

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

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ

STEPPE SCIENCE

1

2024

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ. 2024. № 1

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

Главный редактор академик РАН А.А. Чибилев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Науки о Земле

Тишков А.А., член-корр. РАН, д.г.н.
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.
Сивохип 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.
Артемяева 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.
Юферев В.Г., д.с.-х.н.
Ярцев Г.Ф., д.с.-х.н.

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

Свидетельство – ЭЛ № ФС77-79189

ISSN – 2712-8628

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Учредитель издания:

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

Ответственный секретарь редакции:

к.г.н., 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, 2024

Подписано к изданию – 19.03.2024

Дата выхода номера – 25.03.2024

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Тишков А.А. ЛИДЕРУ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СТЕПЕВЕДЕНИЯ – 75 ЛЕТ	4
Антонов С.А., Перегудов С.В. АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПАШНИ ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЫ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	14
Тишков А.А. НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОХРАНЕНИЮ СТЕПЕЙ СТАРООСВОЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ	22
Лебедева Т.В. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВИДОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	32

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Стаменов М.Н. МАКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСОБЕЙ <i>QUERCUS ROBUR</i> L. В АЛЕКСАНДРОВСКОМ РАЙОНЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	48
Саодатова Р.З., Швецов А.Н., Сенатор С.А., Сахоненко Н.К. ИНТРОДУКЦИЯ КОВЫЛЯ ВОЛОСОВИДНОГО (<i>Stipa capillata</i> L.) В МОСКВЕ	60
Брагина Т.М., Рулёва М.М., Бобренко М.А. СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ ВО ФЛОРЕ НАУРЗУМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА	68
Самсонова И.Д., Сидаренко П.В. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕДОСБОРА В СТЕПНОМ ПРИДОНЬЕ	82
Терехова Н.А., Галактионова Л.В., Бурцева Т.И. ИЗМЕНЕНИЕ БИОТОКСИЧНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА, ЗАГРЯЗНЕННОГО ЦИНКОМ, ПРИ ВНЕСЕНИИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ	92

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Гулянов Ю.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ ПОСТЦЕЛИННЫХ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ УРАЛА И СИБИРИ	101
Василевский В.Д. АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ОВСА В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКА	114

ЛИДЕРУ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СТЕПЕВЕДЕНИЯ – 75 ЛЕТ

А.А. Тишков

Институт географии РАН, Россия, Москва

e-mail: tishkov@igras.ru

Статья посвящена юбилею лидера уральской географии, основоположнику российской школы степного ландшафтоведения академику Александру Александровичу Чибилову. Кратко представлена биография ученого и этапы его становления как ведущего отечественного исследователя степей, организатора и долгие годы бессменного директора Института степи УРО РАН. Рассматривается его вклад в изучение и сохранение степного разнообразия России и в создание новых заповедных территорий в степной зоне.

Ключевые слова: Александр Александрович Чибилов, Оренбургская область, степи, Институт степи УрО РАН, Степной форум.

В 2024 г. исполняется 75 лет академику, организатору, директору, а с 2018 г. – научному руководителю Института степи Уральского отделения РАН, вице-президенту Русского географического общества, Заслуженному географу Российской Федерации, лауреату Демидовской премии, лидеру отечественного степеведения и уральской географии, основоположнику российской школы степного ландшафтоведения **Александру Александровичу Чибилову** (рис. 1).



Рисунок 1 – Александр Александрович Чибилов

Как многообразие самого степеведения, так и все стороны научной и научно-практической деятельности А.А. Чибилева, охватить в краткой юбилейной статье невозможно. Но главные ее направления и вехи все же постараемся выделить и описать.

До недавнего времени не было в России такого ученого, который бы лично посетил практически все уголки евразийского степного массива, изучил их, описал и смог донести свои знания до читателя. Теперь можно с полной уверенностью отметить, что такой ученый есть – академик А.А. Чибилев. Он не только своими ногами прошел бескрайние степные просторы континента, но и зафиксировал с помощью пера и фотоаппарата состояние их природы для потомков в многочисленных монографиях (Чибилев, 1998-2020). Г.С. Розенберг в рецензии на 2-томник ученого «Картины природы степной Евразии» [1, 2] отмечал, что только человек с представлением о географии как науке и как искусстве одновременно может так писать и представлять эталоны сохранившейся степной природы нашей страны и соседних территорий. И с этим надо согласиться. Не знаю как, но А.А. Чибилеву удастся заморозить, увлечь, позвать за собой в степные дали читателя и коллег, а он сам и его институт остаются «центром притяжения» для всех, кто неравнодушен к судьбе российских степей.

Помню, как 15 лет назад, когда писали статью к его 60-летию [3], а потом и очерк о нем как об ученом и человеке [4] постоянно возникало ощущение, что имеешь дело не с одним ученым, а с целым коллективом исследователей, каждый из которых изучает свой предмет, ездит в разные уголки страны, руководит институтом, аспирантами и докторантами, проводит увлекательные степные форумы, занимается созданием степных ООПТ, делает блестящие профессиональные фотографии природы, получает призы на разных конкурсах и многим другим. Нет. Это один человек, человек-оркестр – наш друг и коллега. Поражает как много успел А.А. Чибилев – выдающийся ученый и организатор науки, деятель охраны природы и заповедного дела и талантливый публицист – на своем жизненном пути. Будучи ярким представителем воронежской школы физической географии, он в лучших традициях отечественной географической науки сосредоточил свои интересы на исследованиях природы степной зоны. В итоге, с его именем связывают обоснование и развитие ландшафтно-экологического направления исследований в области степного природопользования и сохранения степного ландшафтного и биологического разнообразия (рис. 2).

Родился А.А. Чибилев 26 марта 1949 г. в с. Яшкино Красногвардейского р-на Оренбургской области. Там же учился в школе. Его удивительная семья сделала все, чтобы сын стал выдающимся ученым-географом. Мама была из семьи крестьян переселенцев немцев-мennonитов, которые из-за малоземелья оставили юг России (ныне Запорожская область РФ) и в конце XIX в. поселились в Оренбуржье. Отец – А.Г. Чибилев – из семьи ремесленников русских переселенцев с берегов Волги (с. Безводное Нижегородской губернии). Он был известным в области организатором племенного дела, зоотехником, инициатором разведения в регионе коров красной степной породы, краеведом, почетным членом Русского географического общества, человеком широкого кругозора и высокой культуры. Благодаря его энтузиазму и знаниям в наши дни сохраняется память о переселенцах-колонистах, которые более 125 лет назад приехали сюда осваивать степную целину. На родине А.А. Чибилева его отцом создан краеведческий музей, а при нем Центр немецкой культуры Красногвардейского (Люксембургского) района области. Школьные годы А.А. прошли сначала в Покровской, а потом и в Луговской средней школе, совпав с периодом окончания «освоения Целины», а также с испытанием ядерного оружия на соседних землях Тоцкого полигона. Вместе с Александром Александровичем за последние десятилетия мы неоднократно бывали в тех местах, где со школьных лет ему были доступны многие примечательные уголки степной природы. И стало понятным – откуда у него тяга к работе в поле, желание самому все увидеть, потрогать руками...



1



2



3



4



5



6



7



8

Рисунок 2. Этапы жизненного пути: 1 – На заседании конференции, посвященной 40-летию Оренбургской области, 04.12.1974 г.; 2 – Наурзумский заповедник, 06.1976 г.; 3 – Ученый Совет ОНИИ ОРИПР, 02.1977 г.; 4 – Экспедиция в Бузулукский бор, 06.07.1977 г.; 5 – Экспедиция на р. Тобол, 08.1977 г.; 6 – Река Иртек, 05.1984 г.; 7 – Хабаровинское ущелье, 07.1985 г.; 8 – Айтуарская степь, 20.06.1986 г. (Фото: Архив Чибилева А.А.).

В 1971 г. он окончил географический факультет Воронежского государственного университета. Его руководителем был выдающийся ландшафтовед, профессор Ф.Н. Мильков, чей юбилей мы недавно отмечали в Воронежском университете. Приятно сознавать, что наиболее известным учеником и последователем Ф.Н. Милькова стал А.А. Чибилев. У него же он после службы в армии учился в заочной аспирантуре, а по ее окончании в 1979 г. в Ташкентском университете защитил кандидатскую диссертацию по теме «Ландшафты Общего Сырта и вопросы их мелиорации». Параллельно была работа в Оренбурге в НИИ секторе Политехнического института под руководством члена-корреспондента А.С. Хоментовского, создание лаборатории ландшафтной экологии и многочисленные экспедиции – по регионам Южного Урала, по реке Урал, в Западную Сибирь и др. В 1992 г. в Ленинградском университете он защитил докторскую диссертацию, а в 1996 г. на базе Отдела степного природопользования Института экологии растений и животных УрО РАН в самые трудные для РАН времена, когда закрывались институты и ученые уходили из науки, А.А. создает Институт степи в Оренбурге, в 1997 г. избирается член-корреспондентом, а в 2016 г. – академиком Российской академии наук. Созданный им Институт стал первым в России научно-исследовательским учреждением, специализирующимся на изучении степей. Объектом его исследований является Евразийская степь во всем ее многообразии. В наши дни у руля института к.э.н. А.А. Чибилев (мл.). И институт сохраняет свои функции ведущего научного центра России, который решает важнейшие фундаментальные и прикладные проблемы изучения и охраны степей Северной Евразии как единого эколого-географического и историко-культурного пространства. Он остается единственным в Уральском отделении РАН научно-исследовательским учреждением географической направленности, специализирующимся на комплексном изучении степей. Научно-исследовательская и экспедиционная деятельность института охватывает территорию степной, лесостепной и полупустынной зон России, Казахстана и всей Евразии на пространстве от Среднего Дуная до Монголии.

За свою, теперь уже долгую историю, Институт степи УрО РАН окреп, стал своего рода «кузницей кадров» (в аспирантуре обучались десятки аспирантов, ветераны института защищают докторские диссертации!). В структуре Института функционируют четыре научных структурных подразделения – отдел ландшафтной экологии, отдел степеведения и природопользования, отдел социально-экономической географии, отдел природно-техногенных геосистем. Работают 2 стационара – «Бузулукский бор» и «Оренбургская Тарпания», на которых проводятся научные исследования и научно-организационные мероприятия, в том числе с привлечением специалистов из других регионов России и зарубежных коллег. Создан международный российско-казахстанский полустационар «Аралсор» в Западном Казахстане (рис. 3).

Все, кто трудился и продолжает трудиться под руководством академика А.А. Чибилева, искренне признательны ему за зримое соучастие в общем деле – изучении и сохранении степей, за лидерство, объединяющее единомышленников, за инициативы и экспедиционное братство. Они видят, что он все время с ними – в работе, в дороге, на замечательных, ставших очень авторитетными Степных форумах «Степи Северной Евразии», которые проводят в Оренбургской области один раз в три года, начиная с 1997 года (рис. 4). В мае 2024 г. А.А. Чибилев организует в Оренбурге уже 10-й (!) такой форум. На нем соберутся все его друзья и коллеги и смогут также лично поздравить дорогого коллегу с юбилеем. И как обычно будут «все свои» – степняки – и ботаники, и зоологи, и гидрологи, и ландшафтоведы, аграрники, историки, археологи. Вместе всем будет интересно, вместе дискуссия из зала будет перенесена на природу – на период полевых экскурсий. И выяснится, что «лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать»... В степных делах, как нас учит академик А.А. Чибилев, это важно вдвойне.

Другим детищем А.А. Чибилева стал государственный природный заповедник «Оренбургский», объективно говоря – первый настоящий степной заповедник в России. Он начинал обследовать будущие заповедные земли еще в 1970-х годах, был автором проекта,

исследователем всех 5-х участков заповедника и его организатором в 1989 г. Последним и, несомненно, одним из самых дорогих заповедных детищ стал участок Предуральской (Орловской) степи и стационар «Оренбургская Тарпания». Аналогичным образом в 2008 г. Александр Александрович принимал поздравления как инициатор, автор проекта и организатор национального парка «Бузулукский бор». А потом был государственный природных заповедник «Шайтантау», за который он боролся как настоящий степной орел.



Рисунок 3 – Подписание проекта «Аралсорский международный научный полустационар», г. Уральск, 2023 г. (фото из архива А.А. Тишкова)

В 2012 г. к 100-летию Постоянной Природоохранительной Комиссии РГО он собрал учредительное собрание в Оренбурге и восстановил ее деятельность в рамках обновленного Русского географического общества, а мы подготовили с ним специальный буклет к юбилею [5]. А начинал он с публикации «Зеленая книга степного края» [6], в которой собрал сведения об уникальных объектах природы Оренбуржья, требующих охраны.

Академик А.А. Чибилов, можно отметить – единственный в РАН и тем более в Отделении наук о Земле крупный ученый, который отдал столько сил для развития заповедной сети в нашей стране. Один из немногих, кто продолжил академические традиции А.Н. Формозова, С.В. Кирикова, А.А. Насимовича, Ю.А. Исакова, Е.Е. Сыроечковского и других в заповедном деле. Он сделал и продолжает делать невозможное в нашей стране – в условиях деэкологизации общества и власти, на фоне оголтелого становления рынка земли создает новые заповедные территории, да еще в степной зоне, где заповедники не создавались десятилетиями. К 100-летию заповедной системы России мы издали с ним книгу по истории заповедного дела в стране [7], в которой впервые представили и краткие биографические очерки многих деятелей охраны природы и заповедного дела. Наряду с «Атласом государственных природных заповедников» [8], наша книга оказалась чуть ли не единственным изданием к юбилею. После присоединения новых территорий он посетил практически все степные ООПТ Крыма, Луганской, Донецкой и Херсонской областей, Пожалуй, лучше всех в России знает их проблемы и понимает перспективы интеграции в заповедную систему страны. Вот и осень 2023 г. проходит у нашего юбиляра под знаком Аскании-Нова, с которой, по сути, и начиналась история развития заповедного дела в российских степях и становление экологической науки.



Рисунок 4 – Участники Международного симпозиума «Степи Северной Евразии»: 1 – 1997 г., 2 – 2006 г., 3 – 2021 г.

С самых первых шагов в науке А.А. Чибилев не оставляет без внимания реку Урал и ее бассейн. Ей он посвятил несколько монографий (в т.ч. одну из первых своих монографий), и можно с уверенностью сказать, что никто не знает природу этого древнего «русского рубежа», легендарной реки Яик так хорошо, как наш юбиляр. Первая крупная экспедиция по реке «Оренбург-Гурьев-Оренбург» прошла еще в конце 1970-х годов, а первая монография ученого о реке вышла в 1987 г. [9], а в 2008 г. А.А. Чибилев опубликовал новый географический портрет реки Урал [10], ставшей к тому времени уже и пограничной. Практически ежегодно он уделяет внимание многострадальной, мелеющей в условиях потепления климата реке и ее притокам. Сутками, не вылезая из экспедиционной моторной лодки, он посетил самые отдаленные участки русла, изучил все проблемы и болезни реки. В сентябре 2023 г. мой звонок А.А. Чибилеву по делам РГО застал его в экспедиционной лодке на реке Урал на скамейке у лодочного мотора. Река за последние полвека очень изменилась. Кто кроме А.А. Чибилева увидит комплексно эти изменения?

Целый пласт жизни юбиляра связан с Русским географическим обществом. В 1970-х годах он был ученым секретарем Оренбургского регионального отделения РГО, в 1986 г. стал его председателем. Он много делает для изучения истории географических исследований в регионе, изучает маршруты академических экспедиций и экспедиций РГО через Оренбург [11]. Его усилиями возрождается память о выдающемся географе, первом русском члене-корреспонденте Академии наук П.Н. Рычкове, авторе Атласа Оренбургского края, как его еще называли – «Колумбе Оренбургского края», который «прорубил окно в Азию». В 2012 г. А.А. Чибилев провел конференцию к 300-летию ученого и государственного деятеля и с помощью меценатов смог поставить памятник П.Н. Рычкову. В 2002 г. наш юбиляр избирается вице-президентом РГО. Вся первая четверть XXI в. прошла у него в экспедициях по грантам РГО. Одна из них протяженностью более 8000 км была посвящена развитию современных представлений о границе между Европой и Азией и прошла от восточных берегов Каспия через Южный Урал по водораздельным пространствам всего Каменного пояса вплоть до Полярного Урала, Пай-Хоя и берегов Карского моря. С ранней весны до поздней осени А.А. Чибилева можно увидеть в экспедициях в степных краях.

В 2019 г. за выдающийся вклад в изучение и практическую охрану объектов природного наследия России он был удостоен Золотой медали Русского географического общества имени И.П. Бородина. Медаль вручили председатель Попечительского совета РГО, президент РФ В.В. Путин и президент РГО С.К. Шойгу. Кроме того, коллеги отметили еще в 1996 г. его вклад в исследования степей Золотой медалью Русского географического общества им П.П. Семенова-Тян-Шанского. Он вошел в состав экспертного совета национальной премии РГО «Хрустальный глобус», награжден его премией за выдающийся вклад в охрану природы России и изучение степей Евразии. Его научно-популярные публикации отмечены дипломом 1-ой степени VI Всероссийского конкурса журналистов «Берестяной свиток» (2001). Ему вручена национальная экологическая премия «Экомир» в номинации «Сохранение биоразнообразия и оздоровление ландшафтов» за успешную реализацию проекта «Природное наследие Оренбургской области».

Научные и научно-популярные публикации А.А. Чибилева – особый разговор. Он автор более 900 статей и 80 монографий и отдельных изданий, а также учебных пособий по географии и степеведению. По медийной активности – интервью, публикациям в интернете и в других СМИ – он один из лидеров в РГО и в географическом академическом сообществе. Многочисленные его фотовыставки с завораживающими фото уголков природы, надо думать, сделали много больше для сохранения природы, чем просто призывы экологов. А.А. Чибилевым выявлено и описано более 2000 памятников природного наследия на Южном Урале и Западном Казахстане.

Среди его монографий по географии степной зоны и степному природопользованию – энциклопедия «Оренбуржье», географический атлас Оренбургской области, «Зеленая книга Оренбургской области» [6, 12] и др. Широко известны его книги: «Река Урал» [9], ставшие классикой для отечественного степеведения «Экологическая оптимизация степных

ландшафтов» [13], «Лик степи» [14], «Степи Северной Евразии» [15], «Основы степеведения» [16]. Продолжая традиции выдающихся географов России – А.Н. Краснова, Л.С. Берга, А.А. Григорьева, В.Б. Сочавы, И.П. Герасимова, которые профессионально и с большим интересом относились к биологическим исследованиям, часть своих публикаций, в т.ч. монографического плана, он посвятил биоте степного края: фауне рыб [17], земноводных, рептилий [18], млекопитающих [19] и птиц [20]. Монографии написаны по его инициативе в соавторстве со специалистами. Интереснейшие очерки созданы им и для Красной книги растений и животных Оренбургской области, например по осетровым рыбам р. Урал и ее притоков.

Наш юбиляр награжден орденом Дружбы, Орденом Почета, орденом «За обустройство Земли Российской» I-й степени и многими другими наградами. Он – лидер уральских географов, выдающийся ученый-ландшафтовед, почти 50 лет организует работу Оренбургского отделения РГО. Он путешественник и краевед, исходил своими ногами весь «степной пояс Евразии», Урал, знает, что называется, «в лицо» каждый из тысяч найденных и описанных им памятников природы. И год своего юбилея, можно быть уверенным, он встретит в экспедиции, среди таких же одержимых любовью к природе и географии коллег.

А еще он – создатель и постоянный автор нашего журнала – «Вопросы степеведения» <http://steppe-science.ru/>, сайта Оренбургского отделения РГО <https://www.rgo.ru/ru/orenburg> и активный автор сайта <http://savesteppe.org/>. Пусть не так часто, как хотелось бы, но с закономерной регулярностью он печатает новые статьи о географии и сохранении степей и в моем родном журнале «Известия РАН. Серия географическая», участвует в работе редакционной коллегии.

Что пожелать нашему другу и коллеге, «степному орлу России» в юбилей? Счастливого полета! Здоровья, физического и творческого долголетия, новых книг, статей и маршрутов, новых открытий и созданных заповедных территорий!

