-0006 и по плановой теме Института степи УрО РАН № АААА-А21-121011190016-1.

Список литературы

1. Chukhina I.G., Shipilina L.Yu., Bagmet L.V., Talovina G.V., Smekalova T.N. Results of studying wild relatives of the cultivated plants of Russia. *Bio. Comm.* 2020. vol. 65. no. 1. pp. 41-52. DOI: 10.21638/spbu03.2020.104.
2. Мифтахова С.Р., Абрамова Л.М. Дикие родичи культурных растений Республики Башкортостан // *Фиторазнообразие Восточной Европы*. 2014. Т. VIII. № 3. С. 63-80.
3. Мифтахова С.Р., Абрамова Л.М., Ямалов С.М. Редкие и уязвимые виды диких родичей культурных растений в фитоценозах Республики Башкортостан // *Вестник Удмуртского университета*. 2014. Сер. 6. Вып. 4. С. 12-17.
4. Энциклопедия «Оренбуржье»: Т. 1. Природа / под ред. А.А. Чибилева. Калуга: Золотая аллея, 2000. 192 с.
5. Географический атлас Оренбургской области / под ред. А.А. Чибилева. М.: Издательство ДИК, 1999. 96 с.
6. Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий. Карта для высших учебных заведений / Под ред. Г.Н. Огуреевой. М., 1999. М. 1 : 8 000 000. 2 л.
7. Рябинина З.Н., Князев М.С. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 758 с.
8. Сенатор С.А., Кин Н.О., Калмыкова О.Г., Саксонов С.В. О некоторых новых и редких видах флоры национального парка «Бузулукский бор» (Оренбургская область) // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2011. Т. 13. № 1. С. 59-62.
9. Калмыкова О.Г., Кин Н.О. Находки новых и редких видов в Оренбургской области // *Бот. журн.* 2017. Т. 102. № 7. С. 956-961.
10. Князев М.С., Ямалов С.М., Голованов Я.М., Калмыкова О.Г., Табульдин Ю.З. Флористические находки в Оренбургской области // *Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол.* 2017. Т. 122. Вып. 3. С. 66-69.
11. Голованов Я.М., Князев М.С., Ямалов С.М., Королук А.Ю., Лебедева М.В. Флористические находки на территории Оренбургской области и некоторых сопредельных территориях (по материалам экспедиций 2016-2017 гг.) // *Turczaninowia*. 2018. Т. 21. № 1. С. 131-143.
12. Саксонов С.В., Князев М.С., Васюков В.М., Сенатор С.А., Иванова А.В., Калмыкова О.Г., Кин Н.О., Письмаркина Е.В. Новые флористические находки в Республике Башкортостан, Оренбургской и Самарской областях // *Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол.* 2018. Т. 123. Вып. 3. С. 78-80.
13. Голованов Я.М., Калмыкова О.Г., Ямалов С.М., Лебедева М.В. Флористические находки сосудистых растений на территории Оренбургской области // *Вестник Оренбургского государственного педагогического университета*. 2020. № 2 (34). С. 24-32. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.34.3.
14. Каталог мировой коллекции ВИР. Вып. 766. Дикие родичи культурных растений России / сост. Т.Н. Смекалова, И.Г. Чухина. Санкт-Петербург: ВИР, 2005. 54 с.
15. Государственный реестр сортов, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 646 с.
16. International Plant Names Index. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipni.org/>. (дата обращения: 28.06.2023).
17. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
18. Флора Восточной Европы. Т. 10. / под ред. Н.Н. Цвелева. СПб: Мир и семья; Изд-во СПХФА, 2001. 670 с.
19. Флора Восточной Европы. Т. 9. / под ред. Н.Н. Цвелева. СПб: Мир и семья, 1996. 456 с.

20. Флора Восточной Европы. Т. 11. / под ред. Н.Н. Цвелева. М., СПб: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 536 с.
21. Куликов П.В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург - Миасс: «Геотур», 2005. 537 с.
22. Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики. Новосибирск: Наука, 1986. 197 с.
23. Определитель высших растений Башкирской АССР. Сем. Onocleaceae-Fumariaceae / Отв. ред. Е.В. Кучеров, А.А. Мулдашев. М.: Наука, 1988. 316 с.
24. Определитель высших растений Башкирской АССР. Сем. Brassicaceae-Assteraceae / Отв. ред. Е.В. Кучеров, А.А. Мулдашев. М.: Наука, 1989. 374 с.
25. Plants of the World online. [Электронный ресурс]. URL: <https://powo.science.kew.org/> (дата обращения: 28.06.2023).
26. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения. 2007. [Электронный ресурс]. URL: <https://agroatlas.ru/ru/> (дата обращения: 08.06.2023).
27. Горчаковский П.Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала // Тр. Ин-та экологии растений и животных УФАН СССР. Вып. 66. Свердловск, 1969. 286 с.
28. Красная книга Оренбургской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов: официальное издание. Воронеж: ООО «МИР», 2019. 488 с.
29. Красная книга России [Электронный ресурс]. URL: <https://redbookrf.ru/rasteniya/page/3> (дата обращения: 19.03.2023).

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

Поступила в редакцию 06.07.2023

Принята к публикации 11.09.2023

CROP WILD RELATIVES OF ORENBURG PROVINCE: INVENTORY AND THE ANALYSIS OF SPECIES COMPOSITION

*S. Miftakhova¹, O. Kalmykova²

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Russia, Saint Petersburg

² Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg
e-mail: *s.miftakhova@vir.nw.ru

It has been revealed that Orenburg Province comprises the highest species diversity of crop wild relatives (CWR) in the South Ural region – 271 species belonging to 21 families and 77 genera. The Poaceae, Fabaceae, Rosaceae, Lamiaceae and Chenopodiaceae families and the *Allium* L., *Rumex* L., *Trifolium* L., *Poa* L., *Lathyrus* L. and *Festuca* L. genera contain most CWR species. 77 % of CWR are confined to meadow, steppe and coastal communities. About 27% of the species grow in specific habitats – rocky outcrops, saline soils and sands. Approximately one third of CWR are on their range boundary, 7 species are endemic. 14 species are listed in the regional Red Data Book, two of them are included in the Red Data Book of Russia – *Lepidium meyeri* Claus and *Medicago cancellata* M. Bieb. In terms of use, forage (32 %) and food (29 %) species predominate, 106 species are closely related to cultivated plants and may be considered promising for breeding.

Key words: economically valuable plant species, the Southern Urals, *in situ* conservation, range boundaries.

References

1. Chukhina I.G., Shipilina L.Yu., Bagmet L.V., Talovina G.V., Smekalova T.N. Results of studying wild relatives of the cultivated plants of Russia. *Bio. Comm.* 2020. vol. 65. no. 1. pp. 41–52. DOI: 10.21638/spbu03.2020.104.
2. Miftakhova S.R., Abramova L.M. Dikie rodichi kul'turnykh rastenii Respubliki Bashkortostan. *Fitoraznoobrazie Vostochnoi Evropy.* 2014. T. VIII. N 3. S. 63-80.
3. Miftakhova S.R., Abramova L.M., Yamalov S.M. Redkie i uyazvimye vidy dikikh rodichei kul'turnykh rastenii v fitotsenozakh Respubliki Bashkortostan. *Vestnik Udmurtskogo universitet.* 2014. Ser. 6. Vyp. 4. S. 12-17.
4. Entsiklopediya "Orenburzh'e": T. 1. Priroda. Pod red. A.A. Chibileva. Kaluga: Zolotaya alleya, 2000. 192 s.
5. Geograficheskii atlas Orenburgskoi oblasti. Pod red. A.A. Chibileva. M.: Izdatel'stvo DIK, 1999. 96 s.
6. Zony i tipy poynosti rastitel'nosti Rossii i sopredel'nykh territorii. Karta dlya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pod red. G.N. Ogurevoi. M., 1999. M. 1 : 8 000 000. 2 l.
7. Ryabinina Z.N., Knyazev M.S. *Opredelitel' sosudistykh rastenii Orenburgskoi oblasti.* M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2009. 758 s.
8. Senator S.A., Kin N.O., Kalmykova O.G., Saksonov S.V. O nekotorykh novykh i redkikh vidakh flory natsional'nogo parka "Buzulukskii bor" (Orenburgskaya oblast'). *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN.* 2011. T. 13. N 1. S. 59-62.
9. Kalmykova O.G., Kin N.O. Nakhodki novykh i redkikh vidov v Orenburgskoi oblasti. *Bot. zhurn.* 2017. T. 102. N 7. S. 956-961.
10. Knyazev M.S., Yamalov S.M., Golovanov Ya.M., Kalmykova O.G., Tabul'din Yu.Z. Floristicheskie nakhodki v Orenburgskoi oblasti. *Byul. Mosk. o-va ispytatelei prirody. Otd. Biol.* 2017. T. 122. Vyp. 3. S. 66-69.
11. Golovanov Ya.M., Knyazev M.S., Yamalov S.M., Korolyuk A.Yu., Lebedeva M.V. Floristicheskie nakhodki na territorii Orenburgskoi oblasti i nekotorykh sopredel'nykh territoriyakh (po materialam ekspeditsii 2016-2017 gg.). *Turczaninowia.* 2018. T. 21. N 1. S. 131-143.
12. Saksonov S.V., Knyazev M.S., Vasyukov V.M., Senator S.A., Ivanova A.V., Kalmykova O.G., Kin N.O., Pis'markina E.V. Novye floristicheskie nakhodki v Respublike Bashkortostan, Orenburgskoi i Samarskoi oblastiakh. *Byul. Mosk. o-va ispytatelei prirody. Otd. Biol.* 2018. T. 123. Vyp. 3. S. 78-80.
13. Golovanov Ya.M., Kalmykova O.G., Yamalov S.M., Lebedeva M.V. Floristicheskie nakhodki sosudistykh rastenii na territorii Orenburgskoi oblasti. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta.* 2020. N 2 (34). S. 24-32. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.34.3.
14. Katalog mirovoi kollektzii VIR. Vyp. 766. Dikie rodichi kul'turnykh rastenii Rossii. Sost. T.N. Smekalova, I.G. Chukhina. Sankt-Peterburg: VIR, 2005. 54 s.
15. Gosudarstvennyi reestr sortov, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. Sorta rastenii (ofitsial'noe izdanie). M.: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2022. 646 s.
16. International Plant Names Index. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.ipni.org/>. (data obrashcheniya: 28.06.2023).
17. Maevskii P.F. *Flora srednei polosy evropeiskoi chasti Rossii.* M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2014. 635 s.
18. *Flora Vostochnoi Evropy.* T. 10. Pod red. N.N. Tsveleva. SPb: Mir i sem'ya; Izd-vo SPKhFA, 2001. 670 s.
19. *Flora Vostochnoi Evropy.* T. 9. Pod red. N.N. Tsveleva. SPb: Mir i sem'ya, 1996. 456 s.
20. *Flora Vostochnoi Evropy.* T. 11. Pod red. N.N. Tsveleva. M., SPb: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2004. 536 s.

21. Kulikov P.V. Konspekt flory Chelyabinskoi oblasti (sosudistye rasteniya). Ekaterinburg - Miass: "Geotur", 2005. 537 s.
22. Tolmachev A.I. Metody sravnitel'noi floristiki. Novosibirsk: Nauka, 1986. 197 s.
23. Opredelitel' vysshikh rastenii Bashkirskoi ASSR. Sem. Onocleaceae-Fumariaceae. Otv. red. E.V. Kucherov, A.A. Muldashev. M.: Nauka, 1988. 316 s.
24. Opredelitel' vysshikh rastenii Bashkirskoi ASSR. Sem. Brassicaceae-Assteraceae. Otv. red. E.V. Kucherov, A.A. Muldashev. M.: Nauka, 1989. 374 s.
25. Plants of the World online. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://powo.science.kew.org/>. (data obrashcheniya: 28.06.2023).
26. Agroekologicheskii atlas Rossii i sopredel'nykh stran: ekonomicheski znachimye rasteniya, ikh bolezn, vrediteli i sornye rasteniya. 2007. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://agroatlas.ru/ru/> (data obrashcheniya: 08.06.2023).
27. Gorchakovskii P.L. Osnovnye problemy istoricheskoi fitogeografii Urala. Tr. In-ta ekologii rastenii i zhivotnykh UFAN SSSR. Vyp. 66. Sverdlovsk, 1969. 286 s.
28. Krasnaya kniga Orenburgskoi oblasti: Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoi ischeznoveniya vidy zhivotnykh, rastenii i gribov: ofitsial'noe izdanie. Voronezh: OOO "MIR", 2019. 488 s.
29. Krasnaya kniga Rossii [Elektronnyi resurs]. URL: <https://redbookrf.ru/rasteniya/page/3> (data obrashcheniya: 19.03.2023).

Сведения об авторах:

Снежана Ринатовна Мифтахова

К.б.н., ведущий специалист отдела агроботаники и сохранения генетических ресурсов растений *in situ*, Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова
ORCID: 0000-0002-9579-8646

Snezhana Miftakhova

Candidate of Biological Sciences, Leading Specialist of the Department of Agrobotany and *in situ* conservation of plant genetic resources, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources

Ольга Геннадьевна Калмыкова

К.б.н., старший научный сотрудник отдела ландшафтной экологии, Институт степи УрО РАН

ORCID: 0000-0001-5743-5054

Olga Kalmykova

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

Для цитирования: Мифтахова С.Р., Калмыкова О.Г. Дикие родичи культурных растений Оренбургской области: инвентаризация и анализ видового состава // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 84-96. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-84-96

НОВОЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ *CALLA PALUSTRIS* L. (ARACEAE JUSS.) НА ТЕРРИТОРИИ БУЗУЛУКСКОГО БОРА

*В.А. Глазунов¹, Н.О. Кин², П.В. Вельмовский²

¹Тюменский научный центр СО РАН, Россия, Тюмень

²Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: *v_gl@inbox.ru

В результате флористических исследований на территории национального парка «Бузулукский бор» в 2023 г. отмечено новое местонахождение *Calla palustris* L. (белокрыльника болотного) – редкого для региона вида, рекомендуемого для охраны (N 53,032342°; E 52,134811°). Популяция многочисленная, образована вегетирующими растениями. В дальнейшем планируется регулярный мониторинг ее состояния.

Ключевые слова: белокрыльник болотный, Красная книга, национальный парк, редкий вид.

Введение

Calla palustris L. (белокрыльник болотный, или калла болотная) – голарктический (циркумбореальный с дизъюнкцией в Западной Европе) болотный вид монотипного рода, распространенного в умеренном поясе Евразии и Северной Америки [1, 2], встречается во всех областях средней полосы европейской части России, к югу и юго-востоку заметно реже [3]. Произрастает по низинным болотам, сплавидам, топким берегам водоемов, ольшаникам. Один из важнейших сплавинообразователей.

Южная граница распространения на юго-востоке европейской части России проходит, в основном, на уровне 53-53,5° с.ш. (рис. 1) [4]: белокрыльник единично встречается в Пензенской, Саратовской, Самарской, Оренбургской областях, Республиках Татарстан и Башкортостан. В ряде регионов внесен в Красные книги, в т.ч. Самарской [5] и Саратовской [6] областей. На Южном Урале и в Зауралье изредка отмечен южнее 56° с.ш., севернее становится обычным [7, 8].

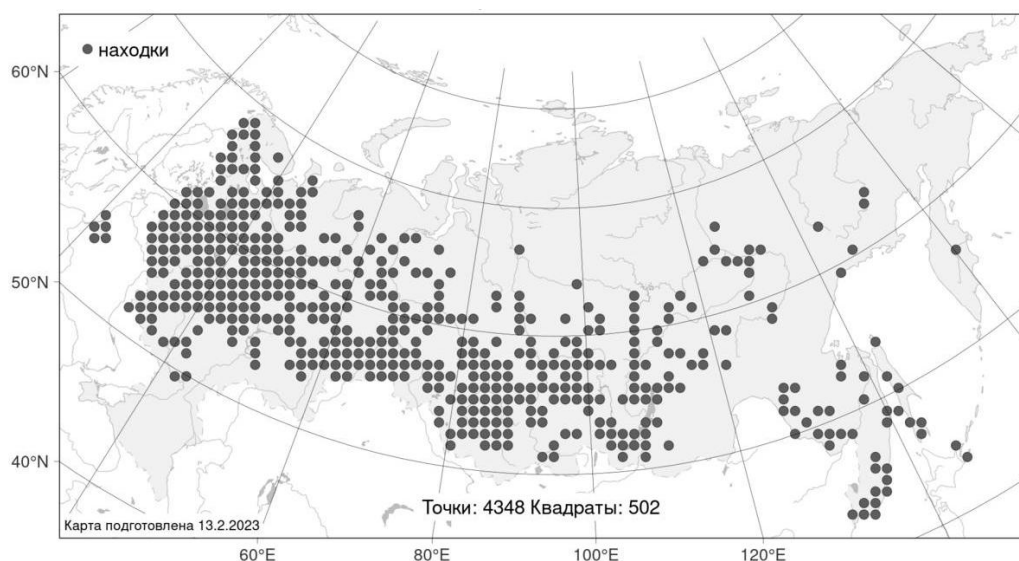


Рисунок 1 – Ареал белокрыльника болотного (*Calla palustris*) по данным Атласа флоры России [4]

В Оренбургской области приводится для северо-западных районов как редкий вид [9]. Рекомендуется к внесению в Красную книгу Оренбургской области [10].

Материалы и методы

Материалы получены в результате флористических исследований на территории национального парка (НП) «Бузулукский бор» в Оренбургской и Самарской областях с 31 мая по 05 июня 2023 г. Фотографии наблюдаемых растений размещены на ресурсе iNaturalist [11].

С целью уточнения мест обитания и распространения популяций вида *Calla palustris* на территории Бузулукского бора просмотрены гербарные сборы прошлого столетия, переданные Боровой лесной опытной станцией в гербарий Института степи (ORIS).

Результаты и обсуждение

Calla palustris – многолетнее травянистое растение 15-30(40) см высотой с толстым, ползучим, ветвистым, членистым корневищем, с длинными корневыми мочками в узлах и при основании стебля. Листья на длинных черешках, с овально-сердцевидными, коротко заостренными, блестящими пластинками, до 14 см длиной и 10-11 см шириной. Цветки обоеполые, без околоцветника. Покрывало яйцевидное, почти плоское, на верхушке узко заостренное, с внутренней стороны белое, с наружной зеленое, 4-8 см длиной и 3-4 см шириной. Початок цилиндрический, короче покрывала, во время цветения зеленовато-желтый (рис. 2). Плоды – сочные ярко-красные ягоды, 6-8 мм диаметром, позднее ослизняющиеся.



Рисунок 2 – *Calla palustris* в фазе цветения, точка 1 (фото П.В. Вельмовского)

Исследованные образцы: «*Calla palustris* L. Оренбургская область, Бузулукский район, национальный парк «Бузулукский бор», ~700 м северо-западнее моста через р. Боровка у пос. Паника, у экопарка «Царь-бор», заболоченный участок с ольхой; N 53,032342°; E 52,134811°; 03 VI 2023; В.А. Глазунов, Н.О. Кин» (рис. 3, точка 4).

До недавнего времени единственным достоверно известным местом нахождения белокрыльника болотного в Бузулукском бору считалась точка с координатами N 52,999499°; E 52,214645° в 900 м юго-западнее озера (болото – по указаниям Л. Гурского) Светлейшее, установленная в 2010 г. С.В. Саксоновым. *Calla palustris* произрастает здесь во влажном лиственном лесу с *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. в условиях нестабильной обводненности. Популяция расположена компактно и представлена единичными, в основном вегетирующими особями. Цветение было отмечено однажды 24 июня 2011 г. В данном местообитании отмечены также *Equisetum sylvaticum* L., *Thelypteris palustris* Schott., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth., *Caltha palustris* L., *Menyanthes trifoliata* L. и другие виды. На базе стационара Института степи «Бузулукский бор» осуществляется регулярный мониторинг состояния популяции белокрыльника (рис. 3, точка 1).

Помимо указанных выше местонахождений для территории НП «Бузулукский бор» белокрыльник также ранее был известен по образцам, переданным Боровой лесной опытной станцией в гербарий Института степи (ORIS), из двух местонахождений:

1) «Квартал 490 Могутовского лесничества; торфяные болота, ольховые заросли; 27.05.1915 г., собрал и определил Петр Чудников» (рис. 3, точка 2). До конца XIX века 490-й квартал Могутовского лесничества не входил в территорию казенной лесной дачи Бузулукского бора Самарской губернии [12] и стал учитываться в ней только с 1888 г. [13]. Согласно материалам лесоустройства 2003 г., это 82-83-й и 91-92-й кварталы Борового-Опытного лесничества [14]; с 2014 г. – 210-211-й и 217-218-й кварталы [15]. Более поздние подтверждения местонахождения отсутствуют.

2) «Болото Светлейшее; 28.05.19**(?) г.; определил Л. Гурский» (рис. 3, точка 3). Сбор первой половины XX века. Данное местонахождение расположено в границах Партизанского участкового лесничества (квартал 72). Более поздние сведения о наличии здесь данного вида отсутствуют.



Рисунок 3 – Места обитания *Calla palustris* на территории Бузулукского бора

Новое местообитание белокрыльника в Бузулукском бору представляет собой заболоченный участок с ольхой черной (*Alnus glutinosa*), окруженный сосновым лесом (рис. 3, точка 4). Травянистый ярус разреженный, в понижениях микрорельефа, часто обводненных, наряду с *Calla palustris*, представлен *Caltha palustris*, *Carex pseudocyperus* L., *Menyanthes trifoliata*, *Thelypteris palustris*. На повышениях произрастает *Athyrium filix-femina*, у основания стволов отмечен *Dryopteris cristata* (L.) A. Gray.

Популяция *Calla palustris* многочисленная – от единичных растений по краю сообщества до нескольких сотен в центральной части. Все растения вегетируют, цветущих экземпляров не отмечено (рис. 4).



Рисунок 4 – Новое местообитание *Calla palustris* (фото П.В. Вельмовского)

Выводы

Выявлено новое для Бузулукского бора местонахождение *Calla palustris*, представляющее собой многочисленную популяцию из вегетирующих растений в типичном для вида местообитании – заболоченном сообществе из ольхи черной. Наблюдение за состоянием обнаруженной популяции этого редкого вида будет включено в программу мониторинговых исследований стационара Института степи «Бузулукский бор».

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственных заданий Института проблем освоения Севера Тюменского научного центра СО РАН (№ 121041600045-8) и Института степи Уральского отделения Российской академии наук (№ АААА-А21-121011190016-1).

Выражаем благодарность администрации и сотрудникам национального парка «Бузулукский бор» за предоставление архивных материалов.

Список литературы

1. Иконников С.С. Сем. Araceae Juss. – Аронниковые, Ароидные // Флора европейской части СССР. Т. IV. Л.: Наука, 1979. С. 314-317.
2. *Calla palustris*. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:86508-1> (дата обращения: 10.07.2023).
3. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
4. Цифровой гербарий МГУ: [Электронный ресурс] / Ред. А.П. Серегин. М.: МГУ, 2023. URL: <https://plant.depo.msu.ru/> (дата обращения: 11.07.2023).
5. Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений и грибов / Под ред. С.А. Сенатора и С.В. Саксонова. Самара: Издательство Самарской государственной областной академии (Наяновой), 2017. 384 с.
6. Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные / Министерство природных ресурсов и экологии Саратовской области. Саратов: Папирус, 2021. 496 с.
7. Куликов П.В. Определитель сосудистых растений Челябинской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 969 с.
8. Науменко Н.И. Флора и растительность Южного Зауралья. Курган: Изд-во Курганского ун-та, 2008. 512 с.
9. Рябинина З.Н., Князев М.С. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 758 с.
10. Кин Н.О. Флора Бузулукского бора (сосудистые растения) / Труды научного стационара-филиала Института степи УрО РАН «Бузулукский бор». Т. II. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 250 с.
11. *Calla palustris*. URL: <https://www.inaturalist.org/observations/168630793> (дата обращения: 10.07.2023).
12. План казенной лесной дачи Бузулукского бора Самарской губернии Бузулукского уезда, 1853.
13. План лесонасаждений казенной лесной дачи «Бузулукский бор» Бузулукского уезда Самарской губернии. Масштаб 1:42000, 1888.
14. План лесонасаждений Борового опытного лесничества УЛ «Бузулукский бор». Масштаб 1:25000. ФГУП ГСЛП «Воронежлеспроект». Лесоустройство, 2002.
15. План лесонасаждений Борового-Опытного участкового лесничества НП «Бузулукский бор». Масштаб 1:25000. ООО «Научное Производственное Предприятие «ГИПРОЗЕМ». Лесоустройство, 2014.

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

Поступила в редакцию 14.07.2023

Принята к публикации 11.09.2023

NEW LOCALITY OF *CALLA PALUSTRIS* L. (ARACEAE JUSS.) ON THE TERRITORY OF THE BUZULUK PINE FOREST

***V. Glazunov^{1*}, N. Kin², P. Velmovskiy²**

¹Tyumen Scientific Centre SB RAS, Russia, Tyumen

²Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg

e-mail: *v_gl@inbox.ru

A new locality of *Calla palustris* L. (N 53.032342°; E 52.134811°) was noted in the territory of the Buzuluksky Bor National Park in 2023. Marsh calla is a rare species for the region, recommended for protection. The population of the species consists of a large number of vegetative plants. Regular monitoring of the state of the population is planned.

Key words: marsh calla, national park, rare species, Red Data Book, wild calla.

References

1. Ikonnikov S.S. Sem. Araceae Juss. – Aronnikovye, Aroidnye. Flora evropeiskoi chasti SSSR. T. IV. L.: Nauka, 1979. S. 314-317.
2. *Calla palustris*. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:86508-1> (data obrashcheniya: 10.07.2023).
3. Maevskii P.F. Flora srednei polosy evropeiskoi chasti Rossii. 11-e izd. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2014. 635 s.
4. Tsifrovoy gerbarii MGU: [Elektronnyi resurs]. Red. A.P. Seregin. M.: MGU, 2023. URL: <https://plant.depo.msu.ru/> (data obrashcheniya: 11.07.2023).
5. Krasnaya kniga Samarskoi oblasti. T. 1. Redkie vidy rastenii i gribov. Pod red. S.A. Senatora i S.V. Saksonova. Samara: Izdatel'stvo Samarskoi gosudarstvennoi oblastnoi akademii (Nayanovoi), 2017. 384 s.
6. Krasnaya kniga Saratovskoi oblasti: Griby. Lishainiki. Rasteniya. Zhivotnye. Ministerstvo prirodnykh resursov i ekologii Saratovskoi oblasti. Saratov: Papirus, 2021. 496 s.
7. Kulikov P.V. Opredelitel' sosudistykh rastenii Chelyabinskoi oblasti. Ekaterinburg: UrO RAN, 2010. 969 s.
8. Naumenko N.I. Flora i rastitel'nost' Yuzhnogo Zaural'ya. Kurgan: Izd-vo Kurganskogo un-ta, 2008. 512 s.
9. Ryabinina Z.N., Knyazev M.S. Opredelitel' sosudistykh rastenii Orenburgskoi oblasti. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2009. 758 s.
10. Kin N.O. Flora Buzulukskogo bora (sosudistye rasteniya). Trudy nauchnogo stacionara-filiala Instituta stepi UrO RAN "Buzulukskii bor". T. II. Ekaterinburg: UrO RAN, 2009. 250 s.
11. *Calla palustris*. URL: <https://www.inaturalist.org/observations/168630793> (data obrashcheniya: 10.07.2023).
12. Plan kazennoi lesnoi dachi Buzulukskogo bora Samarskoi gubernii Buzulukskogo uезда, 1853.
13. Plan lesonasazhdenii kazennoi lesnoi dachi "Buzulukskii bor" Buzulukskogo uезда Samarskoi gubernii. Masshtab 1:42000, 1888.
14. Plan lesonasazhdenii Borovogo opytnogo lesnichestva UL "Buzulukskii bor". Masshtab 1:25000. FGUP GSLP "Voronezhlesproekt". Lesoustroistvo, 2002.
15. Plan lesonasazhdenii Borovogo-Opytnogo uchastkovogo lesnichestva NP "Buzulukskii bor". Masshtab 1:25000. OOO "Nauchnoe Proizvodstvennoe Predpriyatie "GIPROZEM". Lesoustroistvo, 2014.

Сведения об авторах:

Валерий Александрович Глазунов

К.б.н., старший научный сотрудник, Институт проблем освоения Севера, Тюменский научный центр СО РАН

ORCID 0000-0003-0344-024X

Valerii Glazunov

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of the problems of Northern development, Tyumen Scientific Centre SB RAS

Наталья Олеговна Кин

К.б.н., ведущий научный сотрудник, доцент, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-2823-5739

Nataliya Kin

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Docent, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Павел Владимирович Вельмовский

К.г.н., старший научный сотрудник, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-0492-6850

Pavel Velmovskiy

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Глазунов В.А., Кин Н.О., Вельмовский П.В. Новое местонахождение *Calla palustris* L. (Araceae Juss.) на территории Бузулукского бора // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 97-103. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-97-103

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ПОВРЕЖДЕННЫХ ПОЖАРАМИ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА СЕВЕРЕ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

А.Н. Берденгалиева

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», Россия, Волгоград
e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru

Нерациональное использование песчаных почв, такое как распашка и чрезмерные пастбищные нагрузки, способствует ветровой эрозии и увеличению площадей подвижных песчаных массивов. Поэтому сохранение и мониторинг сосновых насаждений на песчаных почвах играют важную роль, так как они не только закрепляют пески, но и имеют рекреационную и охотхозяйственную ценность. Картографирование выгоревших площадей и использование технологий дистанционного зондирования Земли помогают в анализе состояния лесных насаждений и разработке эффективных мер по охране лесов от пожаров. В данном исследовании проведена оценка динамики площадей сосновых насаждений на песках на севере Волгоградского Заволжья за период 1987-2022 гг. по спутниковым данным Landsat. На протяжении исследуемого периода площадь сосновых насаждений на песчаных участках увеличилась с 2,4 тыс. га до 3,4 тыс. га, несмотря на 0,6 тыс. га погибших насаждений. Главной причиной сокращения являются ландшафтные пожары, которые неоднократно охватывали лесные массивы. Спутниковые снимки показывают разрушительные последствия пожаров, которые привели к гибели значительной части пройденных огнем насаждений. Более тщательная противопожарная профилактика и введение запрета на посещение лесов в Волгоградской области способствовали снижению числа пожаров в последние годы, после 2010 г. лесные пожары в исследованных сосновых массивах не зафиксированы.

Ключевые слова: лесные пожары, сосновый массив, Заволжье, Волгоградская область, Кустаревские пески, дистанционное зондирование, геоинформационные технологии.

Введение

Песчаные почвы при их нерациональном использовании (распашке, чрезмерном превышении пастбищных нагрузок) подвержены негативному воздействию ветровой эрозии. Из-за этого площади открытых песчаных массивов увеличиваются за счет погребения песком окружающих участков. Одним из самых эффективных методов закрепления песков, в том числе с точки зрения финансовых затрат, является их фитомелиоративное обустройство с использованием различных трав, кустарников и деревьев [1]. Песчаные массивы степной зоны традиционно закрепляют массивными, кулисными или колковыми насаждениями из сосны обыкновенной и крымской, в настоящее время значительные площади песков степной зоны закреплены подобными лесами [2]. В условиях тотальной распашки степей песчаные массивы остаются участками в относительно естественном состоянии, тем не менее комплексное воздействие неблагоприятных природных и антропогенных факторов может привести к необратимым последствиям вплоть до полной утраты растительного покрова и превращения в подвижные пески, которые служат источником материала для масштабных пыльных бурь. Подобное наблюдалось на пастбищах юго-востока европейской части РФ после их распашки в 1970-80-х гг. и засухи и перевыпаса в 2020-2022 гг. [3, 4].

По данным [5], площадь деградации растительного покрова в Волгоградском Заволжье в среднем составляет 150 тыс. га, достигая в отдельные годы 300 тыс. га. В таких

условиях вопрос закрепления песков стоит достаточно остро. Данная территория отличается очень низкими значениями естественной лесистости, что связано со сложными природно-климатическими условиями, сосновые насаждения есть только в северной части региона на песках вдоль поймы реки Еруслан (Салтовский лес) и Волгоградского водохранилища [6]. В этих условиях становится крайне важным сохранение уже существующих лесных насаждений на песках, поскольку они играют значимую роль не только по их закреплению, но и имеют рекреационную и охотхозяйственную ценность. При этом многие исследователи отмечают деградацию сосновых насаждений в степной зоне из-за неблагоприятных гидротермических условий, пожаров, болезней, вредителей и незаконных рубок [7-10]. По этим причинам важную роль играет мониторинг состояния сосновых насаждений, для которого в последние десятилетия широко применяют технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационные методы [11-13].