Список литературы

1. Чибилев А.А. Картины природы степной Евразии. Т. 1. От предгорий Альп до Южного Урала. Оренбург, 2018. 171 с.
2. Чибилев А.А. Картины природы Степной Евразии. Т. 2: От Урала до Иртыша. М. - Оренбург, 2019. 184 с.
3. Котляков В.М., Касимов Н.С., Тишков А.А. К 60-летию Александра Александровича Чибилева // Известия РАН. Сер. геогр. 2009. № 2. С. 127-128.
4. Тишков А.А. Люди нашего племени. Очерки об ученых – учителях, друзьях, коллегах. М.: Институт географии РАН, 2012. 276 с.
5. Чибилев А.А., Тишков А.А. Столетие Постоянной природоохранительной комиссии ИРГО. М.: Русское географическое общество, 2012. 94 с.
6. Чибилев А.А. Зеленая книга степного края. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1983. 156 с.
7. Чибилев А.А., Тишков А.А. История заповедной системы России. М.: Русское географическое общество, Постоянная природоохранительная комиссия, 2018. 218 с.
8. Горбатовский В.В., Тишков А.А., Белоновская Е.А., Краюхин А.Н., Соболев Н.А., Титова С.В. Атлас государственных природных заповедников России (к 100-летию заповедной системы России). М., 2017. 512 с.
9. Чибилев А.А. Река Урал: Историко-географические и экологические очерки о бассейне р. Урал. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 168 с. (Реки и озера нашей Родины).
10. Чибилев А.А. Бассейн Урала: история, география, экология / Отв. ред.: Ж.Т. Сивохиц, О.А. Грошева; Институт степи УрО РАН. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 312 с.
11. Чибилев А.А. В глубь степей: Очерки об естествоиспытателях Оренбургского края. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 120 с.

12. Чиби́лев А.А. Зеленая книга степного края. 2-е изд., перераб. и доп. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1987. 208 с.
13. Чиби́лев А.А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Свердловск: УрО АН СССР, 1992. 172 с.
14. Чиби́лев А.А. Лик степи: Эколого-географические очерки о степной зоне СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 192 с.
15. Чиби́лев А.А. Степи Северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 192 с.
16. Чиби́лев А.А. Основы степеведения. Оренбург: Печатный Дом «ДиМур», 1998. 126 с.
17. Чиби́лев А.А. Редкие виды рыб Оренбургской области и их охрана: Материалы для Красной книги Оренбургской обл. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 32 с.
18. Чиби́лев А.А. Земноводные и пресмыкающиеся Оренбургской области и их охрана: Материалы для Красной книги Оренбургской области. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1995. 44 с.
19. Чиби́лев А.А., Симак С.В., Юдичев Е.Н. Млекопитающие Оренбургской области и их охрана: Материалы для Красной книги Оренбургской области. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 62 с.
20. Чиби́лев А.А. Птицы Оренбургской области и их охрана: Материалы для Красной книги Оренбургской обл. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1995. 62 с.

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

Поступила в редакцию 28.09.2023

Принята к публикации 12.03.2024

THE LEADER OF NATIONAL STEP STUDIES IS 75 YEARS OLD

A. Tishkov

Institute of Geography of the RAS, Moscow, Russia

e-mail: tishkov@igras.ru

The article is dedicated to the anniversary of the leader of Ural geography, the founder of the Russian school of steppe landscape studies, Academician Alexander Alexandrovich Chibilev. The biography of the scientist and the stages of his formation as a leading Russian researcher of the steppes, organizer and for many years permanent director of the Institute of the Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences are briefly presented. His contribution to the study and preservation of the steppe diversity of Russia, the creation of new protected areas in the steppe zone is considered.

Key words: Alexander Alexandrovich Chibilev, Orenburg region, steppes, Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Steppe Forum.

References

1. Chibilev A.A. Kartiny prirody stepnoi Evrazii. T. 1. Ot predgorii Al'p do Yuzhnogo Urala. Orenburg, 2018. 171 s.
2. Chibilev A.A. Kartiny prirody Stepnoi Evrazii. T. 2: Ot Urala do Irtysha. M. - Orenburg, 2019. 184 s.
3. Kotlyakov V.M., Kasimov N.S., Tishkov A.A. K 60-letiyu Aleksandra Aleksandrovicha Chibileva // Izvestiya RAN. Ser. geogr. 2009. № 2. S. 127-128.
4. Tishkov A.A. Lyudi nashego plemeni. Ocherki ob uchenykh – uchitelyakh, druž'yakh, kollegakh. M.: Institut geografii RAN, 2012. 276 s.

5. Chibilev A.A., Tishkov A.A. Stoletie Postoyannoi prirodookhranitel'noi komissii IRGO. M.: Russkoe geograficheskoe obshchestvo, 2012. 94 s.
6. Chibilev A.A. Zelenaya kniga stepnogo kraja. Chelyabinsk: Yuzh.-Ural. kn. izd-vo, 1983. 156 s.
7. Chibilev A.A., Tishkov A.A. Istoriya zapovednoi sistemy Rossii. M.: Russkoe geograficheskoe obshchestvo, Postoyannaya prirodookhranitel'naya komissiya, 2018. 218 s.
8. Gorbatovskii V.V., Tishkov A.A., Belonovskaya E.A., Krayukhin A.N., Sobolev N.A., Titova S.V. Atlas gosudarstvennykh prirodnykh zapovednikov Rossii (k 100-letiyu zapovednoi sistemy Rossii). M., 2017. 512 s.
9. Chibilev A.A. Reka Ural: Istoriko-geograficheskie i ekologicheskie ocherki o basseine r. Ural. L.: Gidrometeoizdat, 1987. 168 s. (Reki i ozera nashei Rodiny).
10. Chibilev A.A. Bassein Urala: istoriya, geografiya, ekologiya. Otv. red.: Zh.T. Sivokhip, O.A. Grosheva; Institut stepi UrO RAN. Ekaterinburg: UrO RAN, 2008. 312 s.
11. Chibilev A.A. V glub' stepei: Ocherki ob estestvoispytatel'yakh Orenburgskogo kraja. Ekaterinburg: UIF «Nauka», 1993. 120 s.
12. Chibilev A.A. Zelenaya kniga stepnogo kraja. 2-e izd., pererab. i dop. Chelyabinsk: Yuzh.-Ural. kn. izd-vo, 1987. 208 s.
13. Chibilev A.A. Ekologicheskaya optimizatsiya stepnykh landshaftov. Sverdlovsk: UrO AN SSSR, 1992. 172 s.
14. Chibilev A.A. Lik stepi: Ekologo-geograficheskie ocherki o stepnoi zone SSSR. L.: Gidrometeoizdat, 1990. 192 s.
15. Chibilev A.A. Stepі Severnoi Evrazii. Ekaterinburg: UrO RAN, 1998. 192 s.
16. Chibilev A.A. Osnovy stepovedeniya. Orenburg: Pechatnyi Dom «DiMur», 1998. 126 s.
17. Chibilev A.A. Redkie vidy ryb Orenburgskoi oblasti i ikh okhrana: Materialy dlya Krasnoi knigi Orenburgskoi obl. Ekaterinburg: UIF «Nauka», 1993. 32 s.
18. Chibilev A.A. Zemnovodnye i presmykayushchiesya Orenburgskoi oblasti i ikh okhrana: Materialy dlya Krasnoi knigi Orenburgskoi oblasti. Ekaterinburg: UIF «Nauka», 1995. 44 s.:
19. Chibilev A.A., Simak S.V., Yudichev E.N. Mlekopitayushchie Orenburgskoi oblasti i ikh okhrana: Materialy dlya Krasnoi knigi Orenburgskoi oblasti. Ekaterinburg: UIF «Nauka», 1993. 62 s.
20. Chibilev A.A. Ptitsy Orenburgskoi oblasti i ikh okhrana: Materialy dlya Krasnoi knigi Orenburgskoi obl. Ekaterinburg: UIF «Nauka», 1995. 62 s.

Сведения об авторе:

Тишков Аркадий Александрович
 Д.г.н., профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, Институт географии РАН
 ORCID 0000-0001-5450-3410
 Tishkov Arkadiy
 Doctor of Geography, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Тишков А.А. Лидеру отечественного степеведения – 75 лет // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 4-13. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-4-13

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПАШНИ ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЫ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

***С.А. Антонов, С.В. Перегудов**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, Ставропольский край, Михайловск
e-mail: *santosb@mail.ru

За последние 30 лет в крае отмечается смещение специализации сельского хозяйства в сторону растениеводства. В результате увеличения интенсификации производства растет и антропогенная нагрузка на почву, что в дальнейшем может привести к различным деградационным процессам в почве. Исследование проводилось с целью оценки динамики площади пашни на территории засушливой зоны Ставропольского края. При наблюдении использовались материалы дистанционного зондирования Земли, находящиеся в открытом доступе, за 2015, 2019, 2022 гг. Поскольку наиболее подходящие территории были распаханы ранее, то для расширения площади пашни часто используют пастбища, сенокосы, которые обычно располагаются на склоновых землях, что может привести к отрицательным последствиям для сельского хозяйства, таким как эрозия и дефляция.

Ключевые слова: пашня, геоинформационная система, неконтролируемая распашка, дистанционное зондирование Земли.

Введение

Ставропольский край является одним из ведущих сельскохозяйственных регионов в стране. Основным направлением производства продукции выступает сфера растениеводства, в связи с чем преобладающим типом территорий в крае являются земли сельскохозяйственного назначения – 91 % [1].

Территория края характеризуется сложной ландшафтной дифференциацией, сочетающей в себе как ландшафты Большого Кавказа, так и равнины Предкавказья. Данная местность насчитывает 7 ландшафтных провинций: лесостепных, байрачных лесов, степных, полупустынных, предгорных степных и лесостепных, среднегорных ландшафтов. А также 24 ландшафта.

Такая ландшафтная неоднородность обуславливает сложные почвенно-климатические условия, которые отчетливо прослеживаются в зональности по направлению с запада на восток в нарастании засушливости. Гидротермический коэффициент вегетационного периода снижается с 1,01 на западе до 0,65 на востоке края, также отмечается изменение в структуре почвенного покрова (на западе преобладают черноземные почвы, а на востоке – каштановые) [2].

Начиная с 1968 г., в результате экономических преобразований на территории края было заменено агроклиматическое районирование, особенностью которого являлся учет только агроклиматических условий, на экономическое, которое учитывало и специализацию территории. В результате Ставропольский край был разделен на 4 сельскохозяйственные зоны, что повысило эффективность растениеводческой отрасли. Обоснование и внедрение системы «сухого земледелия» также сыграло важную роль в повышении эффективности сельского хозяйства [3].

Для любого аграрного региона важное значение имеет сбалансированное развитие отраслей хозяйства. Однако за последние 30 лет рыночные преобразования существенно изменили зональную специализацию районов края в пользу продукции растениеводства, с ориентацией на производство зерна. В результате отрасль животноводства стала убыточной,

и доля товарной продукции животноводства по отдельным районам снизилась более чем в 3 раза за период с 1990 по 2019 годы [3].

В результате этих изменений растет антропогенная нагрузка, что приводит к риску проявления различных деградационных процессов почвенного покрова. Основными последствиями изменений специализации стали: интенсификация производства, несоблюдение структуры посевных площадей, климатически необусловленное расширение площади чистых паров, отсутствие адаптации производства к ландшафтным особенностям, неконтролируемая распашка пастбищ и сенокосов [4, 5, 6].

Поскольку сельскохозяйственные угодья занимают обширную территорию, то для наблюдений за ними необходимы новейшие средства обработки, сбора, управления и анализа данных. Наиболее эффективным в этом случае будет использование геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования Земли.

Цель исследования: анализ динамики площади пашни в засушливой зоне Ставропольского края с помощью геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли.

Материалы и методы

В настоящее время роль программ для обработки и получения данных, таких как геоинформационные системы (ГИС) и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), растет с каждым годом. Они становятся незаменимы в сферах наблюдений за обширными территориями. Благодаря развитию сферы дистанционного зондирования растет качество и увеличивается доступность материалов космической съемки, распространяемых как на коммерческой, так и на бесплатной основе. Они пользуются большой популярностью благодаря доступности больших архивных баз данных и оперативности получения новых мультиспектральных изображений.

Благодаря появлению такой программы как Google Earth Pro появилась возможность использования данных с коммерческих спутников и аэрофотосъемки бесплатно. Она предоставляет изображения со сверхвысоким пространственным разрешением в видимом диапазоне спектра с таких спутников как Pleiades 1A/1B, World View-3. Данная программа позволяет проводить оцифровку, выгрузку и загрузку векторных данных, а также ретроспективное пролистывание изображений [7].

Оцифровка пашни проводилась на территории засушливой зоны Ставропольского края с использованием ретроспективных изображений за 2015-2022 гг. (рис. 1). Территория наблюдения включает в себя провинции степных ландшафтов, байрачных лесостепей, лесостепных, полупустынных, предгорных степных и лесостепных.

Поскольку данная программа не является полноценной геоинформационной системой из-за отсутствия инструментария для анализа данных, все дальнейшие пространственные вычисления проводились в программном комплексе Quantum GIS (QGIS).

QGIS является одной из наиболее популярных программ в мире. Она позволяет обрабатывать, анализировать большие объемы данных, создавать и редактировать базы данных. С ее помощью можно работать как с растровыми, так и с векторными данными. Использовалась версия QGIS v3.22.7 [8].

Для более детального анализа территории нами была произведена дифференциация распаханых участков на 2022 г. по сравнению с 2019 г. по пригодности для сельскохозяйственной деятельности. Для этого мы использовали классификацию сельскохозяйственных земель по С.С. Соболеву.

Данная классификация является одной из методик, используемых для систематизации и оценки земельных ресурсов сельскохозяйственного назначения. Она разделяет сельскохозяйственные земли на несколько категорий в зависимости от их пригодности для сельскохозяйственной деятельности [9]:

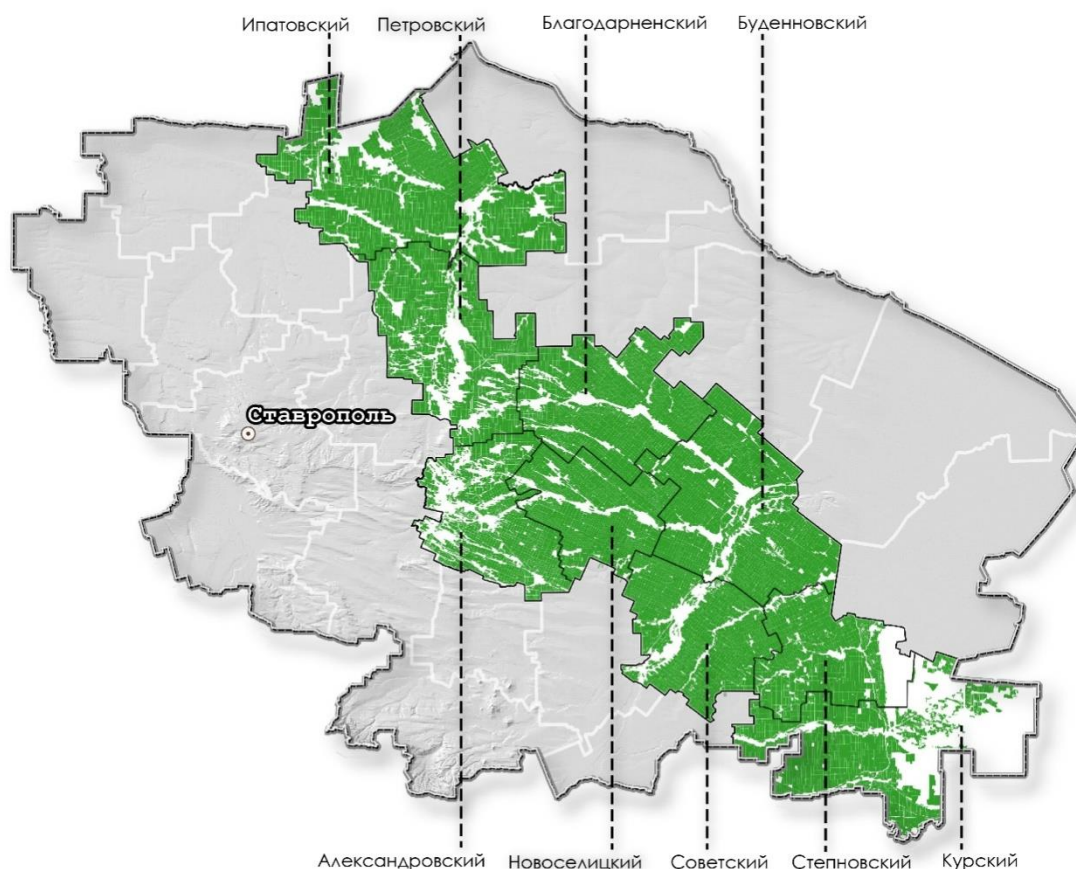


Рисунок 1 – Пахотные земли муниципальных образований, выделенные по материалам космической съемки 2019-2022 гг.

Класс А – земли относятся к категории, пригодной для интенсивного использования в сельском хозяйстве, и включают следующие классы:

1 категория – земли, которые устойчивы к эрозионным процессам с уклоном до 1° ;

2 категория – земли, слабо подверженные эрозии с крутизной до 2° ;

3 категория – к ней относятся средние и местами верхние части склонов крутизной $2-3^\circ$;

4 категория – это более крутые нижние участки длинных склонов прямой и выпуклой формы с волнистой поверхностью, изрезанной частыми ложбинами, а также крутые участки склонов сложной формы крутизной $3-5^\circ$;

Класс Б – территории с ограниченной обработкой почвы:

5 категория – сильно расчлененные территории с промоинами и оврагами крутизной от 5 до 10° ;

Класс В – территории не пригодные для возделывания:

6 категория – это склоны и дно задернованных балок, слабо расчлененные промоинами;

7 категория – включает расчлененные оврагами и промоинами участки склонов, дна балок и балочных ответвлений;

8 категория – это размытые овражно-балочные земли;

9 категория – «бросовые» земли с выходами твердых коренных пород, галечника, а также каменные осыпи.

Для определения средних значений уклона распаханых участков использовались материалы радиолокационной съемки ALOS PALSAR RTC.

ALOS PALSAR RTC – это проект, запущенный компанией Alaska Satellite Facility в 2014 году. Он использует данные от ALOS и других глобальных проектов для создания цифровой модели высот с радиометрической поправкой на рельеф местности и разрешением $12,5$ м [10].

В результате были рассчитаны площади пашни для каждого муниципального образования, а также проведена классификация распаханых участков пашни за период 2019-2022 гг. по пригодности использования для сельскохозяйственной деятельности. Полученные данные были представлены с использованием картографических и математико-статистических методов.

Результаты и обсуждение

В результате пространственного анализа на территории засушливой зоны Ставропольского края по данным космической съемки за период 2015-2019 гг. суммарная площадь пашни сократилась на 0,1 % (155 га), с 1676,2 до 1676,05 тыс. га. Однако к 2022 г. площадь пашни возросла на 2,4 %, то есть на 40493 га. Распределение динамики площади пашни в разрезе муниципальных образований носит неравномерный характер (рис. 2).

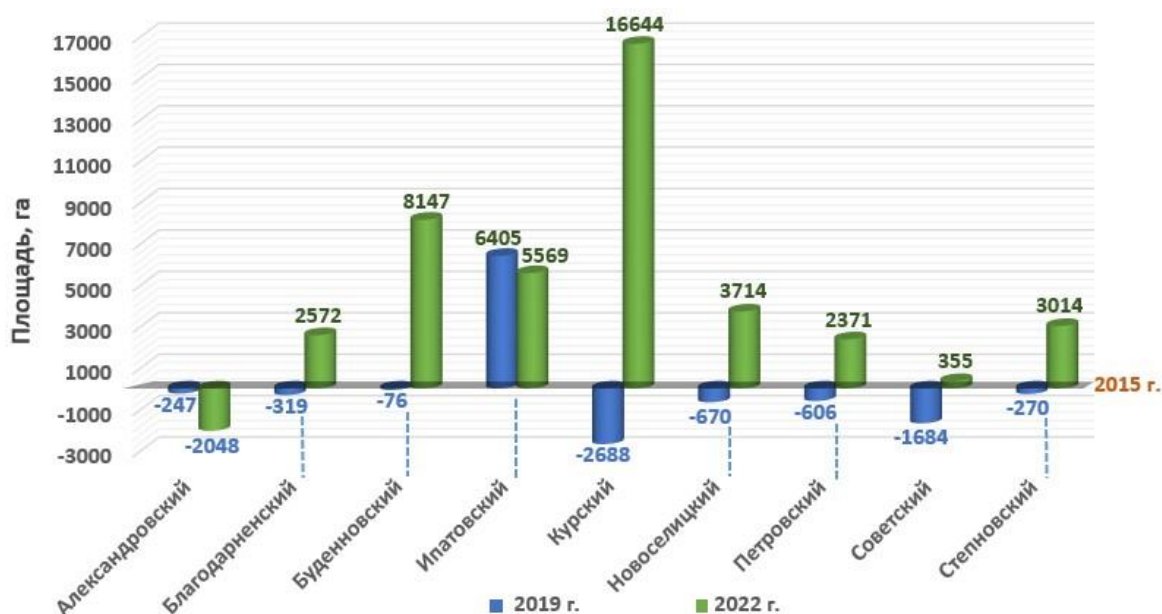


Рисунок 2 – Динамика площади пашни по данным 2019-2022 гг. по сравнению с 2015 г.