Близкое расположение лесных массивов к населенным пунктам в условиях низкой облесенности территории приводит к концентрации отдыхающих, что может вызывать пожары из-за неосторожного обращения с огнем местных жителей, поэтому требуются эффективные меры по охране лесов от пожаров. Картографирование выгоревших площадей позволяет идентифицировать наиболее пожароопасные участки, а также анализировать условия возникновения и распространения пожаров, поэтому является важным этапом в ландшафтно-экологических исследованиях [14-16]. Данные ДЗЗ достаточно широко применяются для картографирования лесных насаждений, анализа их состояния и пройденных огнем площадей [17-23]. Цель данного исследования – определить динамику площадей сосновых насаждений на севере Волгоградского Заволжья и оценить их гибель от пожаров.

Материалы и методы

Исследуются искусственные хвойные насаждения на севере Волгоградского Заволжья в Старополтавском районе, который расположен на границе сухих и опустыненных степей (рис. 1). На территории района находятся два крупных лесных массива на песчаных почвах с преобладанием хвойных пород: Кустаревские пески (Красноярское лесничество) и Салтовский лес (Старополтавское лесничество). Песчаные холмы Кустаревских песков, площадь которых составляет приблизительно 3 тыс. га, находятся между селами Красный Яр и Черebaево. Высота песчаных холмов варьирует от 5 до 7 метров. На этих песках были высажены деревья сосны обыкновенной. Здесь также расположено охотничье хозяйство, в котором достаточно высока численность кабана и других копытных. В почвах Кустаревских песков содержание глинистых частиц составляет 3,8-3,9%. С запада территория ограничивается Волгоградским водохранилищем. В насаждениях преобладает сосна обыкновенная (лат. *Pinus sylvestris* L.) [2]. Салтовский лес расположен на песках вдоль поймы реки Еруслан, около пос. Салтово. В Салтовском лесу кроме сосны обыкновенной отмечается сосна Палласа (крымская) – *Pinus pallasiana* D. Don. Также Салтовский лес является действующей особо охраняемой природной территорией (ООПТ) – памятником природы регионального значения. Это территория, представляющая особую ценность для сохранения объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Волгоградской области [24].

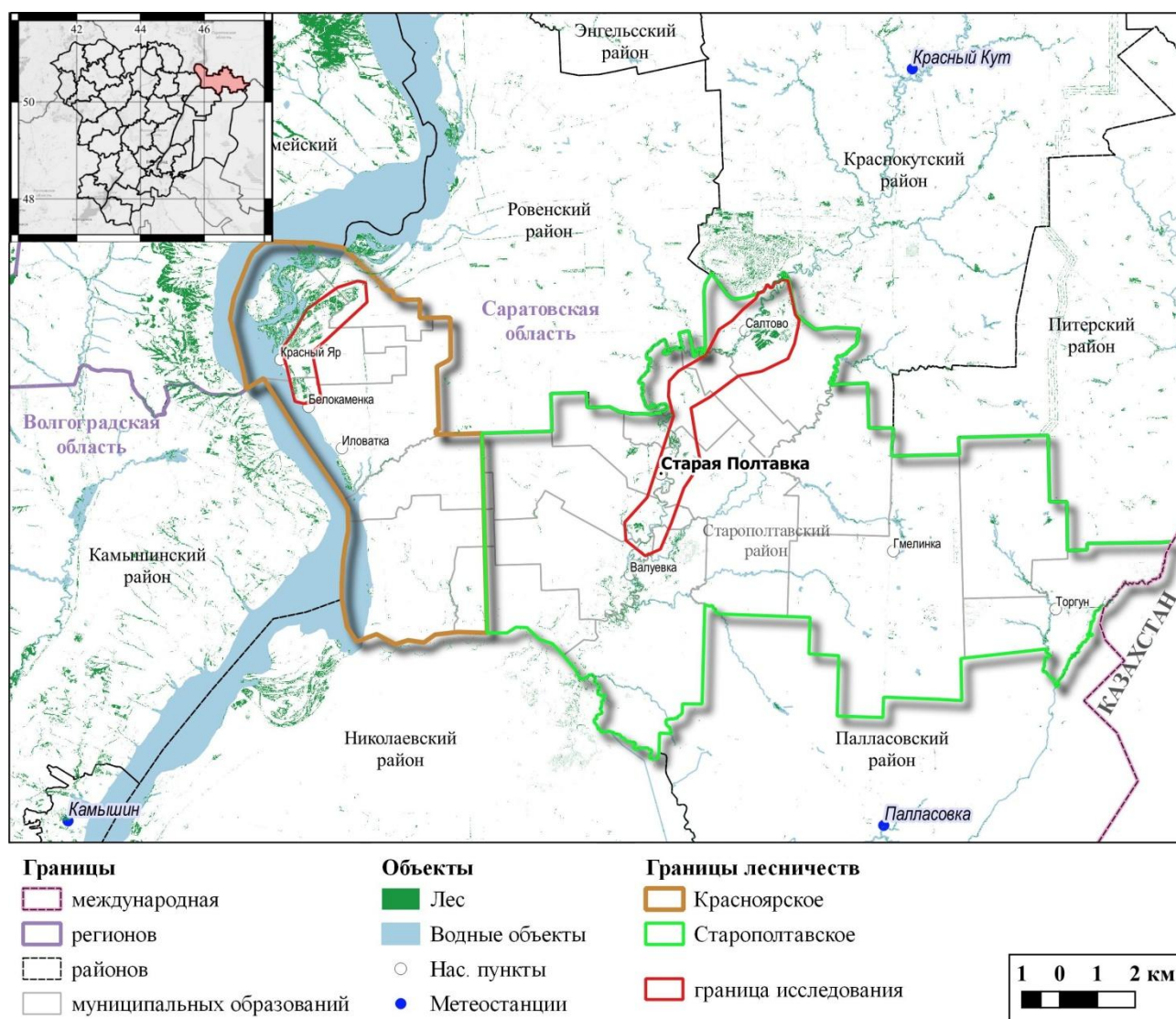


Рисунок 1 – Схема района исследования

Исследование охватывает 1984-2022 гг. в соответствии с глубиной архива данных миссии Landsat пространственного разрешения 30 м/пикс. По разновременным данным дистанционного зондирования можно отследить динамику изменения площадей лесов, выделить участки лесовосстановления или гибели насаждений [10, 11, 19]. Картографирование лесных насаждений осуществлялось на основе зимних спутниковых изображений со снежным покровом (рис. 2). Для 1987 и 2022 гг. также были рассчитаны значения бисезонного индекса леса BSFI, показавшего достаточно высокую точность при картографировании защитных лесных насаждений Саратовской и Волгоградской областей [25]. Данный индекс рассчитывается как нормализованная разница минимизированных за летние месяцы значений вегетационного индекса NDVI и максимального альбедо в период залегания снежного покрова. Таким образом, получается индексное изображение, где лесные насаждения характеризуются большими значениями BSFI, что позволяет достаточно точно отделять их от естественной травянистой растительности и сельскохозяйственных полей, т.к. в отличие от деревьев, они бывают покрыты снегом зимой и характеризуются меньшими значениями NDVI летом. Использование данных ближнего инфракрасного диапазона позволяет достаточно точно дифференцировать хвойные и лиственные насаждения, т.к. у первых в этом диапазоне большие значения спектральной яркости [19].

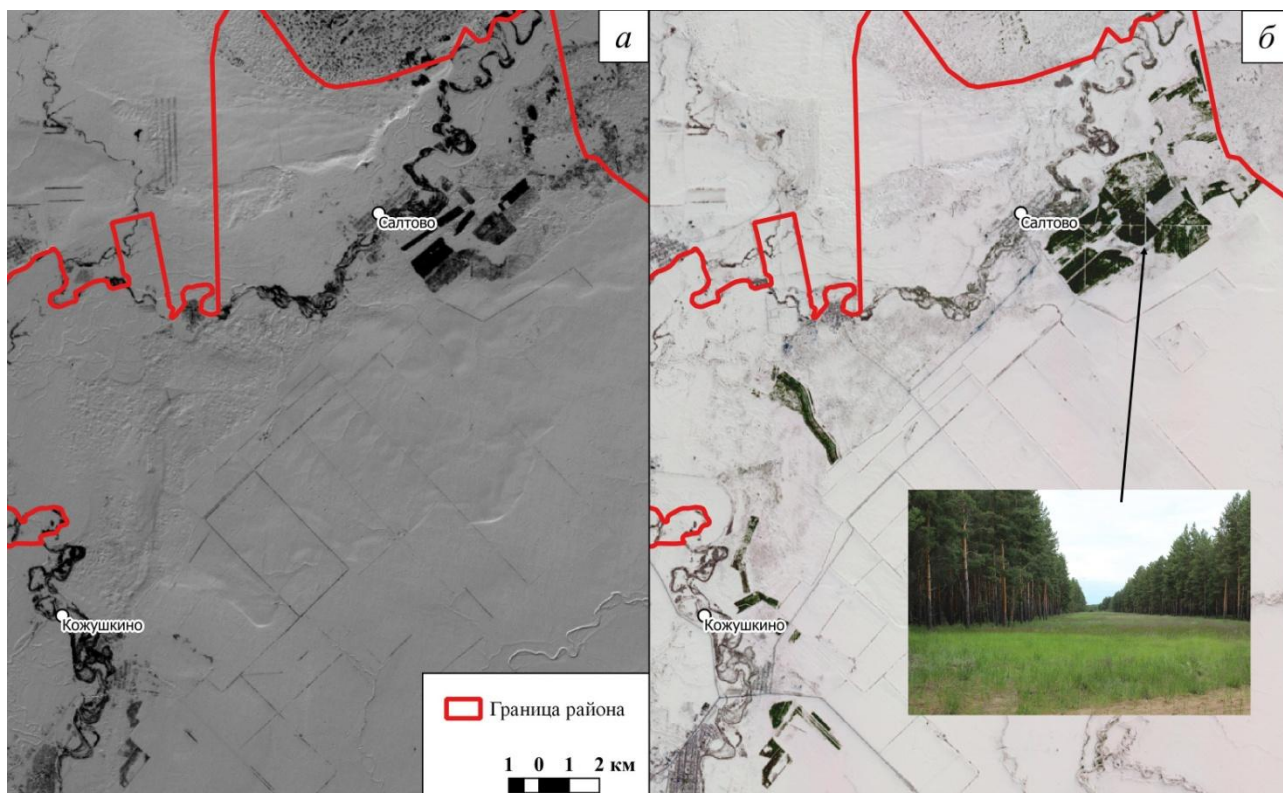


Рисунок 2 – Салтовский лес, Зимние снимки Landsat: *a* – 04.03.1987, LT05; *б* – 26.03.2022 LC09, фотография 25 мая 2020 г.

Для картографирования пройденных огнем площадей и мониторинга изменения площадей лесных насаждений на территории исследования использовались разновременные спутниковые снимки Landsat 5, 7, 8, 9. Для всех данных выбрано единое пространственное разрешение 30 метров на пиксель, т.к. спутниковая система Landsat 5 не имеет панхроматического канала, позволяющего увеличить разрешение до 15 м/пикс. Для верификации распространения пожаров использовались очаги активного горения FIRMS (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>) с разрешением 1000 м, период съемки с 2001 г. по настоящее время [26]. На период до 2001 г. использованы контура пожаров, выполненные методом визуального дешифрирования данных Landsat в соответствии с широко распространенной методикой экспертного дешифрирования RGB-синтеза спектральных каналов с включением коротковолнового (КВИК) и ближнего (БИК) инфракрасных диапазонов [13, 27, 28, 29]. Анализировались ежегодные данные за июнь-октябрь, т.к. в эти месяцы отмечена максимальная горимость сосняков Волгоградской области [8, 9]. Выгоревшие площади характеризуются четкими дешифровочными признаками: кирпично-красным цветом и формой, соответствующей фронту пожара (рис. 3). Поэтому достаточно надежно картографируются с помощью экспертного дешифрирования. Также в мае 2020 г. и в августе 2022 г. были проведены рекогносцировочные обследования изучаемых сосновых массивов для уточнения дешифровочных признаков при их картографировании. Контроль точности картографирования лесных насаждений проводился экспертным методом по данным сверхвысокого пространственного разрешения с использованием программы Google Earth Pro. Обработка спутниковых данных и геоинформационный анализ проводились в программе QGIS 3 и представлены в проекции UTM (зона 38), система координат WGS84 (EPSG 32638). Данные о температурах и осадках получены с помощью сервиса АИСОРИ (<http://aisori-m.meteo.ru/>).

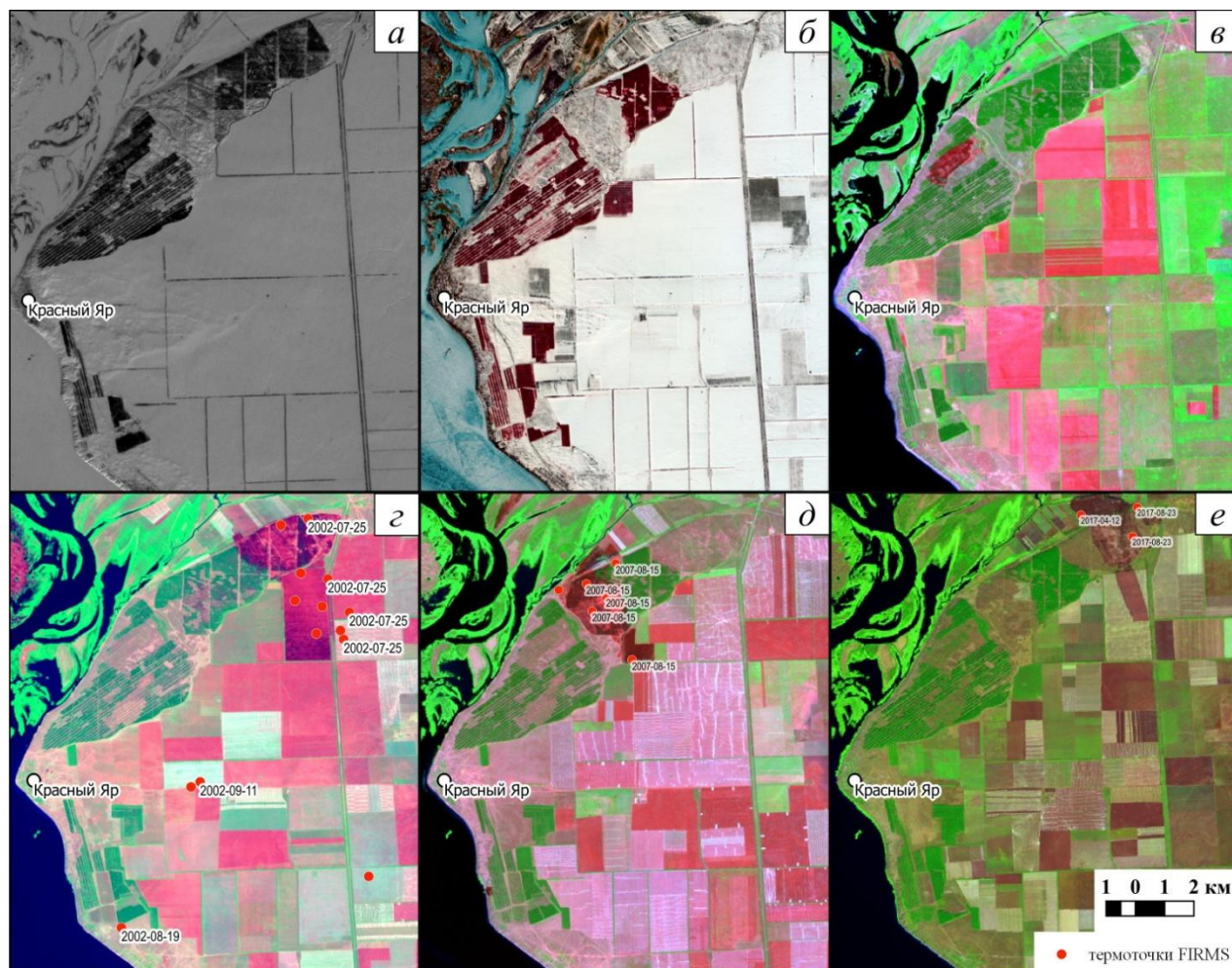


Рисунок 3 – Фрагменты спутниковых изображений Landsat на территорию массива «Кустаревские пески»: *а* – 04.03.1987, БИК-канал; *б* – 26.03.2022, комбинация каналов БИК-К-3; *в* – 14.06.1996, LT05; *г* – 01.08.2002, комбинации каналов-КВИК-БИК-3; *д* – пожар 23.08.2007, LT05; пожар; *е* – 19.09.2017

Результаты и обсуждение

На 1987 г. площадь сосновых насаждений на территории исследований составила 2,4 тыс. га, в том числе 1,8 тыс. га в Красноярском и 0,6 тыс. га в Старополтавском лесничествах. Максимальная величина площади посадок сосны отмечена в 2010 году, составив 3,64 тыс. га. Достигшие проектных характеристик после 1987 г. лесные массивы четко видны на спутниковых снимках (рис. 3). По данным исследования Ткаченко Н.А и Кошелева А.В. в Волгоградском Заволжье площадь массивных насаждений на песках в 2015-2016 гг. составляла 4,9 тыс. га [6]. Что достаточно согласуется с полученными результатами, т.к. сосновые насаждения на песках вдоль Волгоградского водохранилища также есть и в полупустынной зоне южнее. К 2022 г. площадь сосновых лесов в районе исследований несколько уменьшилась и составила 3,4 тыс. га.

Основная причина сокращения площадей насаждений сосны – ландшафтные пожары. На рисунке 4 показаны погибшие насаждения на 2022 г. после пожаров разных лет. За последние 35 лет крупные лесные пожары площадью более 100 га каждый пять раз охватывали лесные массивы: в 1996, 1997, 1999, 2002, 2007 и 2010 гг. Также в 1990 и 1998 гг. были пожары на площади 15-20 га. В 2002 г. пройденная огнем площадь была максимальной и достигла 580 га, в том числе 373 га покрытой лесом площади, в результате насаждения погибли на площади 357 га (рис. 5). Последний крупный пожар на территории Кустаревских

песков был в августе 2017 года (рис. 3е), но покрытая лесом площадь не была затронута, т.к. пожар произошел на месте уничтоженного в 2002 г. леса.

Большая часть пожаров произошла в Красноярском лесничестве на территории Кустаревского песчаного массива. В Салтовском лесу только в 1997 году был пожар площадью 112 га, в том числе 25,3 га покрытой лесом площади, из которых погибло 22,6 га. Большая часть ландшафтных пожаров происходит по вине человека из-за неосторожного обращения с огнем или умышленных палов на сенокосах и сельскохозяйственных полях [14]. Пожары 1996 и 1999 гг. начались и закончились внутри лесных массивов, что свидетельствует о нахождении источника огня в лесу. Сосновые насаждения в малолесном Заволжье притягивают большое количество отдыхающих, при этом в Старополтавском лесничестве достаточные площади занимают пойменные леса реки Еруслан, которые более привлекательны для туристов по сравнению с сосновыми насаждениями на песках. Возможно, из-за этого в Салтовском лесу меньше пожаров. Кроме этого, Салтовский лес является региональной ООПТ, из-за чего там более тщательно проводится противопожарная профилактика. Тем не менее, за последние пять лет пожаров на территории сосновых насаждений не отмечено, что может быть связано с усилением профилактических мероприятий, в том числе ежегодно вводимым в Волгоградской области запрете на посещение лесов [15].

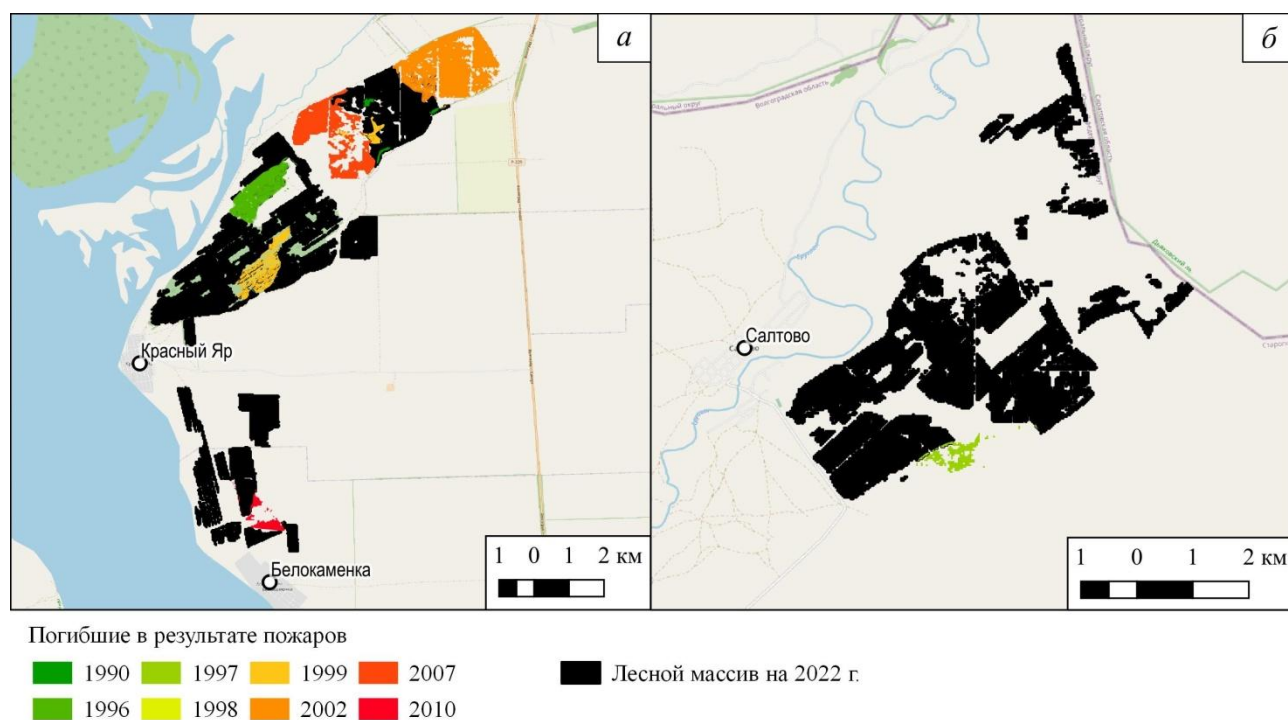


Рисунок 4 – Пространственно-временное распределение погибших от пожаров лесов: а) – Кустаревские пески, б) – Салтовский лес

Кроме источника огня для возникновения и распространения пожара важны погодные условия: в жаркую сухую погоду выгоревшая площадь в лесных насаждениях увеличивается [16]. Величина выгоревшей площади в районе исследований характеризуется положительной умеренной связью с максимальными годовыми среднемесячными температурами ($r=0,55$) и сильной отрицательной связью с годовой суммой осадков ($r=-0,70$), что согласуется с результатами других авторов [8, 9]. В 2001 и 2002 гг. отмечены самые высокие среднемесячные температуры за 1984-2002 гг. ($26,5^{\circ}\text{C}$ и $27,0^{\circ}\text{C}$ соответственно по метеостанции в Палласовке), при этом в 2001 г. выпало осадков на 20-30 % выше нормы, а в 2002 г. – на 10 % ниже. Этим может объясняться максимальная выгоревшая площадь в

2002 г.. В дальнейшем максимальные среднемесячные температуры превышали 27°C только в 2007, 2010 и 2011 гг. (28°C, 28,5°C, 28,3°C соответственно), при этом в 2007 и 2010 гг. отмечалась засуха, например, по метеостанции Красный Кут в 2007 г. осадков выпало на 33 % меньше нормы. После 2010 г. в Северном Прикаспии отмечается практически повсеместное снижение горимости [15, 28], которое может быть связано с вовлечением в оборот неиспользуемых ранее сельскохозяйственных земель, ростом поголовья скота, которое приводит к снижению массы сухой травянистой растительности. Также после значительных выгоревших площадей, в том числе в лесах, были усилены меры противопожарной профилактики. В результате даже в самый засушливый 2020 г. лесных пожаров на территории исследований удалось избежать. Поэтому сокращение площади сосновых насаждений на 225 га в 2022 г. по сравнению с 2010 г. может быть вызвано гибелью деревьев из-за неблагоприятных гидротермических условий, а также болезней и вредителей.

Визуальная оценка спутниковых изображений сверхвысокого пространственного разрешения позволила определить, что на большей части площади с погибшими сосновыми насаждениями Красноярского лесничества в настоящее время проведены работы по лесовосстановлению. Это создает предпосылки для восстановления площадей насаждений сосны на песчаных массивах при соблюдении необходимых мер по недопущению ландшафтных пожаров в будущем.

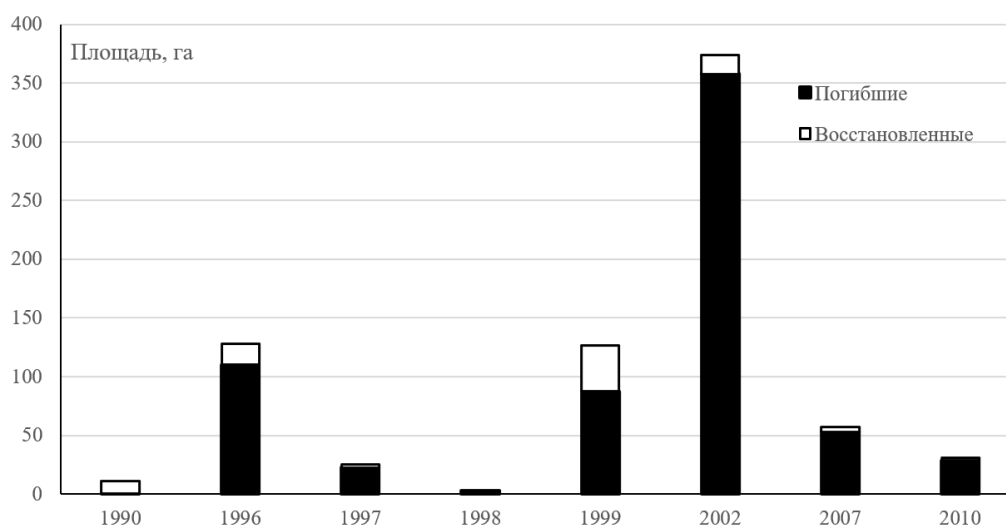


Рисунок 5 – Динамика поврежденных пожарами лесных площадей

Выводы

В результате проведенных исследований на основе разновременных и разносезонных данных дистанционного зондирования Земли за период 1984-2022 гг. были установлены поврежденные, восстановленные и вновь созданные массивы сосновых насаждений на севере Волгоградского Заволжья. Использование комбинаций спутниковых данных за вегетационный период и зимой при наличии снежного покрова позволяет достаточно надежно картографировать лесные насаждения, а значения яркости в ближнем инфракрасном диапазоне дают возможность дифференцировать хвойные и лиственные насаждения.

Несмотря на то, что пожарами в 1990-2010 гг. было уничтожено 662 га лесов в районе, их площадь к 2010 г. после 1987 г. увеличилась на 1,2 тыс. га, достигнув 3,6 тыс. га. В дальнейшем к 2022 г. площадь сосновых лесов сократилась на 225 га предположительно из-за болезней, вредителей и неблагоприятных гидротермических условий, т.к. лесных пожаров после 2010 г. не зафиксировано ни по данным детектирования активного горения, ни с

помощью экспертного дешифрирования спутниковых изображений. Визуальная оценка состояния насаждений по спутниковым данным сверхвысокого пространственного разрешения позволила установить наличие молодых посадок сосны на месте погибших из-за пожара насаждений. Молодняки еще не достигли достаточной высоты и сомкнутости, чтобы отображаться на спутниковых изображениях Landsat, но дальнейший мониторинг позволит оценить эффективность лесовосстановления на гарях.

Благодарности

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения Российской академии наук № 122020100406-6 «Теоретические основы и математико-картографические модели функционирования агролесомелиоративных систем в защите почв от дефляции».

Список литературы

1. Кулик К.Н., Манаенков А.С., Есмагулова Б.Ж. Лесная мелиорация пастбищ засушливой зоны РФ и пути повышения ее эффективности // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3(63). С. 30-40.
2. Манаенков А.С. Лесомелиорация арен засушливой зоны. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. 428 с.
3. Шинкаренко С.С. Пространственно-временная динамика опустынивания на Черных землях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 155-168.
4. Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Берденгалиева А.Н., Дорошенко В.В. Спутниковый мониторинг опустынивания на юге европейской России в 2019-2022 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 319-327.
5. Силова В.А. Мониторинг состояния земель в переходной природно-географической зоне Волгоградского Заволжья // Исследование Земли из космоса. 2023. № 2. С. 54-60.
6. Ткаченко Н.А., Кошелев А.В. Картографирование защитной лесистости агроландшафтов Волгоградского Заволжья // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2(26). С. 137-143.
7. Левыкин С.В., Чибилев А.А., Вельмовский П.В., Казачков Г.В., Чибилев А.А.(мл). Принципы модернизации лесомелиоративного каркаса Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 13(188). С. 168-174.
8. Манаенков А.С., Егорова Е.В. Причины и погодные особенности формирования пожарной опасности в сосняках засушливой зоны // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3(31). С. 61-66.
9. Манаенков А.С., Егорова Е.В. Лесообразование и пожарная опасность в монокультурах сосны на территории засушливых областей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3(31). С. 56-61.
10. Солдатенков А.А. Дешифрирование состава лесной растительности в условиях среднегорного рельефа // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2014. № 1(133). С. 131-134.

11. Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.
12. Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А.С., Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П., Березовикова О.Ю. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. 102 с.
13. Кадетов Н.Г., Гнеденко А.Е. Подходы к картографированию пройденных пожаром лесов в условиях заповедного режима // Географический вестник. 2019. № 2(49). С. 148-157.
14. Павлейчик В.М. Степные пожары как угроза экологической безопасности заповедных территорий (на примере участка «Предуральская степь» заповедника «Оренбургский») // Вопросы степеведения. 2019. № 15. С. 245-249.
15. Шинкаренко С.С., Кошелева О.Ю., Берденгалиева А.Н., Олейникова К.А. Мониторинг ландшафтных пожаров в Волгоградской области по данным очагов активного горения // Природные системы и ресурсы. 2018. Т. 8. № 3. С. 59-66.
16. Танюкевич В.В., Верещагин Е.К., Танюкевич В.В. Влияние аридности климата на ландшафтные пожары в Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3(118). С. 57-64.
17. Выприцкий А.А., Шинкаренко С.С. Анализ влияния почвенно-климатических условий на сохранность государственных защитных лесных полос на основе данных Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 147-163. DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-5-147-163.
18. Мелихова А.В. Пространственный анализ защитных лесных насаждений северной части Ергенинской возвышенности // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3(118). С. 43-48.
19. Терехин Э.А. Пространственный анализ особенностей формирования древесной растительности на залежах лесостепи Центрального Черноземья с использованием их спектральных признаков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 142-156.
20. Федорчук С.А., Матвеев Ш. Опыт электронного картографирования лесных насаждений западных муниципальных районов Саратовской области // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 3-2(66). С. 76-80.
21. Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S.J., Loveland T.R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change // Science. 2013. vol. 342. no. 6160. pp. 850-853. DOI: 10.1126/science.1244693.
22. Isaev A.S., Bartalev S.A., Lupyay E.A., Lukina N.V. Earth observations from satellites as a unique instrument to monitor Russia's forests // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2014. vol. 84. no. 6. pp. 413-419.
23. Koshelev A.V., Tkachenko N.A., Shatrovskaya M.O. Decoding of forest belts using satellite images // IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 875. art. no. 012065. 9 p.
24. Хаванская Н.М., Аляев В.А., Вишняков Н.В., Семенова Д.А., Кукушкина Н.А. Исследование и оценка состояния территорий Волгоградского Заволжья, представляющих особую ценность для сохранения объектов животного и растительного мира // Природные системы и ресурсы. 2021. Т. 11. № 4. С. 15-30.
25. Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Васильченко А.А. Метод картографирования защитных лесных насаждений на основе разновременных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения и бисезонного индекса леса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 4. С. 207-222.
26. Giglio L., Schroeder W., Justice C.O. The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products // Remote Sensing of Environment. 2016. vol. 178. pp. 31-41.

27. Бибаева А.Ю. Анализ пирогенного воздействия на геосистемы Приольхонья по материалам космической съемки // Успехи современного естествознания. 2016. № 12-2. С. 347-351.

28. Шинкаренко С.С., Дорошенко В.В., Берденгалиева А.Н. Динамика площади гарей в зональных ландшафтах юго-востока европейской части России // Известия Российской Академии Наук. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 1. С. 122-133. DOI 10.31857/S2587556622010113.

29. Pavleichik V.M., Chibilev A.A. Steppe fires in conditions the regime of reserve and under changing anthropogenic impacts // Geography and Natural Resources. 2018. vol. 39. no. 3. pp. 212-221.