Так в Александровском муниципальном образовании по данным наблюдений 2019 г. отмечается сокращение площади пашни на 0,2 % (247 га). По наблюдениям 2022 г. тенденция сокращения площади пашни сохраняется. Отмечается сокращение еще на 1,4 % (1802 га) и суммарно, за весь период наблюдений, достигло -2048 га (-1,3 %). Это единственный район, где на всем протяжении наблюдений происходит снижение площади сельскохозяйственных угодий.

В Благодарненском муниципальном образовании по наблюдениям 2019 г. отмечается незначительное снижение площади пашни – на 0,2 % (319 га). По данным 2022 г. отмечается рост на 1,4 %, что составляет 2891 га. Суммарная динамика с 2015 по 2022 гг. в данном районе характеризуется ростом площади пашни на 1,3 % (2572 га).

В Буденновском городском округе по данным 2019 г. относительно площади пашни 2015 г. значения практически не изменились, сокращение площади сельскохозяйственных угодий составило 76 га. По данным 2022 г. округ является одним из лидеров по росту площади пашни. Прирост составил 3,3 % (8223 га), то есть за весь период наблюдений +8147 га.

Ипатовский городской округ по данным наблюдений 2019 г. является единственным муниципальным образованием засушливой зоны края, где наблюдался рост площади сельскохозяйственных угодий. Площадь пашни увеличилась на 2,2 % (6405 га). По наблюдениям 2022 г. на данной территории отмечается сокращение площади пашни на 0,3 % (836 га). Суммарное увеличение площади с 2015 по 2022 гг. составило 1,9 %, или 5569 га.

В Курском муниципальном образовании по данным 2019 г. отмечается наибольшее сокращение площади пашни – 1,6 %, что составляет 2688 га. Вместе с этим, данный район по материалам 2022 г. выступает лидером по увеличению площади сельскохозяйственных угодий, рост составил 11,5 %. Суммарно за период 2015-2022 гг. площадь увеличилась на 9,7 % (16644 га).

В Новоселицком муниципальном образовании по данным 2019 г. отмечается сокращение площади пашни на 0,5 % (670 га). По результатам анализа материалов 2022 г. в данном районе отмечается рост площади сельскохозяйственных угодий на 3,2 % (4384 га). Суммарный прирост составил 2,7 % (3714 га).

В Петровском городском округе за период с 2015 по 2019 гг. отмечается сокращение площади пашни на 0,3 % (606 га). По материалам 2022 г. на данной территории отмечается прирост площади сельскохозяйственных угодий на 1,5 % (2977 га). В целом за весь период наблюдений прирост составил 1,2 % (2371 га).

Советский городской округ по наблюдениям 2019 г. является одним из лидеров по сокращению площади пашни – 1 % (1684 га). А по данным 2022 г. отмечается прямо противоположная тенденция, площадь увеличилась на 1,2 % (2039 га), что по наблюдениям за весь период практически полностью уравнивает динамику прироста, которая суммарно составляет 0,2 % (355 га).

Степновское муниципальное образование по данным 2019 г. характеризуется незначительным сокращением площади пашни, на 0,2 % (270 га). По наблюдениям 2022 г. в данном районе отмечается рост площади сельскохозяйственных угодий на 2,5 % (3284 га). В целом, за весь период наблюдений площадь пашни увеличилась на 2,3 % (3014 га).

Вероятнее всего, данные процессы связаны с неконтролируемой распашкой сенокосов и пастбищ.

По полученным данным был проведен сравнительный анализ распаханности муниципальных образований засушливой зоны Ставропольского края за период 2015-2022 гг. В результате определено, что практически во всех территориальных единицах зоны отмечается рост площади сельскохозяйственных угодий (рис. 3).

Наибольший прирост относительно площади МО отмечается в Курском районе и составляет 5 %. Вместе с тем, в Советском МО площадь не изменилась. Отрицательные показатели отмечаются в Александровском МО, где распаханность территории сократилась на 1 %.

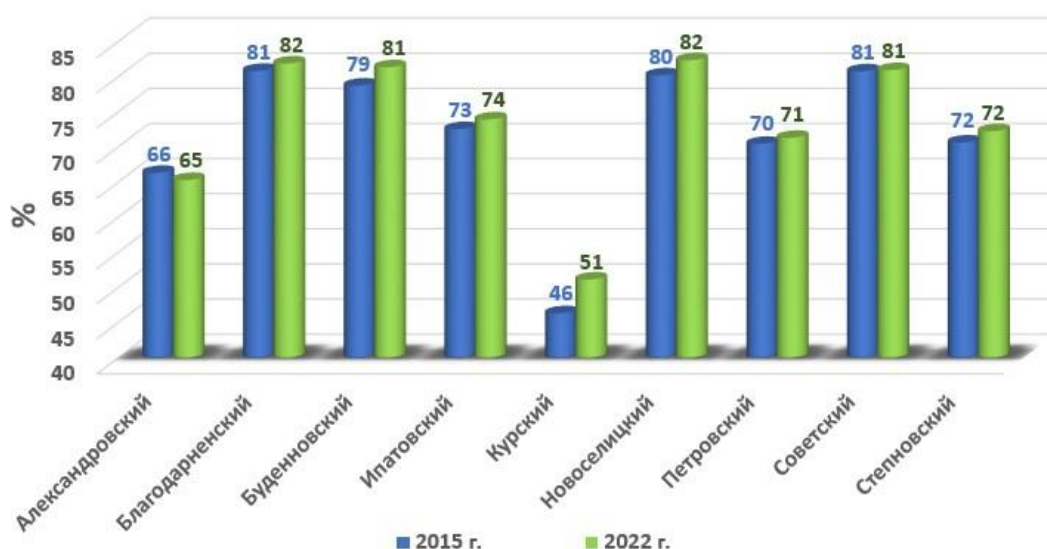


Рисунок 3 – Сравнительный анализ сельскохозяйственной освоенности муниципальных образований

Поскольку расположение пашни обуславливает риск подверженности эрозионным процессам, то для более детального анализа пригодности территории был проведен анализ распаханых участков за период 2019-2022 гг. На основании материалов радиолокационной съемки была построена модель склонов, рассчитаны средние значения уклона для каждого распаханного участка и присвоена категория в соответствии с классификацией С.С. Соболева (рис. 4).

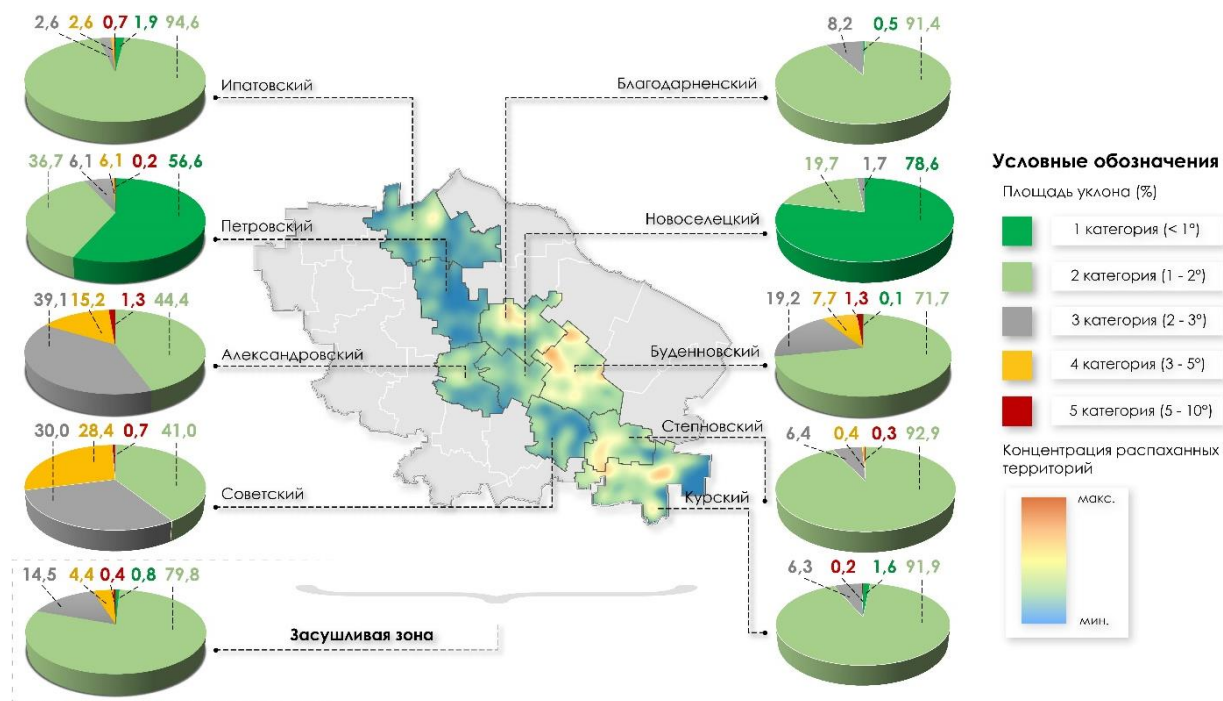


Рисунок 4 – Классификация пашни за 2019-2022 гг.

В результате анализа определено, что в засушливой зоне края 4,8 % распаханых участков имеют уклон от 3 до 10°, а большая часть 79,8 % относятся ко 2 категории (1-2°). Однако несмотря на не критичную обстановку в целом в отдельных муниципальных образованиях (Александровский, Буденновский, Советский) наблюдается распашка склоновых участков, что увеличивает риск проявления эрозионных процессов.

Также стоит учитывать особенности местности. Например, в Курском МО, где практически все распаханые территории имеют уклон 1-2°, расположены территории, подверженные опустыниванию, и на которых отсутствует каркас защитных лесных насаждений. В долгосрочной перспективе это может иметь негативные последствия.

Выводы

В засушливой зоне Ставропольского края отмечается значительный прирост площади пахотных земель, так по данным 2015-2022 гг. рост площади распаханых территорий составил 2,4 % или 40493 га. В разрезе муниципальных образований максимальный показатель отмечается в Курском муниципальном образовании – 9,7 %. Это происходит за счет неконтролируемой распашки сенокосов и пастбищ и увеличивает вероятность развития эрозионных и дефляционных процессов.

В результате анализа определено, что в засушливой зоне 4,8 % площади дополнительно распаханых земель имеют уклон от 3 до 10°. Особо остро проблема распашки склоновых земель отмечается в Александровском, Буденновском, Советском муниципальных образованиях.

Только благодаря новейшим геоинформационным технологиям и данным дистанционного зондирования Земли удалось объективно оценить масштаб проблемы.

Список литературы

1. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Ставропольскому краю за 2019 год. / Управление федеральной службы государственной статистики по Северо-Кавказскому федеральному округу. Ставрополь, 2019. 204 с.
2. Антонов С.А. Тенденции изменения засушливости вегетационного периода на территории Ставропольского края // Земледелие. 2013. № 5. С. 3-6.
3. Кулинцев В.В., Годунова Е.И., Желнакова Л.И., Удовыдченко В.И., Петрова Л.Н., Дридигер В.К. [и др.]. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. Ставрополь, 2013. 520 с.
4. Нипоклонов В.Б., Хабарова И.А., Хабаров Д.А. Мониторинг и рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения Краснодарского края // Вестник СГУГиТ. 2018. Т. 23. № 1. С. 167-177.
5. Письменная Е.В. Стукалов В.А., Лошаков А.В., Савинова С.В. Мониторинг состояния земель сельскохозяйственного назначения Центрального Предкавказья // Вестник АПК Ставрополья. 2016. Т. 21. № 1. С. 123-126.
6. Антонов С.А. Перегудов С.В. Мониторинг водной эрозии на пахотных землях засушливой зоны Ставропольского края // Аграрная наука. 2021. Т. 348. № 4. С. 85-87. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-9-13.
7. Google Earth. URL: <http://www.google.ru/intl/ru/earth/> (дата обращения: 21.07.2023).
8. Quantum GIS. URL: <https://www.qgis.org/ru/site/about/index.html> (дата обращения: 21.07.2023).
9. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. М: Изд-во МГУ, 1996. 335 с.
10. ALOS PALSAR – Radiometric Terrain Correction. URL: <https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/> (дата обращения: 10.07.2023).

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

Поступила в редакцию 22.08.2023

Принята к публикации 12.03.2024

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF ARABLE LAND IN THE DRY ZONE OF THE STAVROPOL REGION ON THE BASIS OF EARTH REMOTE SENSING DATA AND GEOINFORMATION TECHNOLOGIES

***S. Antonov, S. Peregudov**

North-Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Russia, Stavropol region, Mikhailovsk

e-mail: *santosb@mail.ru

Over the past 30 years, there has been a shift in the specialization of agriculture towards crop production in the region. As a result of the increase in the intensification of production, the anthropogenic load on the soil is also growing, which in the future can lead to various degradation processes in the soil. The study was carried out in order to assess the dynamics of the area of arable land in the arid zone of the Stavropol Territory. The available Earth remote sensing data for 2015, 2019, and 2022 were used during the observations. As the most suitable areas were plowed before, to expand the area of arable land, pastures and hayfields located on sloping lands, are often used. It can lead to negative consequences for agriculture such as erosion and deflation.

Key words: arable land, geoinformation system, uncontrolled plowing, remote sensing of the Earth.

References

1. Posevnye ploshchadi, valovye sbory i urozhajnost selskohozyajstvennykh ku'tur po Stavropolskomu krayu za 2019 god. Upravlenie federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Severo-Kavkazskomu federalnomu okrugu. Stavropol, 2019. 204 s.
2. Antonov S.A. Tendencii izmeneniya zasushlivosti vegetacionnogo perioda na territorii Stavropol'skogo kraja. Zemledelie. 2013. N 5. S. 3-6.
3. Kulintsev V.V., Godunova E.I., Zhelnakova L.I., Udovydchenko V.I., Petrova L.N., Dridiger V.K. [and etc.]. Sistema zemledeliya novogo pokoleniya Stavropolskogo kraja: monografiya. Stavropol, 2013. 520 s.
4. Nipoklonov V.B., Khabarova I.A., Khabarov D.A. Monitoring i racionalnoe ispolzovanie zemel selskohozyajstvennogo naznacheniya Krasnodarskogo kraja. Vestnik SGUGiT. 2018. T. 23. N 1. S. 167-177.
5. Pismennaya E.V. Stukalov V.A., Loshakov A.V., Savinova S.V. Monitoring sostoyaniya zemel selskohozyajstvennogo naznacheniya Central'nogo Predkavkazya. Vestnik APK Stavropolya. 2016. T. 21. N 1. S. 123-126.
6. Antonov S.A. Peregudov S.V. Monitoring of water erosion on arable lands of the arid zone of the Stavropol Territory. Agrarnaya nauka. 2021. T. 348. N 4. S. 85-87. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-9-13.
7. Google Earth. URL: <http://www.google.ru/intl/ru/earth/> (data obrashcheniya: 21.07.2023).
8. Quantum GIS. URL: <https://www.qgis.org/ru/site/about/index.html> (data obrashcheniya: 21.07.2023).
9. Kuznecov M.S., Glazunov G.P. Eroziya i ohrana pochv. M: Izd-vo MGU, 1996. 335 s.
10. ALOS PALSAR – Radiometric Terrain Correction. URL: <https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/> (data obrashcheniya: 10.07.2023).

Сведения об авторах:

Антонов Сергей Анатольевич

К.г.н., ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией ГИС-технологий, ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

Antonov Sergey

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Head of the lab. GIS technologies, North-Caucasus FSAC

Перегудов Сергей Владимирович

Младший научный сотрудник лаборатории ГИС-технологий, ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

Peregudov Sergey

Junior Researcher lab. GIS- technologies, North-Caucasus FSAC

Для цитирования: Антонов С.А., Перегудов С.В. Анализ динамики пашни засушливой зоны Ставропольского края на основе данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 14-21. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-14-21

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОХРАНЕНИЮ СТЕПЕЙ СТАРООСВОЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

А.А. Тишков

Институт географии РАН, Россия, Москва

НИУ БелГУ, Россия, Белгород

e-mail: tishkov@igras.ru

Обсуждаются актуальные проблемы методологии сохранения степей в условиях староосвоенных черноземных регионов Европейской России, где по данным последней инвентаризации с использованием дистанционных методов и наземной верификации их площадь не превышает нескольких процентов. Показано, что имеющаяся региональная и федеральная сеть ООПТ здесь не эффективна, т.к. ориентирована преимущественно на сохранение интразональных и аazonальных для степной зоны экосистем, а не непосредственно на зональные степи. Рассматриваются 5 новых (при совместном рассмотрении) подходов: (1) перенесение приоритетов территориальной охраны степей на агроландшафт в целом, (2) использование «углеродного аргумента» и необходимости восстановления запасов гумуса в черноземах для актуализации расширения площади охраняемых степей, (3) ориентация при создании региональных экологических каркасов на сохранившиеся и восстанавливающиеся зональные степи, в т.ч. и на выведенных из оборота участках малопродуктивной пашни, (4) создание на ключевых участках агроландшафта, включающего и пашню, сезонных ООПТ с установлением разных режимов хозяйствования и охраны биоты, (5) правильный выбор методов адаптации степного агроландшафта к климатическим изменениям, учитывающий задачи территориальной охраны степей и устойчивости аграрного производства. Только совокупное применение новых подходов гарантирует на современном этапе успех сохранения степей и их биоты в староосвоенных степных регионах Европейской России.

Ключевые слова: степи, Европейская Россия, агроландшафт, черноземы, потери гумуса, охраняемые природные территории, экологический каркас, адаптации к климатическим изменениям.

Введение

Результаты инвентаризации сохранившихся участков степей, завершившейся около 10 лет назад, выявили катастрофическую ситуацию с сохранением степей в староосвоенных черноземных регионах Европейской России [1, 2], особенно в Тульской, Тамбовской, Липецкой, Курской, Воронежской, Белгородской и др. областях (<http://savesteppe.org/ru/maps>; <http://savesteppe.org/ru/steppe-project>). Выявлено, что доля площади сохранившихся степных участков в регионах всего несколько процентов (табл. 1), отмечается значительная фрагментированность и мелкоконтурность природных и полуприродных (в основном залежных) степных участков. Сформированная федеральная и региональная сеть ООПТ этих областей оказалась крайне неэффективной для решения вопроса с территориальной охраной степных экосистем, практически исключала возможность создания эффективных в отношении сохранения степной биоты региональных экологических каркасов. Курс на создание кластерных ООПТ (Центрально-Черноземный, Оренбургский, Белогорье и др.) показал, что при определенной методологии территориальной охраны последовательное включение новых участков степей в региональные сети и соблюдение принципа повсеместности охраны природы позволят в перспективе добиться позитивных эффектов сохранения степного биоразнообразия.

Таблица 1 – Сохранившиеся участки степей староосвоенных черноземных регионов Европейской России (по результатам инвентаризации дистанционными методами и их верификации в ходе полевых работ [3] (данные 2016 г.)

Область	Общая площадь, тыс. га	Количество выявленных участков сохранившихся степей, кол-во	Общая площадь выявленных участков сохранившихся степей, тыс. га	Доля площади сохранившихся участков степей по отношению к площади области, %
Белгородская	2 715,1	702	47,1	1,7
Воронежская	5 224,8	257	52,2	1,0
Курская	3 000,2	1088	38,8	1,3
Липецкая	2 406,6	1079	44,9	1,9
Орловская	2 464,8	290	42,7	1,7
Пензенская	4 339,4	254	32,1	0,7
Тамбовская	3 445,6	1296	130,5	3,8

Однако, на наш взгляд, требуются новые подходы и методы к сохранению степей в староосвоенных черноземных регионах России, а также новые дополнительные критерии и аргументы для обоснования сохранения степей и создания степных ООПТ.