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

Поступила в редакцию 19.07.2023

Принята к публикации 11.09.2023

REMOTE MONITORING OF FIRE-DAMAGED PINE PLANTATIONS IN THE NORTH OF VOLGOGRAD ZAVOLZHYE

A. Berdengalieva

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences",

Volgograd, Russia

e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru

The irrational use of sandy soils, such as plowing and excessive grazing pressure, contributes to wind erosion and the expansion of sandy areas. Therefore, the conservation and monitoring of pine plantations on sandy sites play a crucial role as they not only stabilize the sands but also have recreational and hunting value. Mapping burned areas and utilizing remote sensing technologies aid in the analysis of forest conditions and the development of effective measures for fire protection. This study assesses the dynamics of pine plantations on sandy areas in the northern part of Volgograd Trans-Volga from 1987 to 2022 using Landsat satellite data. Over the study period, the area of pine plantations on sandy sites increased from 2.4 thousand hectares to 3.4 thousand hectares, despite the loss of 0.6 thousand hectares of plantations. The main cause of the reduction in area is landscape fires that repeatedly affected forested areas. Satellite imagery reveals the destructive impact of fires, leading to the significant loss of plantations. Improved fire prevention measures and the implementation of forest visitation restrictions in the Volgograd region have contributed to a decrease in the number of fires for recent years. No forest fires have been recorded in the studied pine plantations since 2010.

Key words: forest fires, pine forest, Zavolzhye, Volgograd region, Kustarevskie sands, remote sensing, geoinformation technologies.

References

1. Kulik K.N., Manaenkov A.S., Esmagulova B.Zh. Lesnaia melioratsiia pastbishch zasushlivoi zony RF i puti povysheniia ee effektivnosti. Izvestiia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2021. N 3(63). S. 30-40.

2. Manaenkov A.S. Lesomelioratsiia aren zasushlivoi zony. Volgograd: FNTs agroekologii RAN. 2018. 428 s.

3. Shinkarenko S.S. Spatial-temporal dynamics of desertification in Black Lands. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2019. vol. 16, no. 6. S. 155-168.
4. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Berdengalieva A.N., Doroshenko V.V. Satellite monitoring of desertification processes in the south of European Russia in 2019-2022. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2022. vol. 19. no. 5. S. 319-327.
5. Silova V.A. Monitoring sostoianiiia zemel v perekhodnoi prirodno-geograficheskoi zone Volgogradskogo Zavolzhia. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2023. N 2. S. 54-60.
6. Tkachenko N.A., Koshelev A.V. Kartografirovaniie zashchitnoi lesistosti agrolandshaftov Volgogradskogo Zavolzhia. *Vestnik APK Stavropolia*. 2017. N 2(26). S. 137-143.
7. Levykin S.V., Chibilev A.A., Velmovskii P.V., Kazachkov G.V., Chibilev A.A. Printsipy modernizatsii lesomeliorativnogo karkasa Orenburgskoi oblasti. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015. N 13(188). S. 168-174.
8. Manaenkov A.S., Egorova E.V. Prichiny i pogodnye osobennosti formirovaniia pozharnoi opasnosti v sosniakakh zasushlivoi zony. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*. 2013. N 3(31). S. 61-66.
9. Manaenkov A.S., Egorova E.V. Lesoobrazovanie i Pozharnaia opasnost v monokulturakh sosny na territorii zasushlivykh oblastei. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*. 2013. N 3(31). S. 56-61.
10. Soldatenkov A.A. Deshifrirovaniie sostava lesnoi rastitelnosti v usloviiah srednegornogo relefa. *Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriia 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki*. 2014. N 1(133). S. 131-134.
11. Bartalev S.A., Egorov V.A., Zharko V.O., Loupian E.A., Plotnikov D.E., Khvostikov S.A., Shabanov N.V. Sputnikovoe kartografirovaniie rastitel'nogo pokrova Rossii (Land cover mapping over Russia using Earth observation data). Moscow: IKI RAN, 2016. 208 s.
12. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorohina Z.P., Berezovikova O.Yu. Geoinformatsionnye tekhnologii v agrolesomelioratsii. Volgograd: VNIALMI. 2010. 102 s.
13. Kadetov N.G., Gnedenko A.E. Podkhody k kartografirovaniuu proidennykh pozharom lesov v usloviiah zapovednogo rezhima. *Geograficheskii vestnik*. 2019. N 2(49). S. 148-157.
14. Pavleichik V.M. Stepnye pozhary kak ugroza ekologicheskoi bezopasnosti zapovednykh territorii (na primere uchastka "Preduralskaia step" zapovednika "Orenburgskii"). *Voprosy stepovedeniia*. 2019. N 15. S. 245-249.
15. Shinkarenko S.S., Kosheleva O.Yu., Berdengalieva A.N., Oleinikova K.A. Monitoring landshaftnykh pozharov v Volgogradskoi oblasti po dannym ochagov aktivnogo gorenii. *Prirodnye sistemy i resursy*. 2018. T. 8. N 3. S. 59-66.
16. Taniukevich V.V., Vereshchagin E.K., Taniukevich V.V. Vliianie aridnosti klimata na landshaftnye pozhary v Volgogradskoi oblasti. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*. 2022. N 3(118). S. 57-64.
17. Vypritskii A.A., Shinkarenko S.S. Analiz vliianiia pochvenno-klimaticheskikh uslovii na sokhrannost gosudarstvennykh zashchitnykh lesnykh polos na osnove dannykh Sentinel-2. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa*. 2022. T. 19. N 5. S. 147-163.
18. Melikhova A.V. Prostranstvennyi analiz zashchitnykh lesnykh nasazhdenii severnoi chasti Ergeninskoi vozvyshechnosti. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*. 2022. N 3(118). S. 43-48.
19. Terekhin E.A. Prostranstvennyi analiz osobennostei formirovaniia drevesnoi rastitelnosti na zalezkhakh lesostepi Tsentralnogo Chernozemia s ispolzovaniem ikh spektralnykh priznakov. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa*. 2020. T. 17. N 5. S. 142-156.

20. Fedorchuk S.A., Matveev Sh. Opyt elektronnoho kartografirovaniia lesnykh nasazhdenii zapadnykh munitsipalnykh raionov Saratovskoi oblasti. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2022. N 3-2(66). S. 76-80.
21. Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S.J., Loveland T.R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*. 2013. vol. 342. no. 6160. pp. 850-853. DOI: 10.1126/science.1244693.
22. Isaev A.S., Bartalev S.A., Lupyay E.A., Lukina N.V. Earth observations from satellites as a unique instrument to monitor Russia's forests. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2014. vol. 84. no 6. pp. 413-419.
23. Koshelev A.V., Tkachenko N.A., Shatrovskaya M.O. Decoding of forest belts using satellite images. *IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science*. 2021. vol. 875. art. no. 012065. 9 p.
24. Khavanskaia N.M., Aliaev V.A., Vishniakov N.V., Semenova D.A., Kukushkina N.A. Issledovanie i otsenka sostoianiia territorii Volgogradskogo Zavolzhia, predstavliaiushchikh osobuiu tseinnost dlia sokhraneniia obiektov zhivotnogo i rastitelnogo mira. *Prirodnye sistemy i resursy*. 2021. T. 11. N 4. S. 15-30.
25. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Vasilchenko A.A. Metod kartografirovaniia zashchitnykh lesnykh nasazhdenii na osnove raznovremennykh sputnikovykh izobrazhenii vysokogo prostranstvennogo razresheniia i bizezonnogo indeksa lesa. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa*. 2022. T. 19. N 4. S. 207-222.
26. Giglio L., Schroeder W., Justice C.O. The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote Sensing of Environment*. 2016. vol. 178. pp. 31-41.
27. Bibaeva A.Yu. Analiz pirogennoho vozdeistviia na geosistemy Priolkhonia po materialam kosmicheskoi siemki. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia*. 2016. N 12-2. S. 347-351.
28. Shinkarenko S.S., Doroshenko V.V., Berdengalieva A.N. Dinamika ploshchadi garei v zonalnykh landshaftakh iugo-vostoka evropeiskoi chasti Rossii. *Izvestiia Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya geograficheskaya*. 2022. T. 86. N 1. S. 122-133.
29. Pavleichik V.M., Chibilev A.A. Steppe fires in conditions the regime of reserve and under changing anthropogenic impacts. *Geography and Natural Resources*. 2018. vol. 39. no. 3. pp. 212-221.

Сведения об авторе:

Асель Нурлановна Берденгалиева

Младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)

ORCID: 0000-0002-5252-7133

Asel Berdengalieva

Junior researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences"

Для цитирования: Берденгалиева А.Н. Дистанционный мониторинг поврежденных пожарами сосновых насаждений на севере Волгоградского Заволжья // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 104-115. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-104-115

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ**М.М. Шостак¹, *В.Л. Татаринцев², Л.М. Татаринцев³**¹Алтайский филиал ФГБУ «Центр оценки качества зерна», Россия, Барнаул²Алтайский государственный университет, Россия, Барнаул³Алтайский государственный аграрный университет, Россия, Барнаул

e-mail: *kafzem@bk.ru

Приведены результаты исследования изменчивости качества зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от физико-географических условий. Количество клейковины характеризуется интервалом от 2 % до 8 % в направлении с востока на запад Алтайского края, а число падения – с 69 до 131 секунды. Натурный вес зерна варьирует по подзонам от 59 (умеренно-засушливая степь) до 92 (засушливая степь) г/л. В остальных подзонах варьирование натурности изменяется от 66 до 72 г/л. Размах варьирования показателя качества клейковины по подзонам составил 14-17 единиц ИДК, а стекловидности – 10-16 %.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, пространственная изменчивость качества зерна, количество и качество клейковины, число падения, стекловидность, натура, Алтайский край.

Введение

Количество, качество сельскохозяйственной продукции и сырья является приоритетным направлением совместной деятельности многих государств, которое закреплено во множестве долгосрочных межгосударственных документов [1-4]. Продовольственная безопасность РФ и других стран обозначена на государственном уровне в различных стратегиях и программах [5-7]. Дефицит того или иного продовольствия пытаются решить посредством его импорта, обмена, производства оригинальной продукции и продуктов-аналогов на собственной территории с применением инновационных агротехнологий и техники, зачастую связанных со значительной капиталом-, фондо- и землеемкостью, учитывающих природные особенности территории. Так, например, за рубежом популярным и стремительно развивающимся направлением по интенсификации выращивания сельскохозяйственных культур, в частности, пшеницы яровой мягкой и повышению ее качественного состава является биофортификация [8]. Исследователи пытаются активизировать почвенную микрофлору посредством инокуляции семян или прямого внесения в почву полимерных наночастиц, железа и прочих веществ [9, 10]. Также ученые предпринимают попытки по моделированию посевов в разные агросроки, различными по спелости сортами и гибридами пшеницы, применяя дополнительное орошение и иные мелиоративные приемы в критические фазы развития растений [11-13]. Управление биологическими процессами в поле посредством нарушения традиционных агротехнологий с использованием биотехнологий на основе генетического анализа культуры позволяет ученым из Индии, Китая и других густонаселенных стран добиться повышения продуктивности и качества яровой пшеницы [14-17]. В нашей стране также активно проводятся исследования в направлениях, связанных с качеством зерна преобладающей в структуре посевных площадей культуре – яровой мягкой пшеницы. Качество зерна яровой пшеницы изучают в связи с внесением удобрений [18], в различных севооборотах [19], по разным предшественникам [20], в зависимости от климата, склонов и их экспозиций [21, 22]. Однако до реализации научных инноваций в производственном процессе новинкам

предстоит долгий путь вывода на рынок, где они будут конкурировать среди прочих продуктов, методов, механизмов и инструментов, предназначенных для сельскохозяйственного производства. Также следует учитывать, что большинство средних и мелких сельхозтоваропроизводителей не имеют возможности к использованию ГИС-технологий и искусственного интеллекта на территории своих аграрных землепользований. Предложенный авторами настоящего научного исследования уникальный подход, реализованный на примере крупнейшего аграрного землепользования РФ – Алтайского края, направлен на оценку и определение качества зерна яровой мягкой пшеницы через призму природного потенциала территории, являющегося основой эффективности и устойчивости сельскохозяйственного природопользования [23, 24]. Полученные в результате работы аналитические материалы позволят управлять агроландшафтами посредством моделирования и оптимизации производственных ресурсов [25, 26], повышая их устойчивость [27]. Исходя из этого целью настоящего научного исследования стало изучение количества и качества клейковины, числа падения, стекловидности, природы зерна яровой мягкой пшеницы по природным зонам (подзонам) Алтайского края. Для достижения поставленной цели следовало решить задачи, а именно: исследовать распределение проб по качеству зерна на территории Алтайского края и подзональное распределение значений количества и качества клейковины, числа падения, стекловидности, природы зерна.

Материалы и методы

Материалами научного исследования стали обследования (протоколы испытаний проб зерна яровой мягкой пшеницы), проведенные Алтайским филиалом ФГБУ «Центр оценки качества зерна» по сельскохозяйственным организациям Алтайского края, хозяйствующим в разных природных зонах, согласно утвержденных ГОСТов и методик определения качественных характеристик [28]. Основными методами исследования, используемыми в работе, стали общепринятые научные методы: географический, монографический, анализа и синтеза. Статистическую обработку аналитических данных производили по методике Б.А. Доспехова [29].

Результаты и обсуждение

Использование современных методов исследования качества зерна яровой мягкой пшеницы на территории Алтайского края позволило впервые изучить зональную (подзональную) изменчивость физико-химических показателей и установить закономерности пространственной изменчивости. Шестилетние (2016-2021 гг.) экспериментальные исследования произведены в пяти подзонах Алтайского края, с количеством вариантов, совпадающим с подзонами средней и южной лесостепи, а также подзонами умеренно-засушливой, засушливой и сухой степи (рис. 1). Варианты имеют отличия по географическим, агроклиматическим, почвенным, микробиологическим свойствам, отражающимся на продуктивности пшеницы и качестве ее зерна. В подзоне предусмотрены 10-12 повторностей согласно количеству муниципальных районов и сельскохозяйственных организаций, по которым отобраны протоколы испытаний проб зерна, что дало возможность изучить качество зерна в зависимости от физико-географических условий. Объектом исследования стала проба зерна, а их группа – генеральной совокупностью, величина которой равна 300.

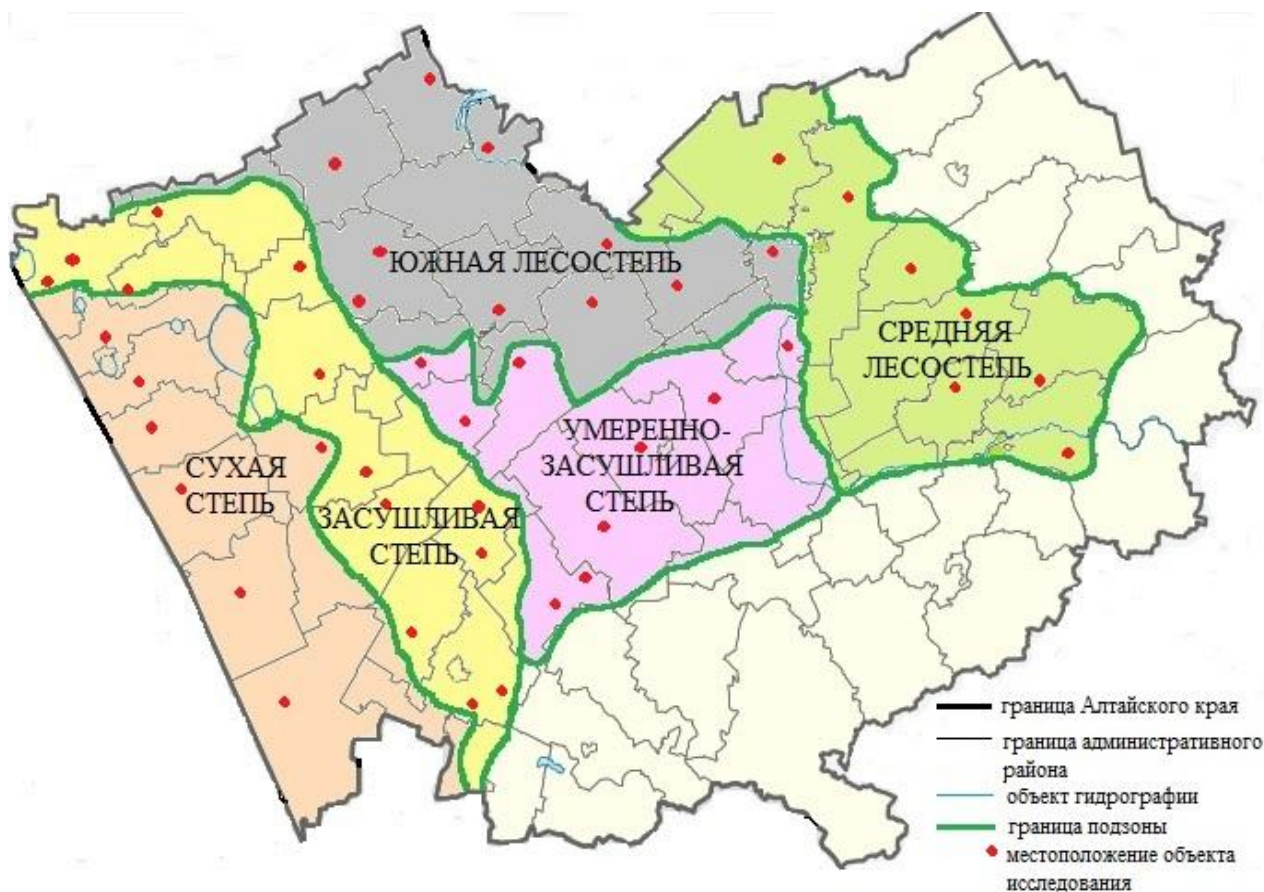


Рисунок 1 – Изучаемая территория по качеству зерна

Известно, что возделывание яровой мягкой пшеницы в разных физико-географических условиях сказывается на ее продуктивности [30-33]. Значит по основным качественным характеристикам зерна (количество и качество клейковины, число падения, стекловидность, натура) также должны быть различия [34, 35], которые в конечном итоге отразятся на востребованности зерна на рынке [36] и, как следствие, рентабельности производства данной сельскохозяйственной культуры.

В таблице 1 приведены статистические характеристики территориальной изменчивости физико-химических показателей качества зерна яровой пшеницы в целом на территории Алтайского края.

Таблица 1 – Пространственная изменчивость показателей качества зерна

Показатели качества	Статистические характеристики				
	I*	\bar{x}	S	S_x	V, %
Количество клейковины, %	23-30	23,9	0,4	0,2	1,7
Качество клейковины, ед. ИДК	73-90	80,1	1,1	0,4	1,4
Число падения, с	189-320	257,6	2,1	0,7	0,8
Стековидность, %	39-55	44,7	0,6	0,2	1,3
Натура, г/л	712-804	763,8	3,2	1,0	0,4

*) Примечание: I – размах варьирования, \bar{x} – средняя арифметическая, S – стандартное отклонение, S_x – ошибка выборочной средней, V, % – коэффициент вариации

Размах варьирования качественных характеристик зерна яровой мягкой пшеницы находится в пределах, обозначенных ГОСТами. Показатели отмечены «незначительным» [30] коэффициентом вариации (<10 %).

Распределение проб зерна внутри генеральной совокупности по Алтайскому краю по показателям качества позволяет их структурировать (рис. 2).

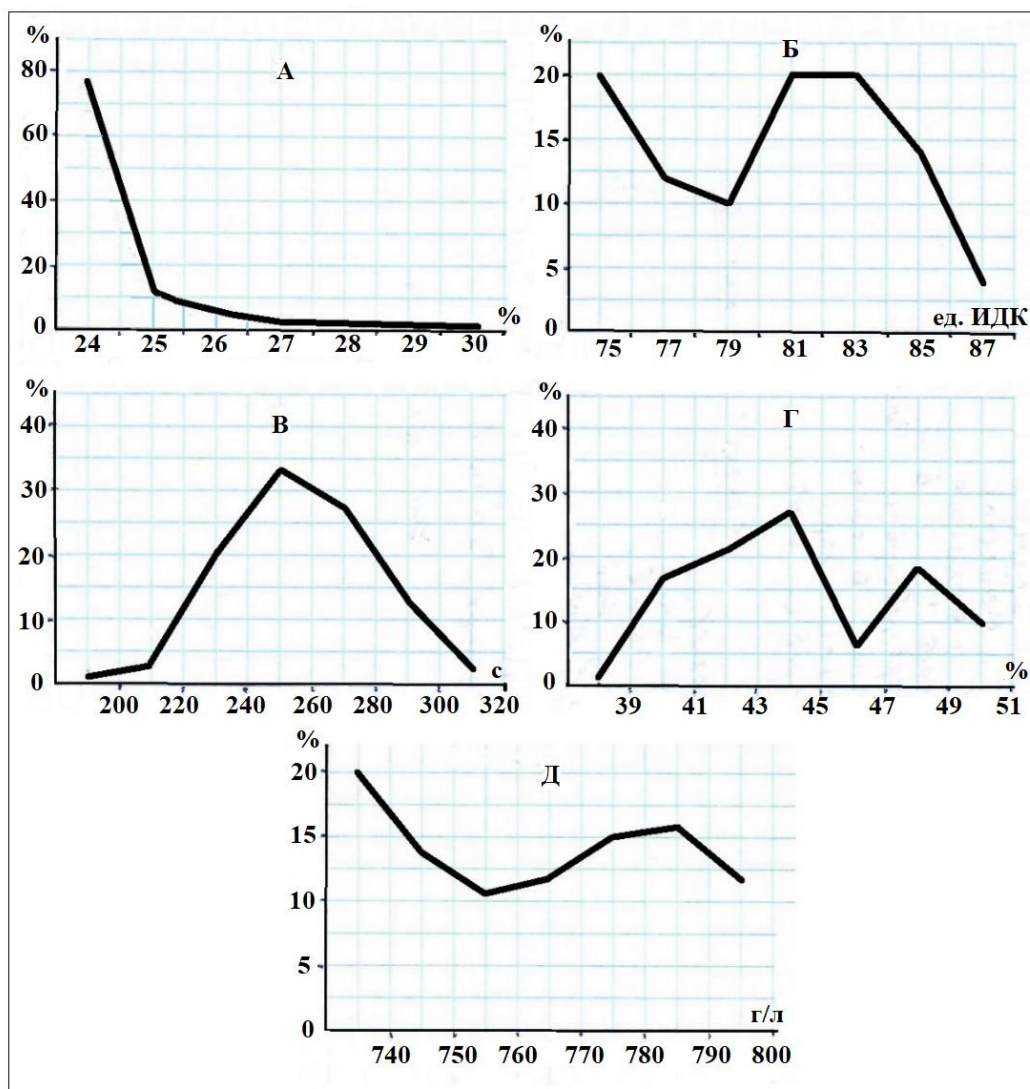


Рисунок 2 – Распределение проб зерна по количеству клейковины (А), качеству клейковины (Б), числу падения (В), стекловидности (Г), натуре (Д)

Экспоненциальный характер распределения имеет показатель количества глютена – в генеральной совокупности преобладают показатели, лежащие в интервале 23-25 %. S-образный профиль характеризует величину ИДК и натуру зерна. Показатель качества характеризуется двумя максимумами: первый позволяет отнести зерно к I группе, а второй – ко II по качеству глютена. Два максимума (рис. 2 Г) имеются и при распределении проб по натуре зерна, все пробы соответствуют нормативному значению – не ниже 730 г/л. Величины, характеризующие распределение проб по числу падения, генеральной совокупности, распределились «нормально», и такое распределение называют распределением Стьюдента – в центре распределения находится генеральная средняя, 80 %

проб расположены в интервале 240-280 с. Стекловидность зерна, по распределению проб зерна, также следует признать нормальной.

Изменчивость значений показателей качества зерна по подзонам Алтайского края приведена на рисунке 3.

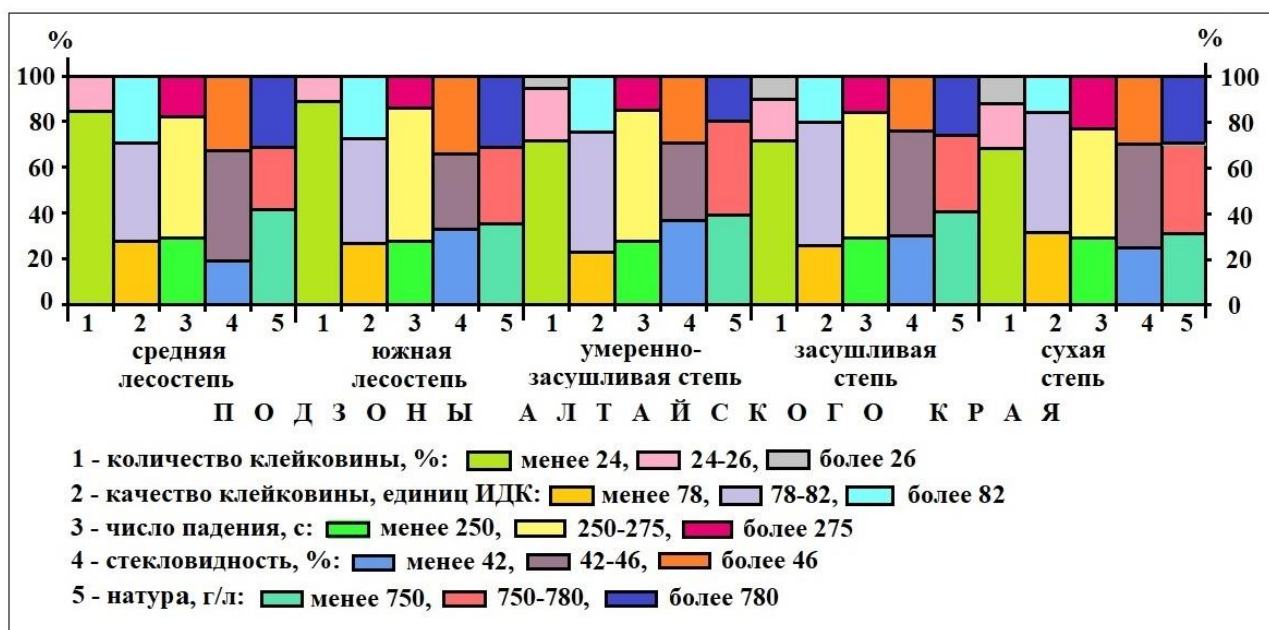


Рисунок 3 – Подзональное распределение значений (%) физико-химических показателей качества зерна

При движении с востока на запад Алтайского края количество проб с содержанием клейковины 23-26 % уменьшается в среднем более чем на 13 %. В лесостепи пробы с содержанием глютена более 27-30 % не выявлены, тогда как в сухой степи происходит их количественное увеличение до 13 %. По качеству белка более 30 % проб относится к I группе со значениями 78 единиц ИДК, различия по подзонам несущественны. Более существенны различия во II группе, при значениях ИДК 79-90 единиц выделяются три интервала: 79-82, 82-86, 87-90 единиц. Более 30 % образцов зерна характеризуются числом падения менее 250 секунд, 20 % отличаются более высокими значениями – 275-300, но различий по подзонам не выявлено. 65-78 % проб зерна в лесостепной зоне по показателю стекловидности лежат в интервале 43-50 %, а в степных районах доля с этим интервалом уменьшается до 61-65 %. В засушливой и сухой степи выявлены образцы со стекловидностью более 50 %. По натуре 90-100 % проб находится в интервале 730-800 г/л. Зерно с натурой ниже 730 г/л встречается в засушливой и сухой степи, так как здесь больше щуплого зерна. Четких различий между подзонами по этому показателю не обнаружено.

Подзональный размах варьирования значений показателей качества располагается в интервале варьирования генеральной совокупности, состоящей из 300 единиц по каждому показателю качества. Количество клейковины характеризуется самым узким интервалом (от 2 % до 8 %) в направлении с востока на запад, тогда как числу падения присущ самый широкий размах с 69 до 131 секунды. Меньшим размахом изменчивости отличается натура зерна, его варьирование по подзонам составляет от 59 до 92 г/л. Наименьший показатель отмечается в умеренно-засушливой степи, а самый высокий – в подзоне засушливой степи. В остальных подзонах варьирование природы измеряется от 66 до 72 г/л, и его величины интервалов очень близки. Размах варьирования показателя качества глютена по подзонам составил 14-17 единиц ИДК, стекловидность – 10-16 %.

Выводы

По мере движения с запада Алтайского края (сухая степь) на восток (средняя лесостепь) средняя арифметическая величина количества клейковины уменьшается с 24,2 до 23,5 %. Индекс деформации клейковины (ИДК), как показатель качества зерна, наоборот увеличивается с 79,4 до 81,4 единиц ИДК, что свидетельствует о снижении качества клейковины. Средние арифметические значения стекловидности очень близки по подзонам и находятся в пределах 45%. Также слабо изменяется по подзонам средняя арифметическая величина натуры. Средняя арифметическая величина числа падения колеблется от 255 сек. (южная лесостепь) до 261 сек. (сухая степь). Средние арифметические значения всех показателей качества зерна входят в доверительные интервалы для генеральной средней изучаемых показателей качества зерна при 95%-ном уровне вероятности и анализируемом числе степеней свободы. Результаты исследований можно использовать на практике при оценке устойчивости аграрных землепользований на локальном и региональном уровнях, прогнозировании внутреннего потребления и экспорта зерна яровой мягкой пшеницы, расчете схемы сырьевого конвейера, а также решении прочих вопросов, связанных с развитием АПК Алтайского края.

Список литературы

1. Всеобщая декларация о ликвидации голода и недоедания // Организация Объединенных Наций [Электронный ресурс]. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/hunger.shtml (дата обращения: 01.07.2023).
2. Римская декларация о всемирной продовольственной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <http://www.g20civil.com/ru/documents/205/577/> (дата обращения: 01.07.2023).
3. Всемирная Продовольственная Программа ООН [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wfp.org/o-нас> (дата обращения: 01.07.2023).
4. FAO, UNDP (United Nations Development Programme) & UNEP (United Nations Environment Programme). 2021. A multi-billion-dollar opportunity – Repurposing agricultural support to transform food systems. Rome [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.4060/cb6562en> (дата обращения: 01.07.2023).
5. Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/73438425/> (дата обращения: 01.07.2023).
6. Стратегия устойчивого развития Германии до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: <https://ekapraekt.by/wp-content/uploads/2019/06/nachhaltigkeitsstrategie-rs.pdf> (дата обращения: 01.07.2023).
7. Стратегия «Казахстан 2050» [Электронный ресурс]. URL: <https://primeminister.kz/ru/gosprogrammy/strategiya-kazahstan-2050?ysclid=lchkz3d7ys99226891> (дата обращения: 01.07.2023).
8. Riaz A., Huda N., Abbas A., Raza S. Biofortification of Wheat with Iron. Int. J. Adv. Sci. Res. 2017. no. 3. pp. 69-76. [Электронный ресурс]. URL: <https://ssjournals.com/index.php/ijasr/article/view/4275> (дата обращения: 21.08.2023).
9. Merinero M., Alcludia A., Begines B., Martínez G., Martín-Valero M.J., Pérez-Romero J.A., Mateos-Naranjo E., Redondo-Gómez S., Navarro-Torre S., Torres Y., Merchan F., Rodrigues Liorente I.D., Pajuelo E. Assessing the Biofortification of Wheat Plants by Combining a Plant Growth-Promoting Rhizobacterium (PGPR) and Polymeric Fe-Nanoparticles: Allies or Enemies?

Agronomy 2022. vol. 12. no. 228. pp. 1-20. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010228> (дата обращения: 21.08.2023).

10. Wang J., Li R., Zhang H., Gehong W., Zhefei, L. Beneficial bacteria activate nutrients and promote wheat growth under conditions of reduced fertilizer application. BMC Microbiol. 2020. vol. 20. no. 38. pp. 1-12.

11. Bana R.S., Bamboriya S.D., Padaria R.N., Dhakar R.K., Khaswan S.L., Choudhary R.L., Bamboriya J.S. Planting Period Effects on Wheat Productivity and Water Footprints: Insights through Adaptive Trials and APSIM Simulations. Agronomy 2022. vol. 12, no. 226. pp. 1-14. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010226> (дата обращения: 21.08.2023).

12. Kumar A., Rana K.S., Choudhary A.K., Bana R.S., Pradhan A. Effect of nutrient and moisture management practices on growth and yield of pigeonpea in conservation agriculture based pigeonpea (*Cajanus cajan*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping system under limited irrigation. Ann. Agric. Res. 2019. no. 40. pp. 300-308. pp. 1-17.

13. Gu J. Ecophysiological Crop Modelling Combined with Genetic Analysis Is a Powerful Tool for Ideotype Design. Agronomy 2022. vol. 12. no. 215. pp. 1-15. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010215> (дата обращения: 21.08.2023).

14. Vashisht B.B., Maharjan B., Jalota S.K. Management practice to optimize wheat yield and water use in changing climate. Arch. Agron. Soil Sci. 2019. no. 65. pp. 1802-1819.

15. Dubey R., Pathak H., Singh S., Chakravarti B., Thakur A.K., Fagodia R.K. Impact of sowing dates on terminal heat tolerance of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Natl. Acad. Sci. Lett. 2019. no. 42. pp. 445-449.

16. Rivera-Amado C., Trujillo-Negrellos E., Molero G., Reynolds M.P., Sylvester-Bradley R., Foulkes M.J. Optimizing dry-matter partitioning for increased spike growth, grain number and harvest index in spring wheat. Field Crop Res. 2019. no. 240. pp. 154-167.