Настоящая статья посвящена обоснованию новой методологии сохранения степных экосистем в староосвоенных черноземных регионах Европейской России. Среди ее задач – определить приоритеты подходов к территориальной охране степей и их биоты в староосвоенных черноземных областях, наметить методы выявления структуры и ее оптимизации их агроландшафтов, наметить направления исследований для конкретного (модельного) региона – Белгородской области.

Материалы и методы

Статья носит исключительно методологический характер. Она декларирует позицию автора в отношении необходимой смены парадигм в сохранении степных экосистем в староосвоенных черноземных регионах Европейской России, где к настоящему времени сохранившиеся участки зональных степей занимают от 0,7 до 3,8 % площади области.

Анализ и синтез данных в статье базируется на имеющихся результатах дистанционной структуры ландшафтов степной зоны России [2, 3] и наших материалах по Курской и Белгородской областям. Ниже для иллюстраций конкретных методологических положений будут представлены некоторые данные и соответствующие ссылки.

Однако, в настоящем разделе можно перечислить некоторые приемы и методы, использованные для заключения о новых подходах к территориальной охране степей.

Как и принято в таких исследованиях, в приложении MS Excel составляется база данных (в нашем случае для Белгородской области), в которую вносятся все количественные показатели, полученные дистанционными, наземными полевыми и статистическими методами, включая площади элементов агроландшафта (пашня, леса, степи, луга, водоемы, природоохранные, промышленные и селитебные земли и пр.).

Для выявления структуры современного агроландшафта использовались дистанционные методы (анализ мультиспектральных снимков Landsat-8, Sentinel-2A/2B, ASTER, SPOT-Vegetation и пр.) и полевые исследования, включающие картографирование территории, уточнение границ и растительного покрова выявляемых контуров.

Высокая изменчивость агроландшафтов продиктована взаимосвязанными факторами погодных условий (в момент съемки и в течении года), применяемыми агротехнологиями, экономической конъюнктурой и т.п. Значения каналов спутниковой съемки (и производные индексы), измеренные в каждый конкретный момент времени, отличаются друг от друга в каждой точке пространства в той или иной степени, и коэффициенты парных корреляций сцен

за разные сроки наблюдения всегда меньше единицы, а в случае агроландшафтов демонстрируют особо большую изменчивость. Можно сказать, что временные серии данных дистанционного зондирования и любых их производных можно рассматривать как отображение динамической системы ландшафта во времени и пространстве. Выявление данной системы состояний ландшафта решено поэтапным применением процедур сокращения размерности или иерархического факторного анализа. За счет данной процедуры происходит последовательное обобщение факторного пространства – от факторов, описывающих отдельную сцену к факторам, описывающим совокупность сцен за исследуемый период. Данная процедура позволяет в том числе осуществлять прямые сравнения различных видов спутниковых данных, например, данных LANDSAT 5 и LANDSAT 8-9 с разрешением 30 м.

Для анализа данных по существующим типам землепользования (грасланды, распашка, покрытая лесом территория и пр., всего 11 классов) использовались открытые глобальные данные Европейского Космического Агентства (*European Space Agency (ESA)*) на основе снимков *Sentinel* с разрешением 10 м. С их помощью мы создали и карту состояния агроландшафта Белгородской области как одной из моделей староосвоенного черноземного региона, на которой представлены 11 классов земель.

Для построения цифровой модели рельефа (ЦМР), чтобы уточнить структуру агроландшафта и место в нем сохранившихся участков степей, а также для выделения перспективных для составления «реставрационного фонда» – пула земель малопродуктивной пашни и эродированных неудобий – использовалось два источника данных *ALOS Global Digital Surface Model "ALOS World 3D - 30m (AW3D30)"*. Этот набор данных представляет собой глобальную цифровую модель поверхности (DSM) с горизонтальным разрешением приблизительно 30 метров (1 угловая секунда), и коллекция миссии по радиолокационной топографии шаттла (*SRTM, The Shuttle Radar Topography Mission*). Разрешение также составляет примерно 1 угловую секунду (около 30 м).

ЦМР староосвоенных регионов степной зоны Европейской части России, как ни что другое, убедили нас в правильности выбранного направления решения современной проблемы территориальной охраны степей, создания новых и расширения действующих степных ООПТ на бывшей малопродуктивной пашне.

Перспективы восстановления степей не могут быть определены без понимания места лесов и распределения послелесных земель, занятых на современном этапе пашней. Для этого из слоя лесов 18 века были убраны выявленные степные экосистемы (слой 1). Затем из глобального растрового слоя *LandCover* отдельно выделены современные земли, занятые лесной растительностью (слой 2). Далее из первого слоя был убран второй слой, и таким образом получились участки в настоящее время занятые пашней на месте бывших лесов и при этом исключая образовавшуюся на них степную растительность.

Для интерпретаций углеродных характеристик элементов агроландшафта и разработки предложений по внедрению «углеродного критерия» в новых подходах к территориальной охране степей использовалась широко распространенная углеродная модель *RothC (Rothamsted Long Term Field Experiments Carbon Model* – углеродная модель Ротамстедского полевого опыта, версия 26.3, подходящая для любых автоморфных почв. Ранее она была успешно верифицирована нашим коллегой О.Э. Суховеевой с соавт. [4] на примере пахотных почв Курской области, а сейчас уже настроена на условия Белгородской области. Уже проводятся оценки и модельные эксперименты для воспроизведения основных потоков углерода – динамики почвенного органического углерода (C_{org}) и эмиссии CO_2 из почвы (дыхание почвы) разными элементами агроландшафта.

Все перечисленное позволяет заключить, что настоящее описание методологии (см. ниже) потребовало использования соответствующих материалов и методов, позволяющих аргументированно судить о возможностях и перспективах смены парадигм в территориальной охране степей и их биоты в староосвоенных черноземных регионах Европейской России.

Результаты и их обсуждение

Анализ имеющихся данных и карт современной структуры агроландшафта староосвоенных черноземных регионов и распространения в них сохранившихся участков степей [3] позволил представить следующие результаты нашей работы – положения методологии территориальной охраны их зональных степей.

Первый и самый главный вопрос новой методологии – *сохранение всего сложившегося на данный момент степного агроландшафта*, который априори включает все многообразие природных и антропогенных местообитаний степной биоты, включая фрагменты степных экосистем неудобий и крутосклонов овражно-балочной системы, опушек вторичных лесов и лесополос, травяные сорно-бурьянные комплексы залежей и каймы полей. По примеру Белгородской области можно отметить, что таких, выявляемых дистанционными методами (Landsat-8, Sentinel-2A/2B, ASTER, SPOT-Vegetation, PROBA-V и др.) высокого разрешения элементов агроландшафта, помимо полей с разными культурами и приемом агротехники, выделяется не больше 10-12. Их характерное пространство (площадь, конфигурация, связанность с соседними элементами) редко составляет десятки гектаров. В тоже время, именно они создают условия для сохранения всего пула биоразнообразия региона, совокупно формируя весь спектр характерных степных местообитаний, может быть только не для крупных млекопитающих. Хотя события последних лет, когда мигрирующее поголовье сайгака пересекли границу Казахстана и стали расселяться на территории соседних степных регионов России – Волгоградской и Саратовской областей, где осваивали преимущественно агроландшафт, вступая в прямой конфликт с землепользователями, показывают обратное [5].

Здесь можно вспомнить книгу почти 30-летней давности А.А. Чибилева [6] о степном природопользовании, а также статью Б.М. Миркина и Р.М. Хазиахметова в Известиях Самарского научного центра [7], посвященную концепции экологически-ориентированного управления степной агроэкосистемой. Они развивали дискуссию о возможностях оптимизации структуры агроэкосистем, поднятую Степным бюллетенем ранее. Но в этих публикациях больше говорилось об экологических ограничениях, управлении и возможностях самоорганизации степных агроэкосистем, а не о перспективах расширения территориальной охраны степных экосистем в условиях интенсивного сельского хозяйства.

Выявление актуальной структуры агроландшафтов староосвоенных степных областей Европейской России на основе рядов мультиспектральной информации, цифровых моделей рельефа и пр. позволяет определить размах изменчивости их структуры, к сожалению, не в пользу фрагментов природных и полуприродных степных экосистем. Нами [8] показаны современные тренды «сужения пространства» аграрного производства в Белгородской области за счет расширения площади агропромышленного комплекса. То есть идет явное сокращение площади местообитаний, используемых степной биотой, где сохраняется флористический пул и воспроизводство степной фауны.

«Пульсирующий» (колебательный) характер происходящего имел определенное характерное время «оборота», позволяющего степной биоте периодически включаться в восстановительные сукцессии, а вторичным степным комплексам – менять свое положение в агроландшафте. Сейчас все чаще земли в староосвоенных черноземных регионах необратимо изымаются из оборота, включаясь в режим промышленных или селитебных земель.

Поэтому, не занимая крайних позиций в деле охраны природы, на ближайшую перспективу территориальную охрану степей староосвоенных черноземных регионов Европейской России надо ориентировать на оптимизацию собственно агроландшафта в целом, т.е. на: (а) выведение из оборота малопродуктивной пашни, расширяя тем самым полосы вторичной (полуприродной) степной растительности – убежищ степной флоры и фауны; (б) экологическую реставрацию деградированных овражно-балочных комплексов за счет местного семенного материала, блокируя в некоторых случаях сукцессию по лесному и сорно-бурьянному вектору; (в) установление режима заповедности для всех наиболее крупных участков сохранившихся степей; (г) включение в региональное территориальное планирование норм формирования экологического каркаса, базирующегося на плакорных

элементах зонального степного ландшафта, а не на интразональной и азональных экосистемах. Концептуально – это новая парадигма, которую еще предстоит внедрить в сознание лиц, принимающих решения в черноземных регионах Европейской России. Без чисто степных коридоров и ядер экологический каркас степных староосвоенных регионов невозможен, т.к. он не способен выполнять главные свои функции – экологической устойчивости территории и сохранения и восстановления зонального биоразнообразия.

Вторым по приоритетности методологическим приемом и аргументом для развития заповедной сети в староосвоенных степных регионах мы считаем *использование «углеродного аргумента» и рекомендаций по восстановлению запасов гумуса в черноземах агроландшафта до близких к историческим показателям.* Это достигается выявлением контуров малопродуктивной эродированной пашни на степных землях, изъятия их из хозяйственного оборота и включением в залежный сукцессионный режим. «Углеродный аргумент» в данном случае важен и для формирования новых элементов экологического каркаса, и для обоснования создания новых ООПТ в староосвоенных степных регионах. Еще до старта потепления и развала СССР нами была проведена оценка потерь гумуса в черноземах Европейской России и Украины [9] с момента старта аграрного освоения. Они составили от 20-30 до 50-70% от исходного и на конец XX в. продолжились [10]. Важно отметить, что даже при выполнении на тот период рекомендаций по внесению органических удобрений, например навоза по нормам 4-5 т/га, дефицит гумуса сохранялся на уровне 0,5 т/га, и его потери при интенсивном использовании черноземной пашни сохранялись. Как показал период активного забрасывания сельскохозяйственных земель в регионах Европейской России в 1980-1990-х годах, развитие залежных сукцессий на миллионах гектаров несколько приостановило общий тренд потерь углерода, т.к. именно на ранних стадиях постагрогенной демуляции степной растительности происходит «перелом» в динамики гумусонакопления в почвах в сторону накопления [11, 12] и минимизируется эмиссия CO₂. Рост запасов углерода в тот период был пропорционален площади выведенных из распашки земель и времени сукцессии. И шанс создания новых степных ООПТ по «углеродному критерию» с использованием механизмов Киотского, а позднее и Парижского соглашения был реален, но затем упущен. Залежи повторно (в который раз) были «возвращены» в сельскохозяйственный оборот, и в некоторых черноземных регионах это было воспринято как «освоение Целины».

Если еще в конце XIX в. главным аргументом в создании степных заповедных территорий был вопрос об оставлении эталонов черноземных степей для потомков, т.е. не ресурсный, как для первых лесных заповедников, а чисто гуманитарный подход, то сейчас создавать новые ООПТ в степной зоне по гуманитарным критериям, увы, невозможно. Даже государственной статистики сохранившихся степей на черноземах нет. Нет и статистики степных пожаров (есть ландшафтные, травяные). А ООПТ степной зоны сплошь и рядом представлены интразональными и азональными, преимущественно вторичными и даже искусственными экосистемами (лесными насаждения). Единственным аргументом для создания степных ООПТ остается «борьба с изменениями климата», когда на заповедных степных землях снижение эмиссии и эффективное (многолетнее) депонирование углерода черноземными почвами вполне адекватно решает эту проблему. О возможностях и глобальном характере климаторегулирующей функции степей можно прочесть в [10-12]. А монетарная оценка самой климаторегулирующей функции может перевешивать продукционную функцию (стоимость урожая). Расширение площади ООПТ в староосвоенных степных регионах Европейской России, где сейчас они объективно составляют существенно меньше 1 % (не ссылаемся на известную статистику, т.к. она касается в степных регионах по большей части не собственно степей, а лесов и др.), за счет залежей на высвобождающихся низкопродуктивных участках – еще один новый подход в территориальной охране степей.

На примере Белгородской области мы показали, что высвобождение части площадей неэффективной пашни для инициации восстановительной сукцессии позволит региону приблизиться к решению задач «углеродного нейтрального земледелия», при котором

восстанавливающиеся степи на зональных черноземах компенсируют за счет аккумуляции углерода его вековые потери на пашне [13-15].

Участница исследований по программе консорциума НИУ Белгородский ГУ и Института географии РАН О.Э. Суховеева [4] сначала на примере пахотных черноземов Курской области, а сейчас с использованием верифицированной «углеродной модели» для Белгородской области воспроизвела для ее агроландшафта основные потоки углерода – депонирования и эмиссии CO₂. Проводилось сопоставление их показателей для целинной некосимой степи, залежи с возрастом 5-10 лет и 5-ти наиболее распространенных в Белгородской области посевов культур – озимая и яровая пшеница, кукуруза на зерно, соя и подсолнечник, совокупная площадь которых превышает 70 % пашни на типичных и выщелоченных черноземах. Выяснилось, что запасы углерода в пахотных почвах Белгородской области убывают со скоростью от 0,31 до 0,59 т С га⁻¹ год⁻¹. Накопление углерода возможно только в некосимой степи (например, на степных участках заповедника Белогорье). Одной из ключевых проблем здесь является недостаточное внесение органических удобрений: 5-8 т/га, что в пересчете на углерод составляет примерно 400-660 кг С/га. При таком их количестве потери почвы сокращаются лишь на 0,02-0,04 т С га⁻¹ год⁻¹ по сравнению с их отсутствием, а эмиссия CO₂ незначительно увеличивается на 0,05-0,10 т С га⁻¹ год⁻¹. При выведении черноземов из сельскохозяйственного использования и старте их самовосстановления в них растет концентрация стабильных форм общего углерода при скорости аккумуляции до 100-300 гС/м² в год в первые 5-10 лет и 30 гС/м² в год в среднем за последующий период сукцессии [16, 17]. То есть оптимальное соотношение в агроландшафте площадей пашни и восстанавливающихся степных залежей в сочетании с эффективной агротехникой (внесение органических удобрений, борьба с эрозией) и сохранением высокого уровня выхода сельскохозяйственной продукции с интенсивно используемых земель будет способствовать переходу региона к «углеродной нейтральности земледелия» с ростом площади собственно степных ООПТ и потенциалом создания за их счет эффективного регионального экологического каркаса.

Из этого положения вытекает и **третий** подход в сохранении степей – *ориентирование создания регионального экологического каркаса степных староосвоенных регионов не только и не столько на лес и овражно-балочную систему, а в основном на условно природные (вторичные) и полуприродные степи*, в т.ч. водораздельные. Понятно, что очень трудно убедить органы региональной власти и фермеров в том, чтобы в черноземных областях Европейской России при создании планов территориального планирования принимали во внимание сохранившиеся и восстанавливающиеся степные ландшафты. Но другого пути нет. Тот, кто хотя бы раз видел космические снимки староосвоенных степных регионов Европейской России, тот навсегда запомнит эту «шахматную доску» с узкими лесополосами и границами пашни. Имеющиеся фрагменты лесов – не обязательное дополнение, а не вовлеченные в аграрное производство многочисленные овражно-балочные эродированные комплексы скорее выступают как «язвы» агроландшафта. Мы проводили верификацию состояния таких комплексов в Белгородской области, где сохраняются фрагменты степной растительности до нескольких десятков га, и выяснили, что флористическое богатство таких участков составляет около 100 видов, из которых степные растения – менее половины.

В Белгородской области Схема территориального планирования (Постановление Правительства от 31 октября 2011 г. № 399-пп с изменениями в 2023 г.) ориентирована на развитие региональной сети ООПТ, восстановление лесов и формирование экологического каркаса. Она базировалась и на планировании объектов экологического каркаса области в целом и отдельных ее районов [18, 19]. В основу экологического каркаса области включались элементы ландшафта, «приближенные к естественным» – леса, болота, рекреационные и водоохранные зоны, сенокосы, пастбища, а кроме того, овражно-балочные территории, составляющие, по мнению разработчиков, около 10% от площади области, как не пригодные для хозяйственной деятельности. Степи как основной элемент каркаса не выделены. Поэтому мы, рассматривая новые подходы и методы сохранения степей староосвоенных черноземных

регионов Европейской России, подчеркиваем, как приоритетное действие, включение в региональный экологический каркас степных ландшафтов, в т.ч. восстанавливаемых на месте малопродуктивной пашни и бедлендов овражно-балочных комплексов.

Сравнительно новым подходом, который по приоритетности мы выделяем **четвертым**, можно считать активное вовлечение аграрных земель в создание *сезонных ООПТ* для текущей охраны местной оседлой (например, на период воспроизводства и расселения) и мигрирующей биоты. Это вполне допустимо как один из важных способов оптимизации агроландшафта, устанавливая для него в отдельных районах, хозяйствах и на ключевых участках разные режимы природопользования и охраны. Так, вполне логичным выглядит установление режима сохранения мигрирующих птиц и копытных на полях в послеуборочный период, введение некоторых экологических регламентов для отдельных периодов графика полевых работ и пр. Известно, что стрессовая ситуация в период посевных и уборочных работ на полях вынуждает ряд позвоночных животных использовать неудобья и лесополосы в качестве убежищ, а в периоды между циклами аграрного производства расширять кормовые угодья и площади сезонных миграций и кочевок. Есть и другие примеры, актуализирующие данный подход – гнездование краснокнижных видов на свежевспаханных полях (дрофа), использование полей как кормовых угодий дневными хищными птицами и т.д. К этому подходу примыкает проблема графика обработки сельскохозяйственных угодий пестицидами и ядохимикатами и ее сезонные ограничения. Такое дополнение к территориальной охране биоты повышает эффективность сохранения степных экосистем и их биоты в староосвоенных черноземных регионах Европейской России.

Наконец, в итоге, новым (**пятым**) подходом, мы предлагаем считать концептуальное решение для черноземных степных регионов Европейской России вопроса выбора адаптаций к климатическим изменениям, растущей засушливости климата, частоте засух и пр. Что надо делать? Или аграрное производство и сельское хозяйство в целом адаптируем (выбираем новые культуры и сорта, более засухоустойчивые, внедряем затратные методы ирригации и пр.), или выбираем новые подходы к территориальной охране природы и заповедному делу, внедряем в степных регионах элементы степного животноводства в естественных степных угодьях? Оказывается, второе для страны и для ее испытывающих тренд засушливости и растущие нагрузки на пахотные угодья степных регионов, и для отдельных их хозяйств (о чем ярко свидетельствует статистика урожайности зерновых культур за последнее десятилетие) важнее. Ведь адаптации к климатическим изменениям аграрного производства направлены в первую очередь и на сохранение его устойчивости. А она достигается с помощью использования всех перечисленных выше подходов и методов сохранения степей.

Выводы

Всего выделено 5 основных подходов к эффективному решению проблем современной территориальной охраны степей в староосвоенных черноземных регионах Европейской России, где они фактически исчезают из ландшафтного покрова. Каждый по отдельности, за исключением пятого подхода, не новый, но в совокупности они создают систему, которая может улучшить ситуацию с сохранением и восстановлением зональных степей в рассматриваемых регионах. На примере агроландшафта Белгородской области мы показываем, что совокупность представленных подходов позволяет через механизмы оптимизации структуры, использование «углеродного критерия» и формирования эффективного экологического каркаса в регионе последовательно решать эту проблему. Речь идет о сотнях тысяч га потенциального «реставрационного фонда» для восстановления степей и создания на их основе более эффективной в отношении сохранения зональной растительности региональной сети ООПТ.

Благодарности

Работа выполнена в рамках договора Института географии РАН и НИУ БелГУ «Выполнение работ по агроэкологической оценке сельскохозяйственных земель Белгородской области и разработке методов управления гидролого-геохимическими процессами и восстановления водного режима» и по теме Государственного задания Института географии РАН № FMGE-2024-0007.

Список литературы

1. Чибилев А.А. Степная Евразия: региональный обзор природного разнообразия. М.-Оренбург: Ин-т степи РАН, РГО, 2016. 324 с.
2. Тишков А.А., Нефедова Т.Г., Белоновская Е.А., Соболев Н.А. Комплексы мероприятий по сохранению степного биоразнообразия для пилотных регионов Российского степного проекта // Степной бюллетень. 2016. № 47-48. С. 45-54.
3. Проект «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России». URL: <http://savesteppe.org/ru/steppe-project> (дата обращения: 12.10.2023).
4. Суховеева О.Э., Золотухин А.Н., Карелин Д.В. Климатообусловленные изменения запасов органического углерода в пахотных черноземах Курской области // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 72-79.
5. Экспедиция РГО фиксирует массовую миграцию сайгаков в Россию из Казахстана. 04.05.2022 // ВОО «Русское географическое общество. 2013-2023. URL: <https://rgo.ru/activity/redaction/articles/ekspeditsiya-rgo-fiksiruet-massovuyu-migratsiyu-saygakov-v-rossiyu-iz-kazakhstan/> (дата обращения: 12.10.2023).
6. Чибилев А.А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Свердловск: УрО АН СССР, 1992. 172 с.
7. Миркин Б.М., Хазиахметов Р.М. Управление функцией агроэкосистемы: стратегия, тактика, ограничения, роль самоорганизации // Известия Самарского научного центра РАН. 2000. Т. 2. С. 300-305.
8. Тишков А.А., Некрич А.С. Факторы территориальной дифференциации агроландшафта и перспективы сохранения степей Белгородской области // Аридные экосистемы. 2022. № 2 (91). С. 13-26.
9. Природная среда Европейской части СССР (опыт регионального анализа). М.: Институт географии АН СССР, 1989. 230 с.
10. Титлянова А.А. Освоение лесостепной и степной зон Западной Сибири увеличило эмиссию углерода // Степной бюллетень. 2000. № 8. С. 35-37.
11. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.
12. Тишков А.А. Биосферные функции и экосистемные услуги ландшафтов степной зоны России // Аридные экосистемы. 2010. Т. 10. № 1. С. 5-15.
13. Чендев Ю.Г., Хохлова О.С., Александровский А.Л. Агрогенная эволюция автоморфных черноземов лесостепи (Белгородская область) // Почвоведение. 2017. № 5. С. 515-531.
14. Тишков А.А., Кренке А.Н., Титова С.В., Белоновская Е.А., Царевская Н.Г. Изменения надземной фитомассы экосистем Северной Евразии в XXI веке // Доклады РАН. Науки о Земле. 2021. Т. 497. № 2. С. 193-198.
15. Smelansky I.E., Tishkov A.A. The Steppe Biome in Russia: Ecosystem Services, Conservation Status, and Actual Challenges. M.J.A. Werger and M.A. van Staalduinen (eds.), Eurasian Steppes // Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World, Plant and Vegetation 6. Springer Science, Business Media B.V. 2012. P. 45-101.
16. Лопес де Гереню В.О., Курганова И.Н., Ермолаев А.М., Кузяков Я.В. Изменение пулов органического углерода при самовосстановлении пахотных черноземов // Агрохимия. 2009. № 5. С. 5-12.

17. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Швиденко А.З., Сапожников П.М. Изменение общего пула органического углерода в залежных почвах России в 1990-2004 гг. // Почвоведение. 2010. № 3. С. 361-368.

18. Лисецкий Ф.Н. Формирование регионального экологического каркаса для обеспечения устойчивого развития // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экология. 2000. № 3 (12). С. 3-9.

19. Стеценко Е.А. Планирование объектов экологического каркаса в структуре землеустройства Белгородской области: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Белгород, 2012. 24 с.

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

Поступила в редакцию 02.10.2023

Принята к публикации 12.03.2024

NEW APPROACHES TO THE CONSERVATION OF STEPPES IN THE OLD-DEVELOPED CHERNOZEM REGIONS OF RUSSIA

A. Tishkov

Institute of Geography of the RAS, Moscow, Russia

Belgorod State University, Belgorod, Russia

e-mail: tishkov@igras.ru

The current problems of steppe conservation in the conditions of the old-developed chernozem regions of European Russia are discussed. According to the latest inventory by the remote methods and ground verification, their area does not exceed several percent. It is shown that the existing regional and federal network of nature protected areas is not effective here, because it is mainly focused on the preservation of intrazonal and azonal ecosystems (forests, rivers, wetlands a.o.) for the steppe zone, and not directly on the zonal steppes. Five new approaches are discussed (under joint consideration): (1) shifting the priorities of the territorial protection of steppes to the agricultural landscape as a whole, (2) using the "carbon argument" and the need to restore humus reserves in chernozems to actualize the expansion of the area of protected steppes, (3) focusing on preserved and recovering zonal steppes, including areas of unproductive arable land taken out of circulation, when creating regional ecological frameworks, (4) creation of seasonal protected areas in the key areas of the agricultural landscape, including arable lands, with the establishment of different management regimes and biota protection, (5) the right choice of methods for adapting the steppe agricultural landscape to climate change, taking into account the tasks of territorial conservation of the steppes and the sustainability of agricultural production. At the present stage only the combined application of new approaches guarantees the success of the conservation of steppes and their biota in the old-developed steppe regions of European Russia.

Key words: steppes, European Russia, agricultural landscape, chernozems, loss of humus, nature protected areas, ecological framework, adaptation to climate change.

References

1. Chibilev A.A. Stepnaya Evraziya: regional'nyi obzor prirodnogo raznoobraziya. M.-Orenburg: In-t stepi RAN, RGO, 2016. 324 s.

2. Tishkov A.A., Nefedova T.G., Belonovskaya E.A., Sobolev N.A. Kompleksy meropriyatii po sokhraneniyu stepnogo bioraznoobraziya dlya pilotnykh regionov Rossiiskogo stepnogo proekta. Stepnoi byulleten'. 2016. N 47-48. S. 45-54.

3. Proekt «Sovershenstvovanie sistemy i mekhanizmov upravleniya OOPT v stepnom biome Rossii». URL: <http://savesteppe.org/ru/steppe-project> (data obrashcheniya: 12.10.2023).

4. Sukhoveeva O.E., Zolotukhin A.N., Karelin D.V. Klimatoobuslovlennyye izmeneniya zapasov organicheskogo ugleroda v pakhotnykh chernozemakh Kurskoi oblasti. Aridnye ekosistemy. 2020. T. 26. N 2 (83). S. 72-79.
5. Ekspeditsiya RGO fiksiruet massovuyu migratsiyu saigakov v Rossiyu iz Kazakhstana. 04.05.2022. VOO «Russkoe geograficheskoe obshchestvo. 2013-2023. URL: <https://rgo.ru/activity/redaction/articles/ekspeditsiya-rgo-fiksiruet-massovuyu-migratsiyu-saygakov-v-rossiyu-iz-kazakhstana/> (data obrashcheniya: 12.10.2023).
6. Chibilev A.A. Ekologicheskaya optimizatsiya stepnykh landshaftov. Sverdlovsk: UrO AN SSSR, 1992. 172 s.
7. Mirkin B.M., Khaziakhmetov R.M. Upravlenie funktsiei agroekosistemy: strategiya, taktika, ogranicheniya, rol' samoorganizatsii. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2000. T. 2. S. 300-305.
8. Tishkov A.A., Nekrich A.S. Faktory territorial'noi differentsiatsii agrolandshafta i perspektivy sokhraneniya stepei Belgorodskoi oblasti. Aridnye ekosistemy. 2022. N 2 (91). S. 13-26.
9. Prirodnaya sreda Evropeiskoi chasti SSSR (opyt regional'nogo analiza). M.: Institut geografii AN SSSR, 1989. 230 s.
10. Titlyanova A.A. Osvoenie lesostepnoi i stepnoi zon Zapadnoi Sibiri uvelichilo emissiyu ugleroda. Stepnoi byulleten'. 2000. N 8. S. 35-37.
11. Tishkov A.A. Biosfernye funktsii prirodnikh ekosistem Rossii. M.: Nauka, 2005. 309 s.
12. Tishkov A.A. Biosfernye funktsii i ekosistemnye uslugi landshaftov stepnoi zony Rossii. Aridnye ekosistemy. 2010. T. 10. N 1. S. 5-15.
13. Chendev Yu.G., Khokhlova O.S., Aleksandrovskii A.L. Agrogennaya evolyutsiya avtomorfnykh chernozemov lesostepi (Belgorodskaya oblast'). Pochvovedenie. 2017. N 5. S. 515-531.
14. Tishkov A.A., Krenke A.N., Titova S.V., Belonovskaya E.A., Tsarevskaya N.G. Izmeneniya nadzemnoi fitomassy ekosistem Severnoi Evrazii v XXI veke. Doklady RAN. Nauki o Zemle. 2021. T. 497. N 2. S. 193-198.
15. Smelansky I.E., Tishkov A.A. The Steppe Biome in Russia: Ecosystem Services, Conservation Status, and Actual Challenges. M.J.A. Werger and M.A. van Staalduinen (eds.), Eurasian Steppes. Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World, Plant and Vegetation 6, Springer Science, Business Media B.V. 2012. P. 45-101.
16. Lopes de Gerenyu V.O., Kurganova I.N., Ermolaev A.M., Kuzyakov Ya.V. Izmenenie pulov organicheskogo ugleroda pri samovosstanovlenii pakhotnykh chernozemov. Agrokhimiya. 2009. N 5. S. 5-12.
17. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Shvidenko A.Z., Sapozhnikov P.M. Izmenenie obshchego pula organicheskogo ugleroda v zaleznykh pochvakh Rossii v 1990-2004 gg. Pochvovedenie. 2010. N 3. S. 361-368.
18. Lisetskii F.N. Formirovanie regional'nogo ekologicheskogo karkasa dlya obespecheniya ustoichivogo razvitiya. Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Ekologiya. 2000. N 3 (12). S. 3-9.
19. Stetsenko E.A. Planirovanie ob"ektov ekologicheskogo karkasa v strukture zemleustroistva Belgorodskoi oblasti: Avtoref. diss. ... kand. geogr. nauk. Belgorod, 2012. 24 s.

Сведения об авторе:

Тишков Аркадий Александрович

Д.г.н., профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, Институт географии РАН

ORCID 0000-0001-5450-3410

Tishkov Arkadiy

Doctor of Geography, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Тишков А.А. Новые подходы к сохранению степей староосвоенных черноземных регионов России // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 22-31. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-22-31

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВИДОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.В. Лебедева^{1,2}

¹Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург

²Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: tatyana_v_lebedeva@mail.ru

В статье представлены результаты комплексного анализа влияния видов экономической деятельности (ВЭД) на состояние атмосферного воздуха, водных ресурсов, образование отходов производства и потребления в 2010 и 2021 годах, на региональном и муниципальном уровнях. Выявлено, что наибольшее загрязнение окружающей среды в Оренбургской области наносят виды экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых», «Обрабатывающие производства», «Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений» и «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха». С использованием метода канонических корреляций доказана статистически значимая связь между показателями заболеваемости населения и состояния окружающей среды в пространственном и временном разрезе. Кластерный анализ муниципальных образований Оренбургской области по показателям использования воды и охраны атмосферного воздуха в 2021 году позволил выделить 4 кластера, обусловленных расположением ВЭД на территории региона. Анализ затрат на охрану окружающей среды по видам экономической деятельности в Оренбургской области, а также в разрезе муниципальных образований, показал, что в промышленных центрах региона и по ВЭД, наносящим существенный ущерб окружающей среде, расходы в десятки раз выше. Вместе с тем, экономический оптимум природоохранной деятельности в Оренбургской области не достигнут: отношение текущих (эксплуатационных) затрат на проведение природоохранных мероприятий к ВРП в 2010 году составлял 0,95 %, а в 2021 году 0,48 % (при оптимальных 8-10 %).

Ключевые слова: экологическое состояние региона, виды экономической деятельности, затраты на охрану окружающей среды, экономический оптимум природоохранной деятельности, кластерный анализ, метод канонических корреляций.

Введение

Для регионов с высокой долей в структуре экономики добычи полезных ископаемых и обрабатывающих производств, к которым относится Оренбургская область (рис. 1), мониторинг состояния окружающей среды является актуальной задачей. Оренбургская область в рамках национального проекта «Экология» участвует в пяти федеральных проектах: «Чистая страна», «Чистый воздух», «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами», «Сохранение уникальных водных объектов», «Сохранение лесов» [1].

В трудах отечественных и зарубежных ученых широко освещаются проблемы влияния хозяйственной деятельности человека на экологическое состояние и качество жизни населения, в частности экологически обусловленную заболеваемость. Так, понятие «экологическое состояние» и методика его оценки с позиции влияния на индивидуальные характеристики природных комплексов рассмотрена в статье Лис Л.С. [2]. Тикунов В.С. с соавторами приводят обзор существующих определений понятию «экологическое состояние», а также количественных индикаторов и индексов для его оценки, применяемых за рубежом и в России [3].

Комплексный анализ экологического состояния различных компонентов окружающей среды и оценка риска здоровья населения на региональном уровне представлен в работах Каманиной И.З. (на примере г. Дубны) [4] и Чуйковой Л.Ю. (на примере Астраханской области) [5].



Рисунок 1 – Отраслевая структура ВДС Оренбургской области: а) в 2010 г., б) в 2021 г.

Для определения последствий антропогенной нагрузки на состояние окружающей природной среды Бадарчи Х.Б. и Дабиев Д.Ф. разработали эколого-экономические модели, основанные на процедурах факторного анализа [6]. Васенина И.В. и Сушко В.А., используя в качестве информационной базы опрос жителей Челябинской области, обосновали тесную взаимосвязь экологических факторов, связанных с промышленной инфраструктурой и качеством жизни населения [7]. На примере предприятий, действующих на территории Омской области, в статье Головы Е.Е. и Гапон М.Н. [8] оценено влияние развития экономики региона на экологическую обстановку, дан обзор мероприятий, проводимых в регионе по снижению негативного влияния экономики на экологию. В соавторстве с Барановой И.В., Голова Е.Е. проводит подобное исследование уже на макроуровне – проанализировано воздействие экономических процессов на окружающую среду РФ [9]. Родионов В.З. с соавторами, на основании проведенного исследования, выявили, что все виды антропогенного воздействия обуславливают формирование в малых реках Ленинградской области геохимических аномалий, и предлагают ряд мероприятий по улучшению водного режима [10].

Исследование современных экологических тенденций, сложившихся в Российской Федерации под влиянием отраслей хозяйствования с учетом концепции устойчивого развития, представлено в статье Морковкина Д.Е. [11]. На примере воздушной среды, коллективом авторов в составе: Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Поташева О.В., Зимин Д.А., установлены факторы изменения взаимосвязи экономических и экологических показателей в РФ и ЕС по динамическим рядам [12].

Изучая различные загрязнения окружающей среды, вызванные хозяйственной деятельностью человека, Бараненкова Т.А. раскрыла «механизм» влияния экологических факторов на заболеваемость и смертность трудоспособного населения в РФ [13]. Данилова З. А., сравнивая заболеваемость, смертность и загрязнение атмосферного воздуха в наиболее и менее загрязненных территориях РФ по атмосферному воздуху, доказала экологическую обусловленность ряда заболеваний в последние годы [14]. Оценка воздействия выбросов автомобильного транспорта и метеорологических условий на здоровье населения урбанизированной территории Кавказского среднегорья представлена в работе Макоевой Ф.К. [15]. Епринцев С.А. с соавторами, в региональном разрезе, провели анализ экологически обусловленной заболеваемости различных групп населения [16]. На основании исследования зависимости детской заболеваемости в Дальневосточном регионе, Лозовской С.А. выявлена наибольшая корреляция загрязнения окружающей среды и болезней органов дыхания, болезней глаза и нервной системы [17].

Глобальные эколого-экономические проблемы, стоящие перед человечеством, причины происходящих процессов, сценарии развития цивилизации рассмотрены в работах Медоуз Д.Х., Рандерс Й., Медоуз Д.Л. [18].

Вместе с тем, на наш взгляд, при рассмотрении взаимодействия таких сложных систем как экология, экономика и социальная сфера необходим комплексный, пространственно-временной анализ, учитывающий также изменения в структуре анализируемых систем.

Цель статьи – комплексная оценка воздействия экономических процессов на экологическое состояние окружающей среды Оренбургской области. Нами поставлены следующие задачи:

- проанализировать отраслевую структуру валовой добавленной стоимости Оренбургской области в 2010 г. и 2021 г.;
- исследовать структуру и структурные сдвиги выбросов загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников; использования воды; образования и утилизации отходов производства и потребления в 2010 и 2021 гг. по видам экономической деятельности; структуру и динамику выбросов наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников; структуру сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод;
- оценить влияние состояния окружающей среды на здоровье населения в Оренбургской области по пространственным и временным данным;
- выделить однородные кластеры муниципальных образований региона по показателям использования воды и охраны атмосферного воздуха, а также затратам на охрану окружающей среды за 2021 год;
- рассмотреть природоохранные затраты организаций различных видов экономической деятельности и их эффективность на региональном уровне.

Материалы и методы

В работе использованы официальные статистические данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области, опубликованные в сборниках: «Охрана окружающей среды Оренбургской области», «Здравоохранение в Оренбургской области», «Муниципальные образования Оренбургской области», «Оренбургская область в цифрах», а также в докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2022 году» министерства природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области [19].

Статистические данные обрабатывались с использованием общепринятых методов статистического анализа структуры и динамики, а также методов многомерного статистического анализа: кластерного и канонических корреляций.

Из методов кластерного анализа нами применен иерархический агломеративный, в качестве метрики использовано «расстояние городских кварталов» и мера сходства «метод Уорда» и метод *k*-средних с выбором начальных центров кластеров на основе выбора наблюдений на постоянных интервалах.

Оценка взаимосвязи между группами показателей заболеваемости населения и охраны окружающей среды проведена на основе метода канонических корреляций. Данный метод позволяет одновременно анализировать взаимосвязь нескольких эндогенных переменных и большого числа экзогенных переменных, не требуя при этом отсутствия мультиколлинеарности переменных.

Результаты и обсуждение

Как видно по данным рисунка 2, наибольшее загрязнение атмосферы происходит от видов экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых» и «Обрабатывающие производства».

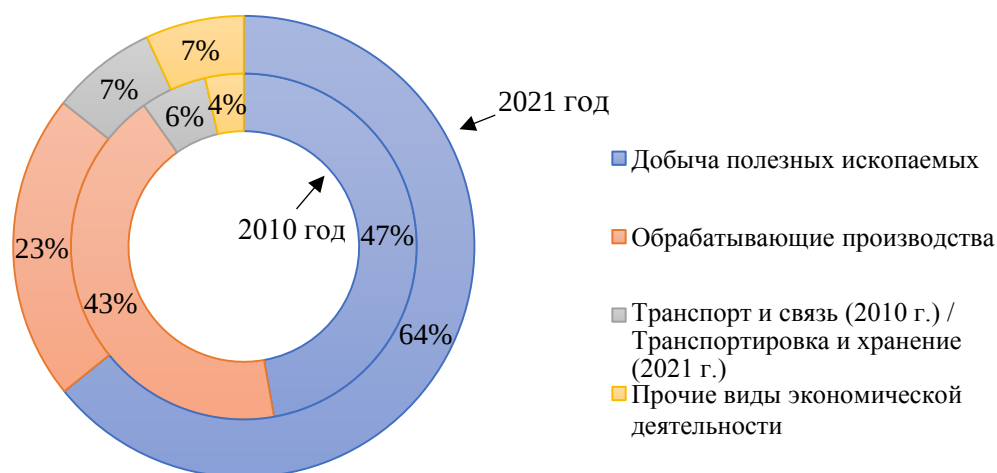


Рисунок 2 – Структура выбросов загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, в 2010 и 2021 гг. по видам экономической деятельности

При этом, как видно на рисунке 3, около 55 % от всех выбросов загрязняющих атмосферу веществ составляет оксид углерода, от 24 до 31 % варьирует доля диоксида серы.