17. Ding Y., Tang X., Zhang X., Zhu M., Li C., Zhu X., Ding J., Guo W. Effects of Weak- and Semi-Winter Cultivars of Wheat on Grain Yield and Agronomic Traits by Breaking through Traditional Area Planting. Agronomy 2022. vol. 12. no. 196. pp. 1-16. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010196> (дата обращения: 21.08.2023).

18. Петрова Л.И., Митрофанов Ю.И., Первушина Н.К., Лапушкина В.Н. Влияние удобрений и погодных условий на формирование урожая яровой пшеницы на осушаемых землях // Земледелие. 2020. № 4. С. 12-15.

19. Постников П.А., Попова В.В., Тиханская Е.Л. Урожайность яровой пшеницы в севооборотах и биохимический состав зерна // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5. С. 9-16.

20. Пахотина И.В., Игнатьева Е.Ю., Зелова Л.А., Юшкевич Л.В., Пристаюк А.Л. Формирование качества зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от предшественника и средств химизации // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. № 1 (69). С. 28-31.

21. Умаева Л.З., Токарев В.С., Лисунова Л.И. Влияние погодных условий на качество зерна мягкой пшеницы // Кормопроизводство. 2017. № 10. С. 22-25.

22. Кузнецова Т.В. Влияние частей склона на плодородие выщелоченного чернозема, урожайность и качество зерна яровой пшеницы в лесостепи Приангарья: Дисс. ... канд. с-х. наук. Иркутск. 2010. 155 с.

23. Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л., Власова Т.В. Экологические аспекты сельскохозяйственного землепользования в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. № 1 (63). С. 49-52.

24. Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л., Будрицкая И.А., Латышева О.А. Концепция управления земельными ресурсами Алтайского края в современных условиях // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (111). С. 137-142.

25. Бунин А.А., Латышева О.А., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Повышение эффективности сельскохозяйственного землепользования в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (151). С. 35-43.
26. Мягкий П.А., Репенек Д.А., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Моделирование сельскохозяйственного землепользования в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (161). С. 26-32.
27. Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М., Мацюра А.В., Бондарович А.А. Организация устойчивого сельскохозяйственного землепользования в Алтайском крае с применением ландшафтного анализа // Устойчивое развитие горных территорий. 2020. Т. 12. № 3. С. 339-349. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-3-339-348
28. Алтайский филиал «Центр оценки качества зерна». ГОСТы и методики определения качества зерна [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fczerma.ru/services/inspections/barnaul/> (дата обращения: 01.07.2023).
29. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
30. Ещенко Е.Г., Ещенко С.И., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Варьирование урожайности сельскохозяйственных культур под воздействием различных факторов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 9 (167). С. 46-52.
31. Белкина Р.И., Летяго Ю.А., Выдрин В.В., Федорук Т.К. Качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы в условиях подтаежной зоны Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2021. № 3. С. 15-21.
32. Асеева Т.А., Карачева Г.С., Лобакина И.В., Рубан З.С. Влияние погодных условий на формирование урожая и качество зерна яровой пшеницы в среднем Приамурье // Вестник ДРО РАН. 2016. № 2. С. 64-70.
33. Габдрахимов О.Б., Солодун В.И., Султанов Ф.С. Качество зерна районированных сортов яровой пшеницы в Иркутской области // Вестник КрасГАУ. 2019. № 1. С. 3-7.
34. Гладышева О.В., Барковская Т.А. Оценка продуктивности и качества зерна яровой мягкой пшеницы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 6. С. 46-48.
35. Фатыхов И.Ш., Корепанова Е.В., Борисов Б.Б. Реакция яровой пшеницы Ирень на абиотические условия химическим составом зерна // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 2 (44). С. 42-47.
36. Бундина О.И., Хухурин А.С. Повышение экономической эффективности и конкурентоспособности производства зерна в России: синергетический подход // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 11. С. 26-29.

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

Поступила в редакцию 12.07.2023

Принята к публикации 11.09.2023

SPATIAL VARIABILITY OF GRAIN QUALITY OF SPRING SOFT WHEAT IN ALTAI KRAI

M. Shostak¹, *V. Tatarintsev², L. Tatarintsev³

¹ Grain Quality Assessment Center, Russia, Barnaul

² Altai State University, Russia, Barnaul

³ Altai State Agrarian University, Russia, Barnaul

e-mail: *kafzem@bk.ru

The results of the study of grain quality variability of spring soft wheat depending on physical and geographical conditions are presented. The amount of gluten is characterized by an interval from 2 % to 8 % in the direction from east to west of the Altai Krai, and the falling number is from 69 to 131 seconds. The natural weight of grain varies by subzones from 59 (moderate arid steppe) to 92 (dry steppe) g/l. In other subzones, the variation in nature varies from 66 to 72 g/l. The range of variation of the gluten quality index by subzones was 14-17 units of IDK, and vitreousness – 10-16 %.

Key words: spring soft wheat, spatial variability of grain quality, quantity and quality of gluten, falling number, vitreousness, nature, Altai Krai.

References

1. Vseobshchaya deklaratsiya o likvidatsii goloda i nedoedaniya. Organizatsiya Ob"edinennykh Natsii. [Elektronnyi resurs]. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/hunger.shtml (data obrashcheniya: 01.07.2023).

2. Rimskaya deklaratsiya o vsemirnoi prodovol'stvennoi bezopasnosti [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.g20civil.com/ru/documents/205/577/> (data obrashcheniya: 01.07.2023).

3. Vsemirnaya Prodovol'stvennaya Programma OON [Elektronnyi resurs]. URL: <http://ru.wfp.org/o-нас> (data obrashcheniya: 01.07.2023).

4. FAO, UNDP (United Nations Development Programme) & UNEP (United Nations Environment Programme). 2021. A multi-billion-dollar opportunity – Repurposing agricultural support to transform food systems. Rome [Elektronnyi resurs]. URL: <https://doi.org/10.4060/cb6562en> (data obrashcheniya: 01.07.2023).

5. Ukaz Prezidenta RF ot 21 yanvarya 2020 g. N 20 "Ob utverzhdenii Doktriny prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii" [Elektronnyi resurs]. URL: <https://base.garant.ru/73438425/> (data obrashcheniya: 01.07.2023).

6. Strategiya ustoichivogo razvitiya Germanii do 2030 goda. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://ekapraekt.by/wp-content/uploads/2019/06/nachhaltigkeitsstrategie-rs.pdf> (data obrashcheniya: 01.07.2023).

7. Strategiya "Kazakhstan 2050" [Elektronnyi resurs]. URL: <https://primeminister.kz/ru/gosprogrammy/strategiya-kazahstan-2050?ysclid=lchkz3d7ys99226891> (data obrashcheniya: 01.07.2023).

8. Riaz A., Huda N., Abbas A., Raza S. Biofortification of Wheat with Iron. Int. J. Adv. Sci. Res. 2017. no. 3. pp. 69-76. [Электронный ресурс]. URL: <https://ssjournals.com/index.php/ijasr/article/view/4275> (дата обращения: 21.08.2023).

9. Merinero M., Alcudia A., Begines B., Martínez G., Martín-Valero M.J., Pérez-Romero J.A., Mateos-Naranjo E., Redondo-Gómez S., Navarro-Torre S., Torres Y., Merchan F., Rodrigues Liorente I.D., Pajuelo E. Assessing the Biofortification of Wheat Plants by Combining a Plant Growth-Promoting Rhizobacterium (PGPR) and Polymeric Fe-Nanoparticles: Allies or Enemies? Agronomy 2022. vol. 12. no. 228. pp. 1-20. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010228> (дата обращения: 21.08.2023).

10. Wang J., Li R., Zhang H., Gehong W., Zhefei, L. Beneficial bacteria activate nutrients and promote wheat growth under conditions of reduced fertilizer application. *BMC Microbiol.* 2020. vol. 20. no. 38. pp. 1-12.
11. Bana R.S., Bamboriya S.D., Padaria R.N., Dhakar R.K., Khaswan S.L., Choudhary R.L., Bamboriya J.S. Planting Period Effects on Wheat Productivity and Water Footprints: Insights through Adaptive Trials and APSIM Simulations. *Agronomy* 2022. vol. 12, no. 226. pp. 1-14. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010226> (дата обращения: 21.08.2023).
12. Kumar A., Rana K.S., Choudhary A.K., Bana R.S., Pradhan A. Effect of nutrient and moisture management practices on growth and yield of pigeonpea in conservation agriculture based pigeonpea (*Cajanus cajan*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping system under limited irrigation. *Ann. Agric. Res.* 2019. no. 40. pp. 300-308. pp. 1-17.
13. Gu J. Ecophysiological Crop Modelling Combined with Genetic Analysis Is a Powerful Tool for Ideotype Design. *Agronomy* 2022. vol. 12. no. 215. pp. 1-15. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010215> (дата обращения: 21.08.2023).
14. Vashisht B.B., Maharjan B., Jalota S.K. Management practice to optimize wheat yield and water use in changing climate. *Arch. Agron. Soil Sci.* 2019. no. 65. pp. 1802-1819.
15. Dubey R., Pathak H., Singh S., Chakravarti B., Thakur A.K., Fagodia R.K. Impact of sowing dates on terminal heat tolerance of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Natl. Acad. Sci. Lett.* 2019. no. 42. pp. 445-449.
16. Rivera-Amado C., Trujillo-Negrellos E., Molero G., Reynolds M.P., Sylvester-Bradley R., Foulkes M.J. Optimizing dry-matter partitioning for increased spike growth, grain number and harvest index in spring wheat. *Field Crop Res.* 2019. no. 240. pp. 154-167.
17. Ding Y., Tang X., Zhang X., Zhu M., Li C., Zhu X., Ding J., Guo W. Effects of Weak- and Semi-Winter Cultivars of Wheat on Grain Yield and Agronomic Traits by Breaking through Traditional Area Planting. *Agronomy* 2022. vol. 12. no. 196. pp. 1-16. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12010196> (дата обращения: 21.08.2023).
18. Petrova L.I., Mitrofanov Yu.I., Pervushina N.K., Lapushkina V.N. Vliyanie udobrenii i pogodnykh uslovii na formirovanie urozhaya yarovoi pshenitsy na osushaemykh zemlyakh. *Zemledelie.* 2020. N 4. S. 12-15.
19. Postnikov P.A., Popova V.V., Tikhanskaya E.L. Urozhainost' yarovoi pshenitsy v sevooborotakh i biokhimicheskii sostav zerna. *Vestnik KrasGAU.* 2022. N 5. S. 9-16.
20. Pakhotina I.V., Ignat'yeva Ye.YU., Zelova L.A., Yushkevich L.V., Pristayuk A.L. Formirovanie kachestva zerna yarovoi myagkoi pshenitsy v zavisimosti ot predshestvennika i sredstv khimizatsii. *Izvestiya Orenburgskogo GAU.* 2018. N 1 (69). S. 28-31.
21. Umaeva L.Z., Tokarev V.S., Lisunova L.I. Vliyanie pogodnykh uslovii na kachestvo zerna myagkoi pshenitsy. *Kormoproizvodstvo.* 2017. N 10. S. 22-25.
22. Kuznetsova T.V. Vliyanie chastei sklona na plodorodie vshchelochennogo chernozema, urozhainost' i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy v lesostepi Priangar'ya: Diss. ... kand. s-kh. nauk. Irkutsk. 2010. 155 s.
23. Tatarintsev L.M., Tatarintsev V.L., Vlasova T.V. Ekologicheskie aspekty sel'skokhozyaistvennogo zemlepol'zovaniya v Altaiskom krae. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2010. N 1 (63). S. 49-52.
24. Tatarintsev L.M., Tatarintsev V.L., Budritskaya I.A., Latysheva O.A. Kontseptsiya upravleniya zemel'nymi resursami Altaiskogo kraja v sovremennykh usloviyakh. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2014. N 1 (111). S. 137-142.
25. Bunin A.A., Latysheva O.A., Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M. Povyshenie effektivnosti sel'skokhozyaistvennogo zemlepol'zovaniya v Altaiskom krae. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2017. N 5 (151). S. 35-43.

26. Myagkii P.A., Repenek D.A., Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M. Modelirovanie sel'skokhozyaistvennogo zemlepol'zovaniya v Altaiskom krae. Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. N 3 (161). S. 26-32.
27. Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M., Matsyura A.V., Bondarovich A.A. Organizatsiya ustoichivogo sel'skokhozyaistvennogo zemlepol'zovaniya v Altaiskom krae s primeneniem landshaftnogo analiza. Ustoichivoe razvitie gornykh territorii. 2020. T. 12. N 3. S. 339-349. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-3-339-348
28. Altaiskii filial «Tsentr otsenki kachestva zerna». GOSTy i metodiki opredeleniya kachestva zerna [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.fczerna.ru/services/inspections/barnaul/> (data obrashcheniya: 01.07.2023).
29. Dospel'kov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
30. Eshchenko E.G., Eshchenko S.I., Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M. Var'irovanie urozhainosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur pod vozdeistviem razlichnykh faktorov. Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. N 9 (167). S. 46-52.
31. Belkina R.I., Letyago Yu.A., Vydrin V.V., Fedoruk T.K. Kachestvo zerna sortov yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh podtaezhnoi zony Tyumenskoi oblasti. Vestnik KrasGAU. 2021. N 3. S. 15-21.
32. Aseeva T.A., Karacheva G.S., Lobakina I.V., Ruban Z.S. Vliyanie pogodnykh uslovii na formirovanie urozhaya i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy v srednem Priamur'e. Vestnik DRO RAN. 2016. N 2. S. 64-70.
33. Gabdrakhimov O.B., Solodun V.I., Sultanov F.S. Kachestvo zerna raionirovannykh sortov yarovoi pshenitsy v Irkutskoi oblasti. Vestnik KrasGAU. 2019. N 1. S. 3-7.
34. Gladysheva O.V., Barkovskaya T.A. Otsenka produktivnosti i kachestva zerna yarovoi myagkoi pshenitsy. Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2016. N 6. S. 46-48.
35. Fatykhov I.Sh., Korepanova E.V., Borisov B.B. Reaktsiya yarovoi pshenitsy Iren' na abioticheskie usloviya khimicheskim sostavom zerna. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. T. 12. N 2 (44). S. 42-47.
36. Bundina O.I., Khukhurin A.S. Povyshenie ekonomicheskoi effektivnosti i konkurentosposobnosti proizvodstva zerna v Rossii: sinergeticheskii podkhod. Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii. 2018. N 11. S. 26-29.

Сведения об авторах:

- Мария Михайловна Шостак
 Директор, Алтайский филиал Центр оценки качества зерна, заместитель директора,
 Центр оценки качества зерна
 ORCID 0000-0003-1236-6109
 Maria Shostak
 Director, Altai branch of the Grain Quality Assessment Center, Deputy Director, Grain
 Quality Assessment Center
- Владимир Леонидович Татаринцев
 Д.с.-х.н., профессор, профессор кафедры экономической географии и картографии,
 Алтайский государственный университет
 ORCID 0000-0002-5368-726X
 Vladimir Tatarintsev
 Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Economic
 Geography and Cartography, Altai State University

Леонид Михайлович Татаринцев

Д.б.н., профессор, профессор кафедры землеустройства, земельного и городского кадастра, Алтайский государственный аграрный университет

ORCID 0000-0002-4308-6110

Leonid Tatarintsev

Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Land Management, Land and Urban Cadastre, Altai State Agrarian University

Для цитирования: Шостак М.М., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Пространственная изменчивость качества зерна яровой мягкой пшеницы в Алтайском крае // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 116-127. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-116-127

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ СОРТОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ, РЕКОМЕНДОВАННЫХ ГОСКОМИССИЕЙ ПО НИЖНЕВОЛЖСКОМУ РЕГИОНУ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

Б.А. Гольдварг, *М.В. Боктаев

Калмыцкий НИИСХ им. М.Б. Нармаева – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»,
Россия, Элиста
e-mail: *mergenboktaev@mail.ru

Среди зерновых культур ячмень является в Калмыкии второй культурой после пшеницы. Используется на все виды кормов и имеет важное значение для успешного развития животноводства. Учетная площадь делянки 50 м². Посев осуществлялся по черному пару с нормой 400 шт./м² всхожих семян. В условиях опытного поля ПАФНЦ РАН урожайность сорта Ерема в среднем за три года превысила Шторм и Павел на 0,23 и 0,68 т/га соответственно, превышение над Эспадой составило 0,22 т/га, что также подтверждает его высокие адаптивные признаки к засушливым условиям Калмыкии. Следует отметить, что в экстремальных условиях 2021 года, когда осенью не было всходов, сорт-двуручка Ставропольской селекции Шторм превзошел сорт Ерема на 0,19 т/га. Использование в производстве сорта-двуручки Шторм позволит стабилизировать урожай ячменя в экстремальные годы. По данным филиала ФГБУ «Госсорткомиссия» по РК (Республике Калмыкия), в условиях сухого климата Элистинского ГСУ (госсортоучастка) сорт Ерема за 2017-2019 гг. превысил сорт Павел на 0,23 т/га, в очень засушливом климате Сарпинского ГСУ в 2019 году сорту Павел не удалось сформировать урожай, а Ерема дал 1,45 т/га зерна. Сорт Краснодарской селекции Павел имеет преимущество в благоприятных почвенно-климатических условиях западной зоны. В опытах изученные сорта сформировали зерно II и III класса для кормовых целей и переработке на комбикорма.