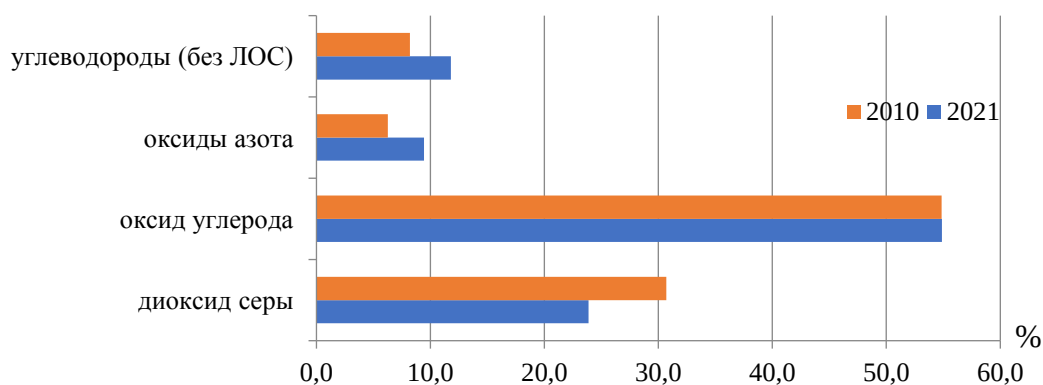


Рисунок 3 – Структура выбросов наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, в 2010 и 2021 гг.

На рисунке 4 представлены базисный и средний темпы изменения выбросов наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников. Объем выбросов в регионе сократился на 30 % в 2021 году по сравнению с 2010 годом. Прирост на 1,2 % наблюдался только по оксиду азота.

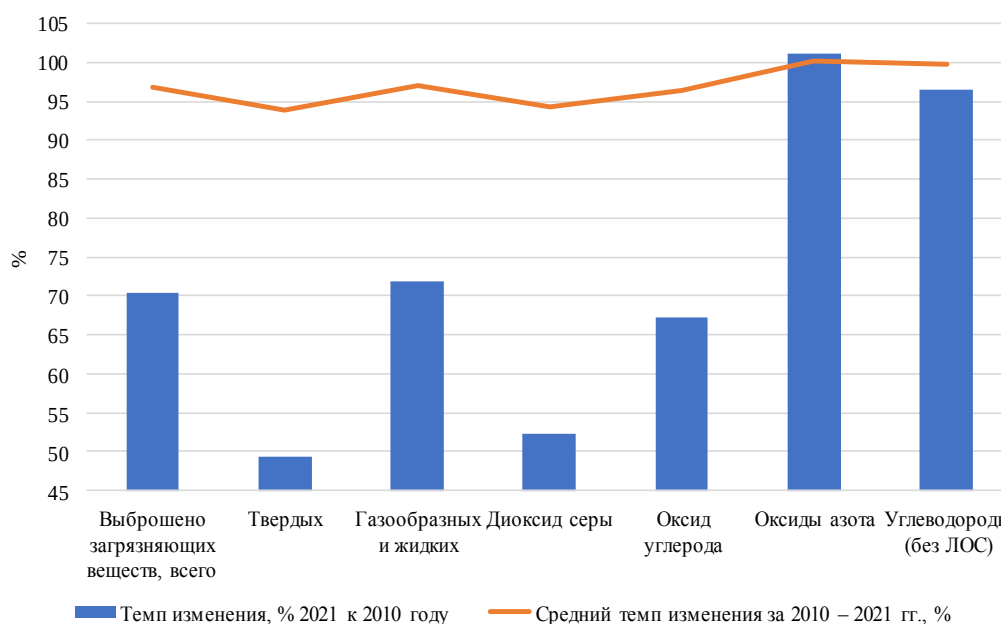


Рисунок 4 – Показатели динамики выбросов наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, в 2021 году по сравнению с 2010 годом

В 2010 году 98 % сброса сточных вод приходилось на ВЭД «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды», а в 2021 году – 82 % на ВЭД «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» и 17 % на ВЭД «Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений». При этом, в анализируемые годы 80-84 % среди загрязняющих веществ в составе сточных вод приходилось на нитраты, 14-17 % – на магний (рис. 5).

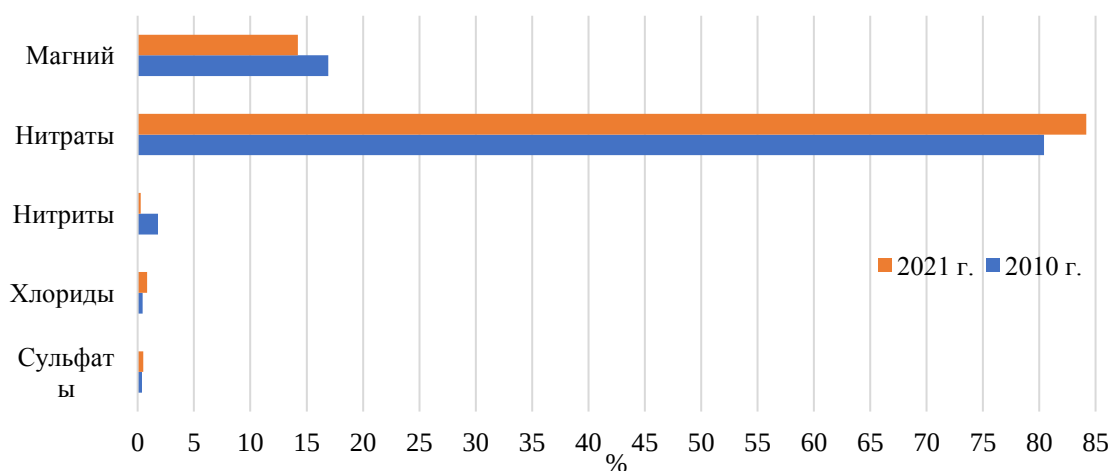


Рисунок 5 – Структура сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод в поверхностные водные объекты

Виды экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых» и «Обрабатывающие производства» суммарно образуют более 90 % отходов производства и потребления (рис. 6).

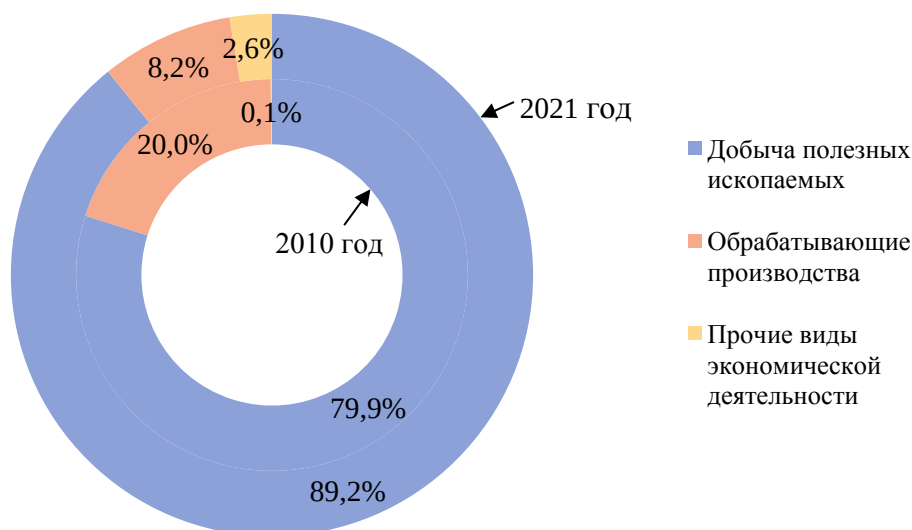


Рисунок 6 – Структура образования отходов производства и потребления по ВЭД в Оренбургской области

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее негативное воздействие на состояние окружающей среды в регионе имеют виды экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых», «Обрабатывающие производства», «Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений» и «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха».

В научных работах отечественных и зарубежных ученых экологический риск рассматривается как «угроза появления у населения заболеваний вследствие воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды» [13].

Оценка влияния экологических факторов на заболеваемость детей и в целом всего населения в Оренбургской области нами проведена по данным за 2010-2021 годы по показателям, представленным на рисунке 7.

Методом канонических корреляций (табл. 1) установлена статистически значимая, весьма высокая связь между сформированными группами показателей, иными словами, в 2010-2021 гг. на территории региона состояние окружающей среды оказывало существенное влияние на заболеваемость населения.

Таблица 1 – Результаты канонического анализ по данным, представленным временными рядами за 2010-2021 гг.

Канонический $R = 0,97$; $\chi^2(14) = 26,17$; $p = 0,02$		
Показатель	Левое множество, переменные y_1 - y_7	Правое множество, переменные z_1 - z_2
Число переменных	7	2
Извлеченная дисперсия, %	47,8	100,0
Общая избыточность, %	40,9	82,2

Наиболее существенное влияние на заболеваемость населения в Оренбургской области в рассматриваемый период оказывало состояние атмосферного воздуха и водных ресурсов – наиболее тесная статистически значимая связь экзогенных переменных выявлена с y_1 , y_4 и y_6 (табл. 2).

Таблица 2 – Коэффициенты парной корреляции между эндогенными и экзогенными переменными в Оренбургской области за 2010-2021 гг.

Показатель	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7
z_1	0,57	0,51	0,07	0,44	0,21	0,53	-0,11
z_2	0,73	0,30	-0,20	0,70	0,25	0,74	0,30

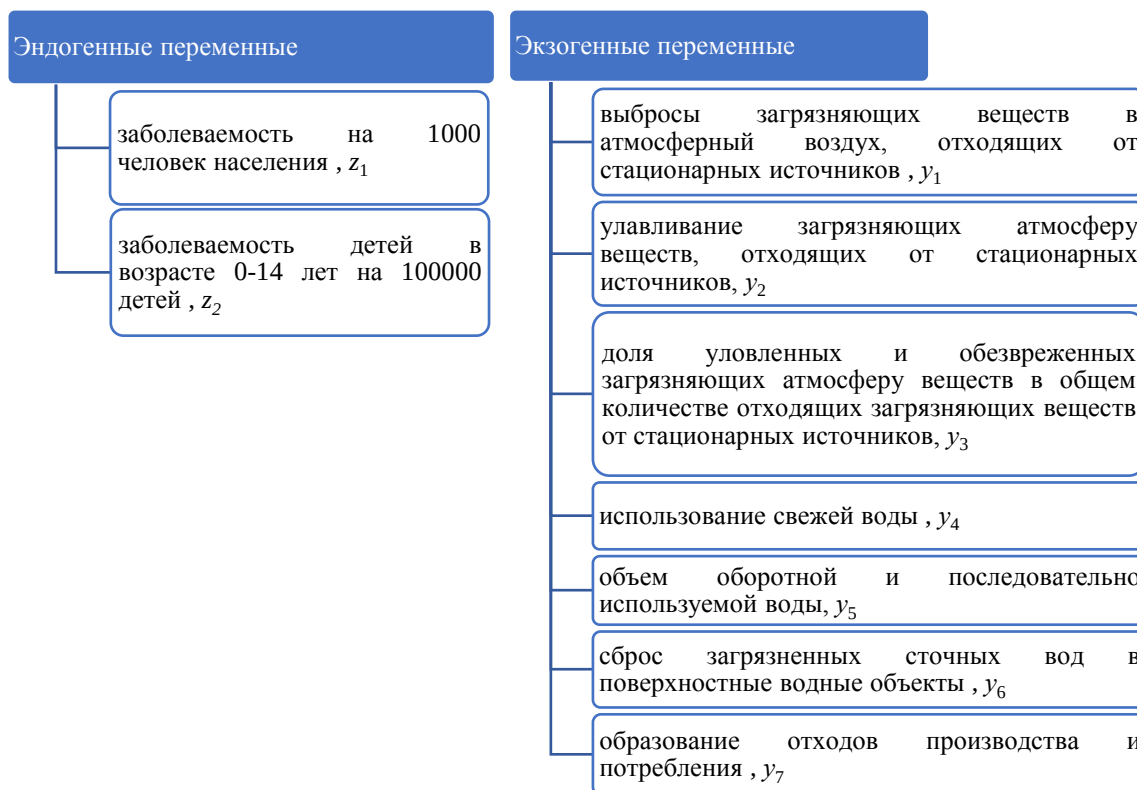


Рисунок 7 – Показатели для канонического анализа по данным, представленным временными рядами

Кроме того, установлена статистически значимая связь экзогенных и эндогенных переменных, представленных на рисунке 8, в муниципальных образованиях Оренбургской области в 2021 году (табл. 3).

Статистики, рассчитанные по результатам канонического анализа, позволяют сделать вывод, что между вариацией заболеваемости населения по основным классам болезней и загрязнением атмосферы и водных ресурсов в муниципальных образованиях региона существует статистически значимая связь (табл. 3).

Таблица 3 – Основные статистики канонического анализа по муниципальным образованиям Оренбургской области в 2021 году

Канонический $R = 0,96$; $\chi^2(128) = 200,59$; $p = 0,00005$		
Показатель	Левое множество, переменные x_1-x_8	Правое множество, переменные s_1-s_{16}
Число переменных	8	16
Извлеченная дисперсия, %	100,0	46,5
Общая избыточность, %	65,7	24,7

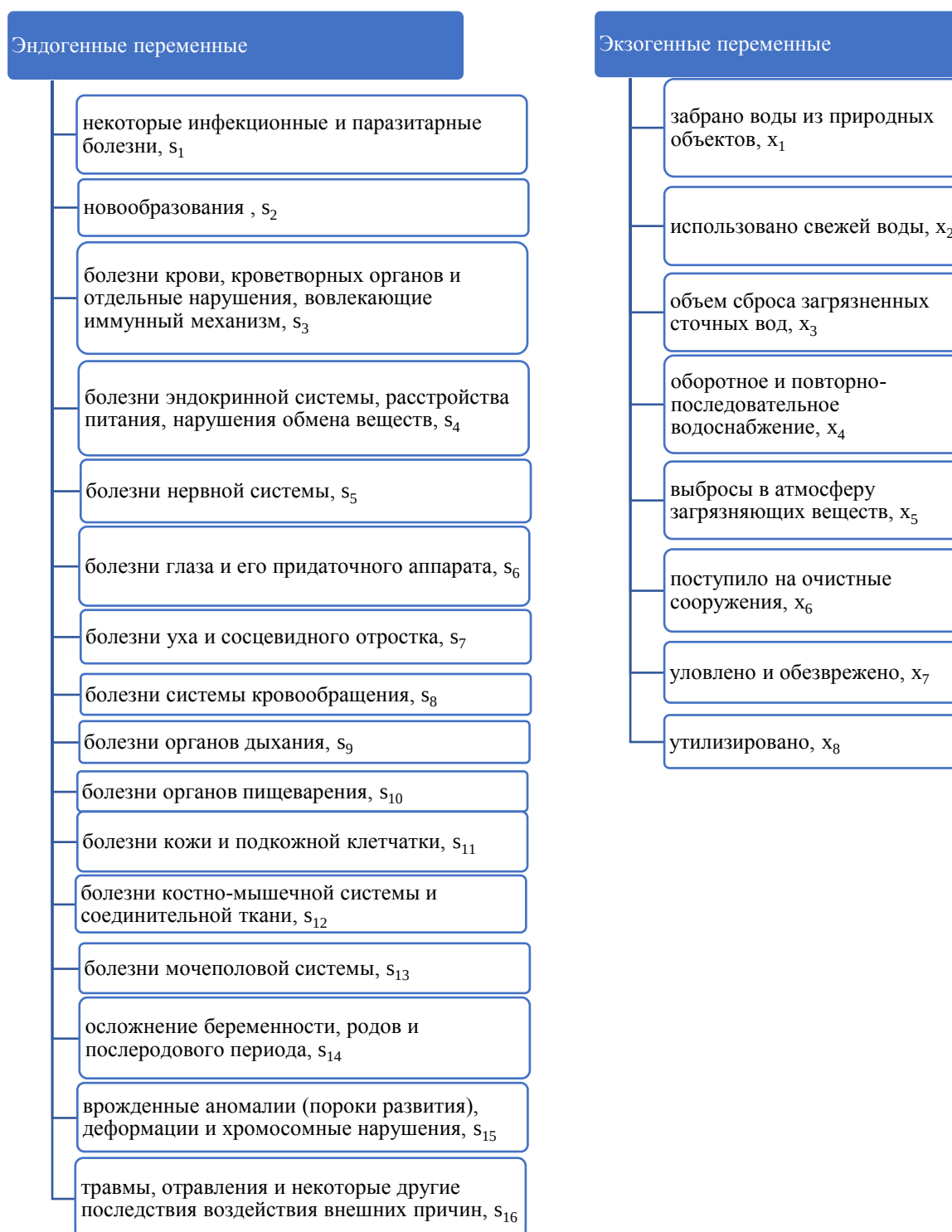


Рисунок 8 – Показатели для канонического анализа по пространственным данным за 2021 г.

По основным показателям использования воды и охраны атмосферного воздуха (x_1 - x_8) за 2021 год нами проведен кластерный анализ муниципальных образований Оренбургской области. На расстоянии объединения $\rho = 300$ выделено 4 кластера (рис. 9).

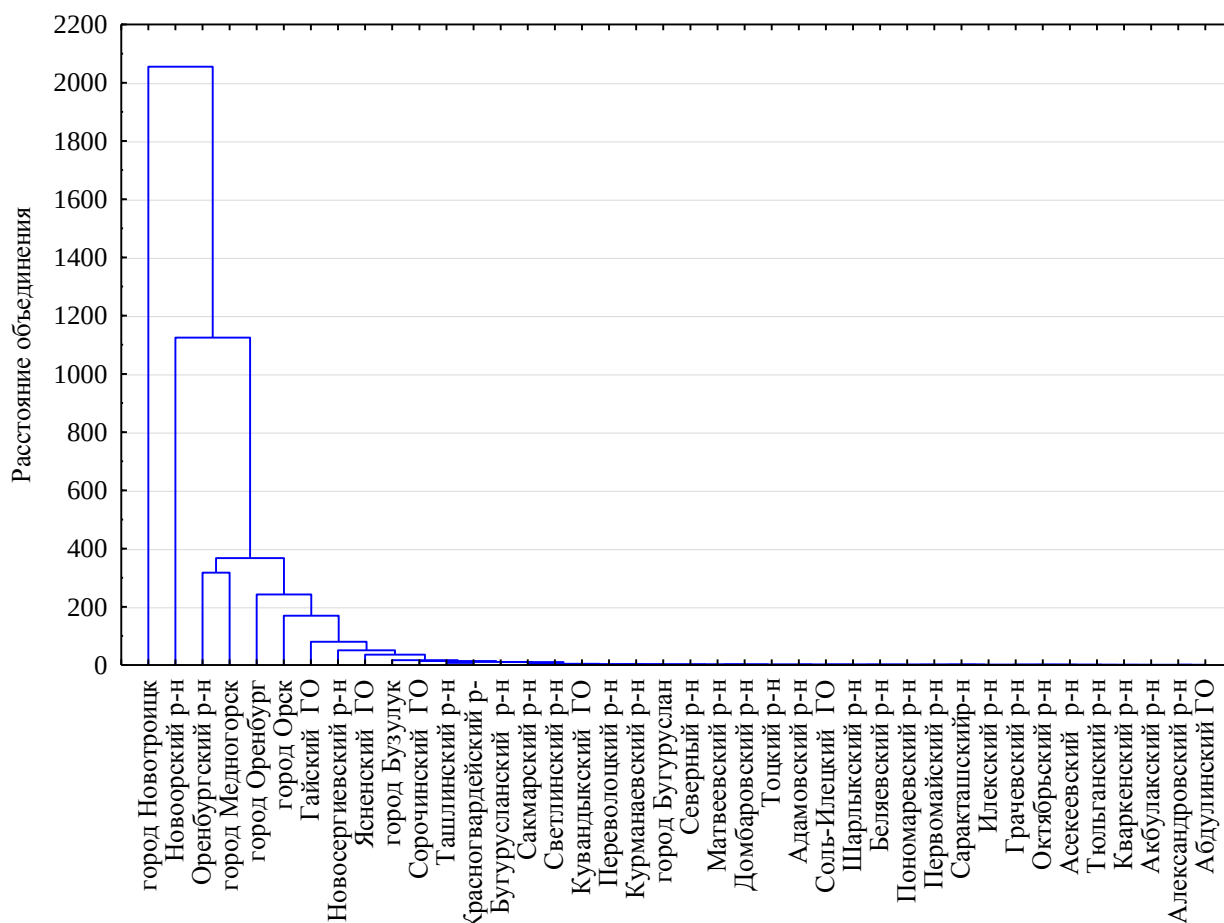


Рисунок 9 – Дендрограмма кластерного анализа муниципальных образований Оренбургской области по основным показателям использования воды и охраны атмосферного воздуха в 2021 году

В первый кластер вошел город Новотроицк, во второй – Новоорский район, в третий – город Медногорск и Оренбургский район, в четвертый кластер – остальные 36 муниципальных образований Оренбургской области.

Как видно на рисунках 10 и 11, показатели охраны атмосферного воздуха (x_5 - x_8), а также оборотного и повторно-последовательного водоснабжения (x_4) в г. Новотроицке значительно превышают значения показателей в других кластерах, это обусловлено тем, что в городе сосредоточены предприятия металлургической отрасли. Для Новоорского района, формирующего второй кластер, характерны высокие значения двух показателей: забрано воды из природных объектов и использовано свежей воды, что обусловлено расположением на территории района Ириклинской ГРЭС. В муниципальных образованиях, образующих третий кластер, анализируемые показатели в 4-140 раз выше значений показателей четвертого кластера (за исключением объема сброса загрязненных сточных вод), что объясняется расположением на территории этих муниципальных образований металлургических, газодобывающих, нефтеперерабатывающих, машиностроительных предприятий [14].

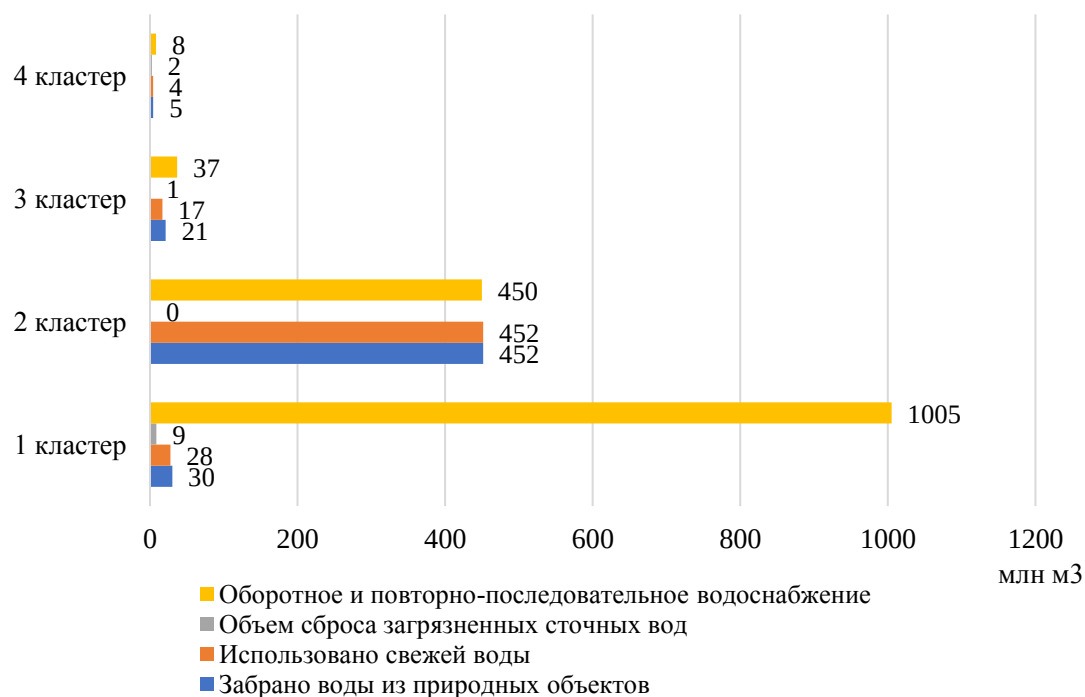


Рисунок 10 – Средние значения основных показателей использования воды в выделенных кластерах в 2021 году

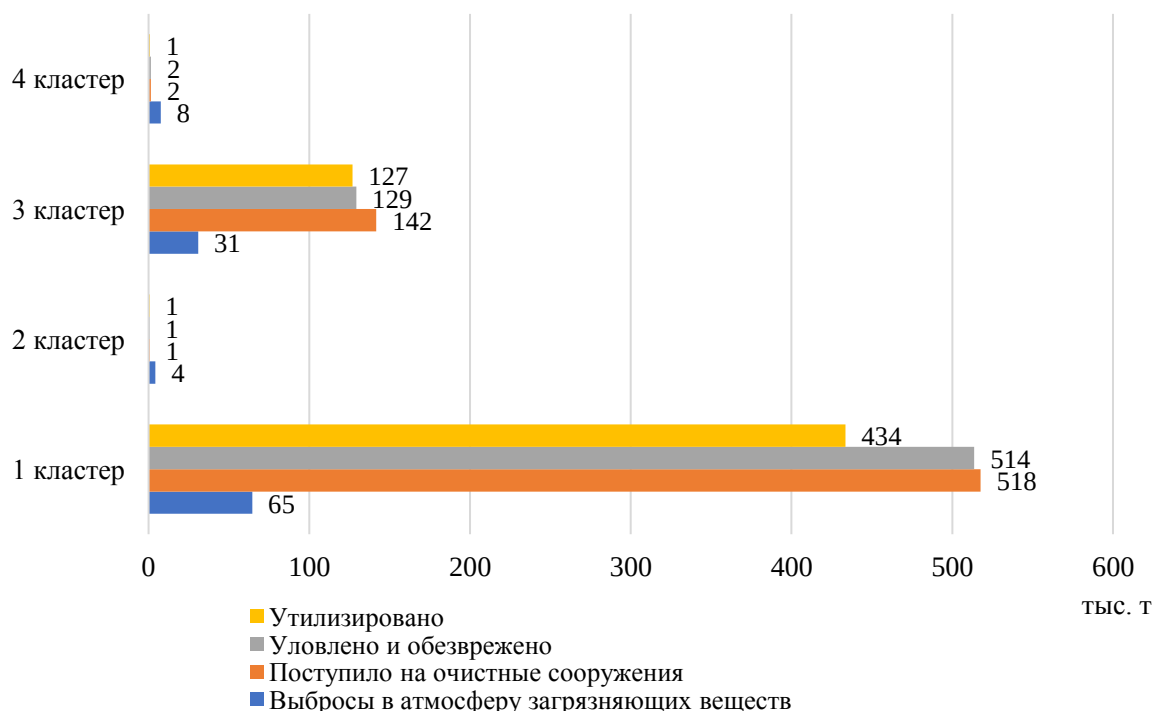


Рисунок 11 – Средние значения основных показателей охраны атмосферного воздуха в выделенных кластерах в 2021 году

На виды экономической деятельности, наносящие наибольший ущерб экологии региона, в анализируемые годы приходилась и наибольшая доля затрат на охрану окружающей среды: по ВЭД «Обрабатывающие производства» – 51 %, «Добыча полезных ископаемых» – 32 %.

В 2021 году более 96 % составляла доля затрат ВЭД «добыча полезных ископаемых» на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод среди прочих ВЭД; доля ВЭД «обрабатывающие производства» в охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата составляла 84 %, в обращение с отходами – 64 %, в сбор и очистку сточных вод – 48 % среди прочих ВЭД.

По показателям затрат на охрану окружающей среды (текущие затраты всего; на сбор и очистку сточных вод; на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата; на обращение с отходами; на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод; на капитальный ремонт основных производственных фондов по охране окружающей среды; оплата услуг природоохранного назначения) нами проведен кластерный анализ муниципальных образований Оренбургской области. На расстоянии объединения $\rho = 4100$, образовано два кластера. В первый кластер вошли промышленные центры: города Орск, Оренбург, Новотроицк, Медногорск; Гайский городской округ и Оренбургский район. Во второй кластер – 21 муниципальное образование¹ (рис. 12).

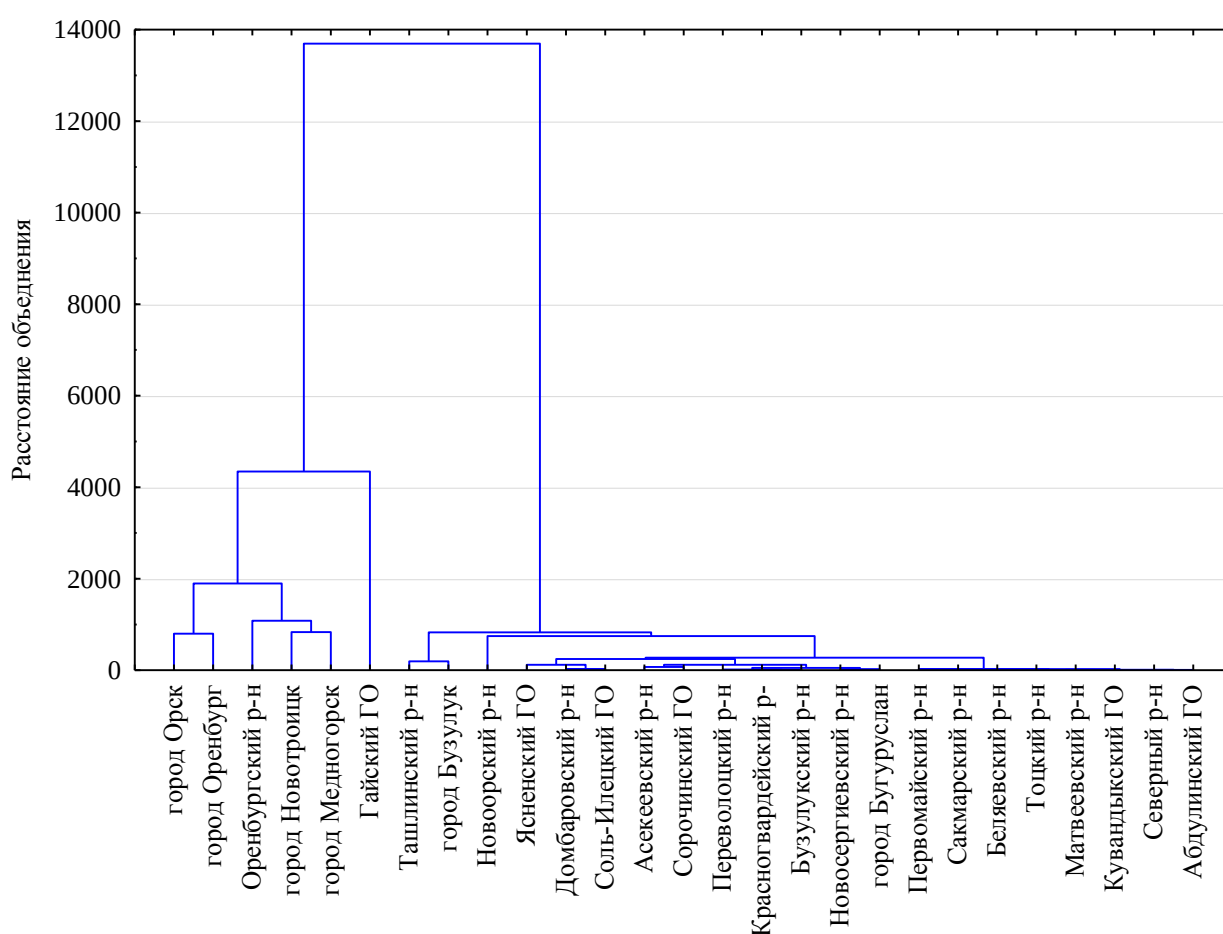


Рисунок 12 – Дендрограмма кластерного анализа муниципальных образований Оренбургской области по основным показателям затрат на охрану окружающей среды в 2021 году

На рисунке 13 видно, что, затраты на охрану окружающей среды в муниципальных образованиях, образующих первый кластер, в 6-72 раза выше показателей второго кластера.

¹ По 13 муниципальным образованиям Оренбургской области данные в официальных статистических изданиях за 2021 год не опубликованы «в целях обеспечения конфиденциальности первичных статистических данных, полученных от организаций, в соответствии с Федеральным законом от 29.11.2007 № 282-ФЗ «Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации» (ст.4 п.5, ст.9 ч.1)».



Рисунок 13 – Средние значения основных показателей затрат на охрану окружающей среды в выделенных кластерах в 2021 году

Вместе с тем, в работах российских ученых приводится оптимальное соотношение затрат на охрану природы к ВРП в размере от 8 до 10 % [17]. Для нашего региона это соотношение в 2010 году составляло 0,95 %, а в 2021 году – 0,48 %.

Выводы

Проведенная комплексная оценка воздействия экономической деятельности на экологическое состояние окружающей среды Оренбургской области позволяет сделать следующие выводы:

- анализ отраслевой структуры валовой добавленной стоимости показал, что Оренбургская область относится к числу регионов с высокой долей в структуре экономики добычи полезных ископаемых и обрабатывающих производств;

- исследование структуры и структурных сдвигов выбросов загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников; использования воды; образования и утилизации отходов производства и потребления в 2010 и 2021 гг. показало, что наиболее негативное воздействие на состояние окружающей среды в регионе имеют виды экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых», «Обрабатывающие производства», «Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений» и «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха»; наибольшую долю среди выбросов загрязняющих атмосферу веществ составляют оксид углерода и диоксид серы, среди загрязняющих веществ в составе сточных вод лидируют нитраты и магний;

- методом канонических корреляций установлена статистически значимая, весьма высокая связь между показателями, характеризующими состояние окружающей среды в 2010-2021 гг. и коэффициентами заболеваемости всего населения, а также заболеваемости детей в возрасте 0-14 лет; при этом наиболее существенное влияние на заболеваемость населения в Оренбургской области в рассматриваемый период оказывало состояние атмосферного воздуха и водных ресурсов. Кроме того, установлена статистически значимая связь между заболеваемостью населения по основным классам болезней и основными показателями

использования воды и охраны атмосферного воздуха в муниципальных образованиях Оренбургской области в 2021 году;

- кластерный анализ муниципальных образований Оренбургской области по основным показателям использования воды и охраны атмосферного воздуха за 2021 показал, что в городах Новотроицке и Медногорске, а также в Новоорском и Оренбургском районах наиболее тревожная экологическая обстановка и наибольшие затраты на охрану окружающей среды наблюдаются в промышленных центрах – городах Орске, Оренбурге, Новотроицке, Медногорске; Гайском городском округе и Оренбургском районе.

- анализ структуры и структурных сдвигов затрат на охрану окружающей среды позволил выявить, что на виды экономической деятельности, наносящих наибольший ущерб экологии региона, приходится и наибольшая доля затрат. Однако, объем затрат недостаточен: в регионе не выполняется экономический оптимум природоохранной деятельности.

Таким образом, в Оренбургской области, несмотря на сложную экологическую обстановку, в анализируемом периоде наблюдается тенденция к снижению ряда показателей загрязнения окружающей среды в промышленных центрах, что обусловлено реализацией на территории области ряда национальных и региональных проектов в рамках мероприятий по достижению национальных целей развития РФ до 2030 года. Вместе с тем невыполнение экономического оптимума природоохранной деятельности требует особого внимания контролирующих органов и региональных властей.

Благодарности

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

Список литературы

1. Министерство природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области, 2022. URL: <https://mpr.orb.ru/activity/1108/> (дата обращения: 03.08.2023).
2. Лис Л.С. Экологическое состояние территории: методология, система оценки природно-экологического потенциала // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Прикладные науки. 2006. № 9. С. 136-144.
3. Тикунов В.С. Экологическое состояние: определение, показатели, картографирование // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27. № 1. С. 165-194. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-165-194.
4. Каманина И.З. Экологическое состояние г. Дубны Московской области // Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». Серия: Естественные и инженерные науки. 2016. № 2(34). С. 17-24.
5. Чуйкова Л.Ю. Экологическое состояние Астраханской области и пути выхода из предкризисного состояния // Астраханский вестник экологического образования. 2008. № 1-2(11-12). С. 5-24.
6. Бадарчи Х.Б., Дабиев Д.Ф. Факторный анализ влияния развития добычи полезных ископаемых на экологическую ситуацию в регионах // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 46(349). С. 13-26.
7. Васенина И.В., Сушко В.А. Влияние промышленной инфраструктуры на экологию региона и качество жизни местного населения // Социология. 2020. № 2. С. 205-214.
8. Голова Е.Е., Гапон М.Н. Влияние экономики на экологическое развитие региона (на примере Омской области) // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 5-1. С. 11-16. DOI: 10.17513/vaael.2168.
9. Голова Е.Е., Баранова И.В. Роль и влияние экономических процессов на экологию России // Фундаментальные исследования. 2022. № 4. С. 12-17. DOI: 10.17513/fr.43231.

10. Родионов В.З., Дрегуло А.М., Кудрявцев А.В. Влияние антропогенной деятельности на экологическое состояние рек Ленинградской области // Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 4(80). С. 96-108. DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.4.96-108.
11. Морковкин Д.Е. Экологические тренды технологической трансформации промышленности России в контексте реализации целей устойчивого развития // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2022. № 7. С. 50-56. DOI: 10.37882/2223-2974.2022.07.14.
12. Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Поташева О.В., Зимин Д.А. Оценка влияния развития экономики на загрязнение воздушной среды // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13. № 2. С. 125-142. DOI: 10.15838/esc.2020.2.68.8.
13. Бараненкова Т.А. Сохранение здоровья населения современной России: экологический аспект // Общество и экономика. 2022. № 7. С. 63-76. DOI: 10.31857/S020736760021097-5.
14. Данилова З.А. Экологическая ситуация и риски для здоровья населения // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3(81). С. 176-179. DOI: 10.23670/IRJ.2019.81.3.037.
15. Макоева Ф.К. Гигиеническая оценка комплексного влияния экологических факторов на состояние здоровья населения // Профилактическая и клиническая медицина. 2022. № 1(82). С. 5-10. DOI: 10.47843/2074-9120_2022_1_5.
16. Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В., Жигулина Е.В. Формирование очагов экологически обусловленной заболеваемости как критерий «отклика» на качество окружающей среды // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 3. С. 70-80. DOI 10.7868/S25000640190308.
17. Лозовская С.А., Степанько Н.Г., Изергина Е.В. Здоровье населения как индикатор экологического состояния ДВ региона России // Фундаментальные исследования. 2014. № 5-6. С. 1334-1338.
18. Медоуз Д.Х., Рандерс Й., Медоуз Д.Л. Пределы роста: 30 лет спустя / пер. с англ. Е.С. Оганесян; под ред. Н.П. Тарасовой. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 358 с.
19. Госдоклад «О состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2022 году» / Министерство природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области. URL: <https://mpr.orb.ru/activity/624/> (дата обращения: 08.08.2023).

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

Поступила в редакцию 03.08.2023

Принята к публикации 12.03.2024

ASSESSMENT OF THE ECONOMIC ACTIVITIES IMPACT ON THE ECOLOGICAL STATE OF THE ORENBURG REGION

T. Lebedeva^{1,2}

¹Orenburg State University, Russia, Orenburg

²Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg
e-mail: tatyana_v_lebedeva@mail.ru

The article presents the results of a comprehensive analysis of the impact of economic activities (FEA) on the state of atmospheric air, water resources, production of waste generation and the consumption in 2010 and 2021 at the regional and municipal levels. It was revealed that the greatest environmental pollution in the Orenburg region is caused by the types of economic activities

"Mining", "Manufacturing activities", "Water supply; water disposal, waste management organization, pollution elimination activities" and "Provision of electric energy, gas and steam; air conditioning". A statistically significant relationship between the indicators of morbidity of the population and the state of the environment in spatial and temporal terms has been proved using the method of canonical correlations. Cluster analysis of municipalities of the Orenburg region in terms of water use and atmospheric air protection in 2021 have allowed us to identify 4 clusters due to the location of types of economic activity in the region. An analysis of the costs of environmental protection by type of economic activity in the Orenburg region, as well as in the context of municipalities showed that the costs are ten times higher in the industrial centers of the region and by types of economic activities which cause significant damage to the environment. At the same time, the economic optimum of environmental protection activities in the Orenburg region has not been achieved: the ratio of current (operational) costs for environmental protection measures to GRP in 2010 was 0.95%, and in 2021 0.48% (with optimal 8-10%).