Ключевые слова: ячмень, сортоиспытание, урожайность, качество зерна.

Введение

Экологическое сортоиспытание позволяет выявить сорта, адаптивные к конкретным почвенно-климатическим условиям той или иной зоны либо региона [1].

В Республике Калмыкия выделяют западную, центральную и восточную природно-хозяйственные зоны.

В западной зоне (Башантинский ГСУ (госсортоучасток)) самые благоприятные почвенно-климатические условия в республике. Почвы представлены черноземами и каштановыми. Светло-каштановые почвы центральной зоны менее плодородны по сравнению с западной, а климат меняется от сухого – юг центральной зоны (Элистинский ГСУ) до очень засушливого – север (Сарпинский ГСУ). Специализация восточной зоны с крайне засушливым климатом определяется овцеводством и скотоводством [2].

Целью исследований являлось проведение экологического испытания сортов озимого ячменя в условиях сухой степи Республики Калмыкия.

Материалы и методы

Объектами исследований служили допущенные к использованию по Нижневолжскому региону сорта озимого ячменя [3]. Данные по урожайности озимого ячменя на ГСУ в 2017-2019 гг. взяты из материалов, опубликованных филиалом ФГБУ

«Госсорткомиссия» по РК [4]. Учетная площадь делянки 50 м². Посев осуществлялся по черному пару с нормой 400 шт./м² всхожих семян. Математическую обработку результатов исследований проводили по методике Б.А. Доспехова [5].

2019/2020 и 2020/2021 сельскохозяйственные годы характеризовались схожими между собой гидротермическими параметрами. Среднегодовая температура воздуха в 2019-2020 гг. составила 12,1 °С, а в 2020-2021 гг. – 12,0 °С. Количество выпавших осадков в 2019-2020 гг. – 298,5 мм, а в 2020-2021 гг. – 304,4 мм, что соответственно на 52,5 мм и 46,6 мм меньше многолетних данных.

При таких схожих среднегодовых гидротермических параметрах среднемесячные сильно отличались друг от друга: сентябрь и октябрь 2020-2021 сельскохозяйственного года были без осадков. Количество осадков является определяющим фактором при формировании урожайности [6]. Осенние всходы озимых не были получены, и урожайность резко снизилась по сравнению с 2019-2020 сельскохозяйственным годом. Это позволило всесторонне изучить сорта озимого ячменя и оценить возможности их возделывания в условиях сухой степи Калмыкии.

В 2021/2022 сельскохозяйственном году среднегодовая температура воздуха на 2,1 °С превышала норму (9,4 °С). Количество осадков на 83,3 мм уступало многолетним данным (351,0 мм). Зима была теплой. Осадки превышали норму (64,0 мм) на 13,0 мм. За летний сезон выпало 41,5 мм осадков, что составило 36,1 % от нормы. Отсутствие осадков в июне и их недостаточное количество в весенний период снизило урожайность по сравнению с 2019-2020 сельскохозяйственным годом.

Результаты и обсуждение

Анализ урожайности на ГСУ Калмыкии, расположенных в различных природно-хозяйственных зонах республики, позволяет выделить преимущества различных селекций в определенных местных условиях (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность сортов ячменя на ГСУ Калмыкии, 2017-2019 гг.

Наименование ГСУ	Сорт	Урожайность, т/га			Среднее
		2017	2018	2019	
Башантинский	Павел, ст.	6,01	6,06	3,64	5,24
	Ерема	6,26	5,52	3,52	5,1
Элистинский	Павел, ст.	3,46	1,92	5,75	3,71
	Ерема	4,49	1,58	5,76	3,94
Сарпинский	Павел, ст.	-	-	0	-
	Ерема	-	-	1,45	-

Сорт Донской селекции Ерема, выведенный в более северном регионе, чем Павел, уступив по урожайности в среднем за три года в благоприятных почвенно-климатических условиях Башантинского ГСУ, продемонстрировал свои высокие адаптивные признаки в условиях сухого климата Элистинского ГСУ, где за 2017-2019 гг. превысил сорт Павел на 0,23 т/га и очень засушливого климата Сарпинского ГСУ, где сорту Павел в 2019 году не удалось сформировать урожай.

В среднем за последние 2020-2022 годы в Республике Калмыкия высевается 294,2 т сортовых семян озимого ячменя в год, что составляет примерно 1,87 тыс. га. В таблице 2 приведена урожайность рекомендованных сортов озимого ячменя в Калмыкии.

В среднем за три года урожайность сортов озимого ячменя в производственных посевах составила 4,44 т/га.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Из 4 сортов ячменя, высеянных в Калмыкии, под урожай 2023 года рекомендовано к возделыванию по Нижневолжскому региону только 2 сорта (Ерема и Шторм), т.е. половина высеваемых сортов не вполне подходит для условий региона (табл. 3).

Таблица 2 – Урожайность сортов озимого ячменя, рекомендованных в производство в Калмыкии 2020-2022 гг., т/га

Сорт	Урожайность, т/га			
	2020	2021	2022	Среднее
Ерема	5,93	4,7	5,51	5,38
Жигули	-	3,0	-	-
Шторм	4,89	2,69	1,92	3,5
Среднее	5,41	3,46	3,72	4,44

Таблица 3 – Сорта и категории семян озимого ячменя в Калмыкии под урожай 2023 г.

№ п/п	Сорт	Тип развития	Высеяно, т	Категория семян		
				ОС	ЭС	РС 1-4
1	Ерема	озимый	11,5	0	0	11,5
2	Маруся	двуручка	37,4	0	37,4	0
3	Шторм	двуручка	30,0	0	18	12
4	Эспада	озимый	183,2	3	120,2	60
Всего			262,1	3	175,6	83,5

В 2022 году половину ячменного клина занимал сорт Эспада. Доля семян рекомендованных сортов составила 33,9 %.

На опытном поле КНИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (центральная зона РК) в 2020-2022 гг. проведено изучение урожайности сортов озимого ячменя, рекомендованных к возделыванию по Нижневолжскому региону, в сравнении с сортом Эспада (табл. 4).

Урожайность сорта Ерема в среднем за три года превысила Шторм и Павел на 0,23 и 0,68 т/га соответственно, превышение над Эспадой составило 0,22 т/га, что также подтверждает его высокие адаптивные признаки к засушливым условиям Калмыкии. Средняя урожайность 2021 года была ниже в 2,3 раза, чем в 2020 г. Это объясняется отсутствием осенних осадков в 2020-2021 сельскохозяйственном году. Весеннее кушение позволило растениям развиваться по яровому типу, при этом резко снизив урожайность. В таких условиях сорт-двуручка Шторм имел преимущество по урожайности над Еремой.

Таблица 4 – Урожайность сортов ячменя, рекомендованных к возделыванию по Нижневолжскому региону в Калмыцком НИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2020-2022 гг.

№ п/п	Сорт	Год внесения в Госреестр РФ	Урожайность, т/га			Среднее
			2020	2021	2022	
1	Эспада, ст.	2011	4,18	2,07	2,46	2,90
2	Павел	2004	3,08	1,96	2,30	2,44
3	Ерема	2015	4,96	1,73	2,65	3,12
4	Шторм	2020	4,18	1,92	2,57	2,89
Среднее			4,44	1,91	2,56	2,97
НСР₀₅			0,57	0,41	0,4	-

Высота растений ячменя в сильной степени зависит от погодных условий. По высоте растений варьирование в среднем составило от 70 (Эспада) до 75 см (Шторм) (табл. 5).

Таблица 5 – Хозяйственно-биологическая характеристика сортов ячменя, рекомендованных к возделыванию по Нижневолжскому региону в Калмыцком НИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2020-2022 гг.

№ п/п	Сорт	Высота, см				Масса 1000 зерен, г			
		2020	2021	2022	Среднее	2020	2021	2022	Среднее
1	Эспада, ст.	69	75	66	70	40,5	43,1	44,8	42,8
2	Павел	71	76	69	72	32,4	35,3	34,9	34,2
3	Ерема	72	77	71	73	39,5	39	37	38,5
4	Шторм	78	74	73	75	41,1	45,2	43	43,1
	Среднее	73	76	70	73	38,4	40,7	39,9	39,6

Все изученные образцы по массе 1000 зерен в среднем относились к среднекрупным (34,2-43,1 г). Наибольшее значение данного признака было у сорта Шторм.

В результате проведенного корреляционного анализа не выявлено достоверных связей между урожайностью и высотой растений ($r = 0,22$, $p < 0,05$) и высотой растений с массой 1000 зерен ($r = 0,1$, $p < 0,05$). Установлена средняя положительная связь между урожайностью и массой 1000 зерен ($r = 0,62$, $p < 0,05$) (табл. 6).

Таблица 6 – Коэффициенты корреляций между урожайностью и хозяйственно-биологическими признаками (2020-2022 гг.)

Признак	Урожайность, т/га	Высота, см	Масса 1000 зерен, г
Урожайность, т/га	1		
Высота, см	0,22	1	
М. 1000 зерен, г	0,62	0,10	1

Среди зерновых культур ячмень является в Калмыкии второй культурой после пшеницы. Используется на все виды кормов и имеет важное значение для успешного развития животноводства [7].

Наши исследования качества зерна, проведенные в САС «Калмыцкая», в среднем за 2020-2022 годы представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Качество зерна озимого ячменя, 2020-2022 гг.

№ п/п	Сорт	Содержание в 1 кг сух. вещества, г		
		Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырая зола
1	Эспада, ст.	115,8	76,5	25,3
2	Павел	124,2	71,7	25,2
3	Ерема	126,8	66,4	29,3
4	Шторм	108,1	78,8	27,9

Сорт Ерема при высокой урожайности дает зерно с достаточно высоким содержанием сырого протеина. В условиях сухой степи Республики Калмыкия все изученные сорта формируют зерно, отвечающее, согласно ГОСТу Р 53900-2010, требованиям II и III класса для кормовых целей и переработке на комбикорма.

Выводы

1. Сорт Донской селекции Ерема в полной мере продемонстрировал свои высокие адаптивные признаки в условиях сухого и очень засушливого климата центральной зоны Республики Калмыкия.
2. Сорт Краснодарской селекции Павел имеет преимущество в благоприятных почвенно-климатических условиях западной зоны.
3. Использование в производстве сорта-двуручки Ставропольской селекции Шторм позволит стабилизировать урожай ячменя в экстремальные годы.

Список литературы

1. Филиппов Е.Г., Алабушев А.В. Селекция ярового ячменя. Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2014. 208 с.
2. Гольдварг Б.А., Грициенко В.Г., Боктаев М.В. Влияние изменения климата на продуктивность зерновых культур в центральной зоне Республики Калмыкия // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2 (62). С. 17-20. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-17-20.
3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 645 с.
4. Чиданов В.В., Гучинова Г.А. Государственный реестр сортов, допущенных к использованию в производстве по республике на 2020 год, и урожай в конкурсном испытании на сортоучастках Республики Калмыкия за 2017-2019 гг. Элиста, 2020. 24 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 2014. 336 с.
6. Nakala K., Jauhainen L., Rajala Ari A., Jalli M., Kujala M., Laine A. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future // Field Crops Research. 15 December 2020. vol. 259. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107956.
7. Гольдварг Б.А., Боктаев М.В. Озимая тритикале и яровой ячмень для кормопроизводства в Республике Калмыкия // Кормопроизводство. 2022. № 5. С. 32-35. DOI: 10.25685/KRM.2022.29.37.001.

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

Поступила в редакцию 27.06.2023
Принята к публикации 11.09.2023

ECOLOGICAL TESTING OF WINTER BARLEY VARIETIES RECOMMENDED BY THE STATE COMMISSION FOR THE LOWER VOLGA REGION UNDER THE CONDITIONS OF THE DRY STEPPE OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA

B. Goldvarg, *M. Boktaev

Kalmykia Research Agricultural Institute named after M. B. Narmaev,
the branch of the "Pre-Kaspy Agricultural Federal Research Center RAS", Russia, Elista
e-mail: *mergenboktaev@mail.ru

Among grain crops, barley is the second crop in Kalmykia after wheat. It is used for all types of feed and is essential for the successful development of animal husbandry. The accounting area of the plot of the experimental field of the FSBSI "PAFNC RAS" is 50 m². Sowing was carried

out on a black fallow with a norm of 400 pcs/m² of germinating seeds. In the conditions of the experimental field of the FSBSI "PAFNC RAS" the yield of the Yerema variety on average for three years exceeded Shtorm and Pavel by 0.23 and 0.68 t/ha, respectively, the excess over Espada was 0.22 t/ha, which also confirms its high adaptive characteristics to the arid conditions of Kalmykia. It should be noted that in the extreme conditions of 2021, when there were no seedlings in autumn, the two-handle variety of the Stavropol selection Storm outperformed the Erema variety by 0.19 t/ha. The use of the two-handle variety Storm in the production will allow stabilizing the barley harvest in extreme years. According to the branch of the Federal State Budgetary Institution "Gosortkomissiya" in the Republic of Kazakhstan, in the dry climate of the Elista GSU, the Erema variety exceeded the Pavel variety by 0.23 t/ha for 2017-2019, in the very arid climate of the Sarpinsky GSU in 2019, the Pavel variety failed to form a crop, and Yerema produced 1.45 t/ha of grain. The variety of Krasnodar selection Pavel has an advantage in favorable soil and climatic conditions of the Western zone. In the experiments, the studied varieties formed grain II and III classes for fodder purposes and processing for mixed fodder.

Key words: barley, variety testing, yield, grain quality.

References

1. Filippov E.G., Alabushev A.V. Selekcija yarovogo yachmenya. Rostov n/D.: ZAO Kniga, 2014. 208 s.
2. Gol'dvarg B.A., Gritsiyenko V.G., Boktayev M.V. Vliyaniye izmeneniya klimata na produktivnost' zernovykh kul'tur v tsentral'noy zone Respubliki Kalmykiya. Zernovoye khozyaystvo Rossii. 2019. N 2 (62). S. 17-20. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-17-20.
3. Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T.1. «Sorta rasteniy» (ofitsial'noye izdaniye). M.: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2022. 645 s.
4. Chidanov V.V., Guchinova G.A. Gosudarstvennyy reyestr sortov, dopushchennykh k ispol'zovaniyu v proizvodstve po respublike na 2020 god i urozhay v konkursnom ispytanii na sortouchastkakh Respubliki Kalmykiya za 2017-2019 gg. Elista, 2020. 24 s.
5. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 2014. 336 s.
6. Hakala K., Jauhiainen L., Rajala Ari A., Jalli M., Kujala M., Laine A. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future. Field Crops Research. 15 December 2020. vol. 259. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107956.
7. Gol'dvarg B.A., Boktayev M.V. Ozimaya tritikale i yarovoy yachmen' dlya kormoproizvodstva v Respublike Kalmykiya. Kormoproizvodstvo. 2022. N 5. S. 32-35. DOI: 10.25685/KRM.2022.29.37.001.

Сведения об авторах:

Борис Айзикович Гольдварг

К.с.-х.н., главный научный сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства, Калмыцкий НИИСХ им. М.Б. Нармаева – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»

ORCID ID: 0000-0003-3377-4791

Boris Goldvarg

Candidate of Agricultural Sciences, main researcher of the department of arid agriculture, feed production, breeding and seed production, Kalmykia Research Agricultural Institute named after M.B. Narmaev, the branch of the "Pre-Kaspy Agricultural Federal Research Center RAS"

Мерген Владимирович Боктаев

К.с.-х.н., ведущий научный сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства, Калмыцкий НИИСХ им. М.Б. Нармаева – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»

ORCID ID: 0000-0002-3377-4987

Mergen Boktaev

Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of arid agriculture, feed production, breeding and seed production, Kalmykia Research Agricultural Institute named after M.B. Narmaev, the branch of the "Pre-Kaspy Agricultural Federal Research Center RAS"

Для цитирования: Гольдварг Б.А., Боктаев М.В. Экологическое испытание сортов озимого ячменя, рекомендованных госкомиссией по Нижневолжскому региону в условиях сухой степи Республики Калмыкия // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 128-134. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-128-134

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**».

Издание «Вопросы степеведения» с 22.05.2023 г. включено 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).

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, 2023