Key words: ecological state of the region, types of economic activity, environmental protection costs, economic optimum of environmental protection activities, cluster analysis, canonical correlation method.

References

1. Ministerstvo prirodnnykh resursov, ekologii i imushchestvennykh otnoshenii Orenburgskoi oblasti, 2022. URL: <https://mpr.orb.ru/activity/1108/> (data obrashcheniya: 03.08.2023).
2. Lis L.S. Ekologicheskoe sostoyanie territorii: metodologiya, sistema otsenki prirodno-ekologicheskogo potentsiala. Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya B: Prikladnye nauki. 2006. N 9. S. 136-144.
3. Tikunov V.S. Ekologicheskoe sostoyanie: opredelenie, pokazateli, kartografirovaniye. InterKarto. InterGIS. 2021. T. 27. N 1. S. 165-194. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-165-194.
4. Kamanina, I.Z. Ekologicheskoe sostoyanie g. Dubny Moskovskoi oblasti. Vestnik Mezhdunarodnogo universiteta prirody, obshchestva i cheloveka "Dubna". Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki. 2016. N 2(34). S. 17-24.
5. Chuikova, L.Yu. Ekologicheskoe sostoyanie Astrakhanskoi oblasti i puti vykhoda iz predkrizisnogo sostoyaniya. Astrakhanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. 2008. N 1-2(11-12). S. 5-24.
6. Badarchi Kh.B., Dabiev D.F. Faktorny analiz vliyaniya razvitiya dobychi poleznykh iskopaemykh na ekologicheskuyu situatsiyu v regionakh. Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika. 2013. N 46(349). S. 13-26.
7. Vasenina I.V., Sushko V.A. Vliyanie promyshlennoi infrastruktury na ekologiyu regiona i kachestvo zhizni mestnogo naseleniya. Sotsiologiya. 2020. N 2. S. 205-214.
8. Golova E.E., Gapon M.N. Vliyanie ekonomiki na ekologicheskoe razvitie regiona (na primere Omskoi oblasti). Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava. 2022. N 5-1. S. 11-16. DOI: 10.17513/vaael.2168.
9. Golova E.E., Baranova I.V. Rol' i vliyanie ekonomicheskikh protsessov na ekologiyu Rossii. Fundamental'nye issledovaniya. 2022. N 4. S. 12-17. DOI: 10.17513/fr.43231.
10. Rodionov V.Z., Dregulo A.M., Kudryavtsev A.V. Vliyanie antropogennoi deyatel'nosti na ekologicheskoe sostoyanie rek Leningradskoi oblasti. Voda i ekologiya: problemy i resheniya. 2019. N 4(80). S. 96-108. DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.4.96-108.
11. Morkovkin D.E. Ekologicheskie trendy tekhnologicheskoi transformatsii promyshlennosti Rossii v kontekste realizatsii tselei ustoichivogo razvitiya. Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo. 2022. N 7. S. 50-56. DOI: 10.37882/2223-2974.2022.07.14.
12. Druzhinin P.V., Shkiperova G.T., Potasheva O.V., Zimin D.A. Otsenka vliyaniya razvitiya ekonomiki na zagryaznenie vozduшной sredy. Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz. 2020. T. 13. N 2. S. 125-142. DOI: 10.15838/esc.2020.2.68.8.

13. Baranenkova T.A. Sokhranenie zdorov'ya naseleniya sovremennoi Rossii: ekologicheskii aspekt. Obshchestvo i ekonomika. 2022. N 7. S. 63-76. DOI: 10.31857/S020736760021097-5.
14. Danilova Z.A. Ekologicheskaya situatsiya i riski dlya zdorov'ya naseleniya. Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2019. N 3(81). S. 176-179. DOI: 10.23670/IRJ.2019.81.3.037.
15. Makoeva F.K. Gigienicheskaya otsenka kompleksnogo vliyaniya ekologicheskikh faktorov na sostoyanie zdorov'ya naseleniya. Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina. 2022. N 1(82). S. 5-10. DOI: 10.47843/2074-9120_2022_1_5.
16. Eprintsev S.A., Klepikov O.V., Shekoyan S.V., Zhigulina E.V. Formirovanie ochagov ekologicheskoi obuslovlennoi zaboлеваемости kak kriterii «otklika» na kachestvo okruzhayushchei sredy. Nauka Yuga Rossii. 2019. T. 15. N 3. S. 70-80. DOI: 10.7868/S25000640190308.
17. Lozovskaya S.A., Stepan'ko N.G., Izergina E.V. Zdorov'e naseleniya kak indikator ekologicheskogo sostoyaniya DV regiona Rossii. Fundamental'nye issledovaniya. 2014. N 5-6. S. 1334-1338.
18. Medouz D.Kh., Randers I., Medouz D.L. Predely rosta: 30 let spustya. Per. s angl. E.S. Oganessian; pod red. N.P. Tarasovoi. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2012. 358 s.
19. Gosdoklad "O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Orenburgskoi oblasti v 2022 godu". Ministerstvo prirodnkh resursov, ekologii i imushchestvennykh otnoshenii Orenburgskoi oblasti, 2022. URL: <https://mpr.orb.ru/activity/624/> (data obrashcheniya: 08.08.2023).

Сведения об авторе:

Лебедева Татьяна Викторовна

К.э.н., доцент, доцент кафедры статистики и эконометрики, Оренбургский государственный университет; научный сотрудник отдела социально-экономической географии, Институт степи УрО РАН

ORCID ID: 0000-0001-9295-5784

Lebedeva Tatyana

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Statistics and Econometrics, Orenburg State University; Researcher of the Department of Socio-Economic Geography, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Лебедева Т.В. Оценка влияния видов экономической деятельности на экологическое состояние Оренбургской области // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 32-47. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-32-47

**МАКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСОБЕЙ *QUERCUS ROBUR* L. В
АЛЕКСАНДРОВСКОМ РАЙОНЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ****М.Н. Стаменов^{1,2}**¹Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина, Россия,
Нижний Новгород²Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт экологии Волжского
бассейна РАН, Россия, Тольятти
e-mail: mslv-eiksb@inbox.ru

Представляется важным исследовать биоэкологию лесообразующих видов в краевых частях ареала. В рамках исследований биоморфологии и популяционной биологии древесных растений выявлено и описано местообитание популяции *Quercus robur* в Александровском районе Оренбургской области. Обнаружено 17 особей в осиново-березовых и березово-осиновых колках на склоне холма, в том числе 1 имматурная, 11 виргинильных и 5 молодых генеративных особей. У исследуемых особей проанализированы фитоценотическое окружение, морфометрические и архитектурные параметры. Особи обладают хорошими ростовыми характеристиками. По основным особенностям организации побеговых систем исследованные особи принципиально не отличаются от особей *Q. robur*, произрастающих в более мягких климатических и почвенно-гидрологических условиях. В исследуемой ценопопуляции следует ожидать дальнейшее успешное прохождение онтогенеза особями *Q. robur*. С учетом геоморфологических и геоботанических характеристик тех колков, в которых особи *Q. robur* успешно прижились, мы предполагаем, что новыми потенциальными местообитаниями *Q. robur* могут выступать колки в балках с сомкнутыми осиновыми парцеллами, зарослями кустарников (в частности, *Frangula alnus*), устойчивым возобновлением *Populus tremula*, парцеллами неморальных видов травянистых растений (особенно *Aegopodium podagraria*) и наличием осинового валежа.

Ключевые слова: *Quercus robur* L., крона, биоморфология, Оренбургская область, Александровский район, Общий Сырт.

Введение

Одним из наиболее долгоживущих и обладающих высокой хозяйственной ценностью лесообразующих видов Европейской части России является дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) [1]. С точки зрения популяционной биологии растений и циклично-мозаичной концепции организации экосистем [2] данный вид относится к эдификаторам, или средообразователям юга лесной зоны и лесостепной зоны Восточной Европы. Большая фитоценотическая роль *Q. robur* обусловлена прежде всего длительностью его онтогенеза и размерами фитогенного поля. Помимо лесной зоны *Q. robur* играет важнейшую роль в организации лесных фитоценозов в зонах лесостепи и степи [3, 4]. Очевидно, что наиболее полно средообразующие качества вида выражены в условиях его экологического оптимума. В связи с этим представляется важным исследовать биоэкологию *Q. robur* в тех частях его ареала, которые удалены от зоны оптимума, и особенно на его восточной и юго-восточной окраине. В то же время именно в восточной части ареала вида – в Поволжье и Заволжье – большой масштаб получили массовое усыхание генеративных особей *Q. robur* и общее сокращение площадей, занятых дубравами [5, 6]. Эти процессы вызваны комплексом факторов природного и антропогенного характера. Из-за деградации восточноевропейских дубрав выдвигались предложения внести *Q. robur* в региональные Красные книги, в частности в Самарской области [7].

В Оренбургской области проходит восточная граница ареала *Q. robur* [8, 9]. Лесистость Оренбуржья составляет всего 4% [10]. На обширных пространствах Общего Сырта леса представлены редкими и небольшими по площади мелколиственными и дубовыми колками [9]. По этой причине необходимо провести инвентаризацию и всесторонне исследовать островки дубрав и лесных сообществ с участием *Q. robur* в малолесных районах на восточной окраине его ареала.

В данной статье мы приводим данные по характеристикам местообитаний, морфометрическим и макроморфологическим особенностям молодых особей *Q. robur* на Общем Сырте, в мелколиственных колках Александровского района Оренбургской области.

Материалы и методы

Исследование проводили в Александровском районе Оренбургской области в октябре 2023 г. Территория исследования расположена на Общем Сырте (до 305 м н.у.м.). Рельеф умеренно выраженный холмисто-увалистый. Климат континентальный со средними температурами июля 21,1°C и января –14,5°C. Годовое количество осадков – 397 мм, гидротермический коэффициент – 0,7. Сумма температур выше 10°C составляет около 2600°C [11]. Район исследования располагается в бассейне реки Малый Уран. Почвы – черноземы обыкновенные [9]. Естественная растительность в основном представлена разнотравно-типчачово-ковыльными степями, в разной степени трансформированными выпасом. Лесистость Александровского района составляет около 0,5 % [9]. С точки зрения почвенно-географического районирования территория исследований относится к Самарско-Верхнетокско-Сакмарскому району Заволжско-Общесыртовской северно-степной возвышенной провинции [11]. В рамках экологического районирования территория относится к Заволжско-Предуральскому степному экорайону [9].

Исследуемая ценопопуляция *Q. robur* находится в юго-западной части Александровского района (рис. 1), на расстоянии около 5 км юго-западнее д. Шар, 12 км северо-западнее с. Ждановка и 22,5 км юго-западнее с. Александровка.



Рисунок 1 – Район исследования на территории Оренбургской области

Примечание: 1-6 – исследуемые колки.

Совокупность особей *Q. robur* в разных колках рассматривается как одна ценопопуляция. Данная ценопопуляция *Q. robur* приурочена к группе из шести колков. Особи *Q. robur* произрастают только в колках 2, 3 и 5.

С целью оценки условий мест обитаний *Q. robur*, в том числе и потенциальных, не заселенных особями этого вида, нами рассмотрены фитоценоотические и геоморфологические особенности шести колков. Латинские названия растений приведены по С.К. Черепанову [12]. Подлесок (кустарники и деревья второй-третьей величины) и подрост деревьев первой

величины отнесены к ярусу подлеска. Колки расположены в привершинной части склона восточной экспозиции крутизной 9°-13° (рис. 1). Абсолютные высоты составляют 245-305 м н.у.м. Временные и постоянные водотоки отсутствуют. Длина колков составляет 100-580 м, ширина – 25-150 м. Колки представляют собой слабо врезанные неглубокие балки (рис. 2А) и разделены участками трансформированной выпасом степи, местами выкашиваемой. Колки пронумерованы в направлении с юга на север. Координаты приведены для условного центра колка:

- 1 – N52.479785°, E54.314911°;
- 2 – N52.483678°, E54.307723°;
- 3 – N52.490005°, E54.309118°;
- 4 – N52.493358°, E54.309268°;
- 5 – N52.496580°, E54.303732°;
- 6 – N52.495349°, E54.308346°.

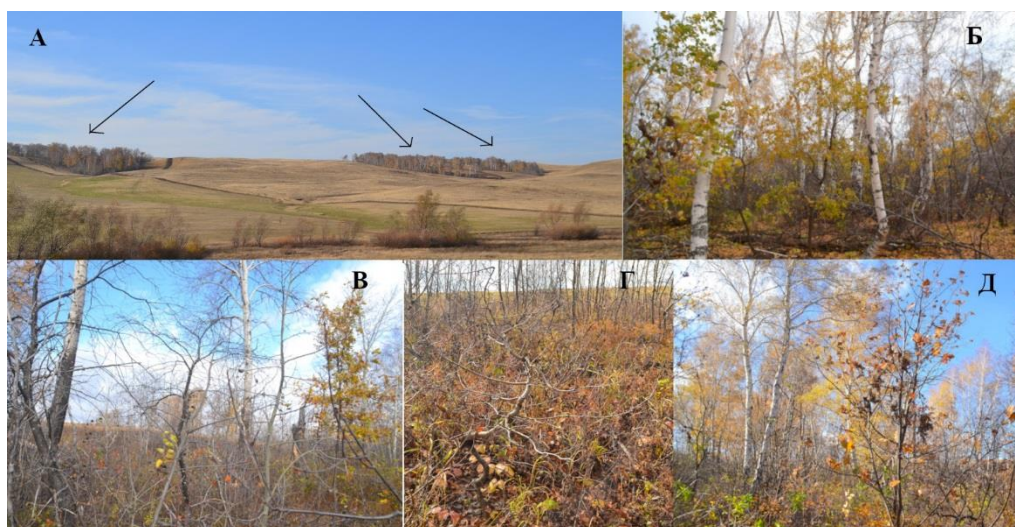


Рисунок 2 – Колки с исследуемой ценопопуляцией *Q. robur*

Примечание: А – общий вид колков (стрелками показано положение колков на склоне), Б, В и Д – внешний вид ярусов древостоя и подлеска в колках 2, 3 и 5 соответственно, Г – кривоствольный подрост *Populus tremula* в колке 6.

Колок 1 является наиболее простым по видовой и пространственной структуре. Балка, по склонам и тальвегу которой он произрастает, выражена в рельефе слабее остальных балок. Колок образован разреженным березняком злаковым (сомкнутость 0,3-0,6) с единичными молодыми прямоствольными особями *Populus tremula* L. и взрослым кривоствольным деревом *Padus avium* Mill. Ярус подлеска практически не выражен.

Колок 2 образован молодым осинником по краям балки и осиново-березовым лесом по склонам и тальвегу балки (рис. 2Б). Осинник вдоль южного края балки более сомкнутый, особи имеют прямые стволы. Вдоль северного края балки осинник более разреженный и включает много кривоствольных деревьев. Взрослый осиново-березовый лес занимает большую часть колка. Местами встречаются чистые осинники. Сомкнутость древостоя – 0,6-0,8, много средних и крупных окон. В ярусе подлеска, достигая его верхней границы, местами образует плотные заросли *Padus avium*. Также в ярусе подлеска часто встречаются *Salix caprea* L., *Frangula alnus* Mill., *Cerasus fruticosa* Pal., *Rubus caesius* L., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klásk., как прямо-, так и кривоствольный подрост *Populus tremula*, sporadически – *Lonicera tatarica* L. и *Rosa* sp., рассеянно – *Sorbus aucuparia* L., редко – *Q. robur*, *Crataegus* sp., *Sambucus racemosa* L. и *Viburnum opulus* L. В травяно-кустарничковом ярусе представлены злаково-разнотравные, снытевые и костяничные парцеллы, местами образующие сплошной покров, отмечены отдельные локусы *Chelidonium majus* L. и *Urtica dioica* L.

Колок 3 образован березово-осиновым лесом, местами с чистыми березняками. Сомкнутость древостоя – 0,3-0,6, окон значительно больше, чем в колке 2 (рис. 2В). Прямоствольный подрост *Populus tremula* в сочетании с *Frangula alnus* образует сплошные заросли, особенно в окнах и местами по краям колка. В ярусе подлеска также часто встречаются *Lonicera tatarica* и *Cerasus fruticosa*, спорадически – *Salix caprea*, *Sorbus aucuparia* и *Chamaecytisus ruthenicus*, рассеянно – *Padus avium*, редко – *Q. robur*, *Crataegus* sp., *Rhamnus cathartica* L., *Rubus caesius*. В травяно-кустарничковом ярусе представлены злаково-разнотравные и снытевые парцеллы.

Колок 4 образован березово-осиновым лесом. Выше по склону преобладают осиновые парцеллы, а в нижней части колка – березовые с примесью *Populus tremula*. В нижней части колка окружен краевой зоной из зарослей *Chamaecytisus ruthenicus*, *Frangula alnus*, *Lonicera tatarica*. Также в краевой зоне спорадически встречаются кривоствольные особи *Sorbus aucuparia*, прямо- и кривоствольные особи подроста *Populus tremula*, редко – *Rosa* sp. Сомкнутость древостоя в тальвеге балки составляет 0,2-0,6. Колок становится более разреженным в направлении вниз по склону. В ярусе подлеска часто встречаются прямо- и кривоствольные особи *Sorbus aucuparia* и *Populus tremula*, *Frangula alnus*, *Cerasus fruticosa*, спорадически – *Lonicera tatarica*, *Padus avium*, *Salix caprea*, рассеянно – *Rhamnus cathartica* и *Euonymus verrucosus* Scop. В травяно-кустарничковом ярусе представлены злаково-разнотравные парцеллы и разреженные снытевые парцеллы, редко – локусы с *Convallaria majalis* L.

Колок 5 образован осиново-березовым лесом с сомкнутостью древостоя 0,3-0,7 и большим числом средних и крупных окон (рис. 2Д). Местами края балки (особенно в нижней части балки) окружены зарослями из преимущественно прямоствольного осинового подроста. Внутри балки в ярусе подлеска наиболее обилен кривоствольный подрост *Populus tremula*, особи с прямыми стволами встречаются реже и чаще в окнах. Широко распространены заросли *Rubus caesius* (особенно в окнах). Также часто встречаются *Sorbus aucuparia* (в том числе кривоствольные особи), *Cerasus fruticosa*, спорадически – *Q. robur*, *Lonicera tatarica* и *Frangula alnus*, редко – *Malus sylvestris* L., *Padus avium*, *Viburnum opulus* и низкий кривоствольный подрост *Tilia cordata* Mill. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают злаково-разнотравные парцеллы, редко встречаются разреженные снытевые парцеллы.

Колок 6 образован молодым прямоствольным осинником, частично окаймляющим балку по краям, и березово-осиновым лесом, местами с чистыми березняками, по тальвегу балки. Сомкнутость древостоя – 0,3-0,7, окна приурочены в основном к осиновым парцеллам по краям балки. В ярусе подлеска внутри балки преобладает низкий кривоствольный подрост *Populus tremula* (рис. 2Г), а по краям балки местами обилен *Chamaecytisus ruthenicus*. Внутри балки в ярусе подлеска часто встречаются *Frangula alnus* и *Cerasus fruticosa*, редко – низкий кривоствольный подрост *Tilia cordata*, а также *Salix caprea*. В целом в колке 6 ярус подлеска наиболее разреженный (не считая колок 1). В травяно-кустарничковом ярусе преобладают злаково-разнотравные парцеллы, редко встречаются разреженные снытевые и костяничные парцеллы.

Во всех колках большинство особей *Betula pendula* Roth имеют несколько стволов, обычно саблевидно изогнутых у основания. Кроме того, у многоствольных особей *Betula pendula* часто образуются тонкие низкие дополнительные стволы полустланиковой формы. Подрост и невысокие взрослые особи *Salix caprea* имеют и прямые, и сильно искривленные стволы. В каждом колке присутствуют крупные скопления березового и осинового валежа.

Всего выявлено 17 особей *Q. robur*, из них 4 – в колке 2, 1 – в колке 3 и 12 – в колке 5. У особей измеряли высоту, диаметр на высоте груди (у виргинильных и молодых генеративных особей) или почвы (у имматурной особи), радиус кроны по четырем проекциям и календарный возраст. Устанавливали онтогенетическое состояние по применяемой в популяционно-онтогенетических исследованиях деревьев методике [13]. Анализировали конструктивную организацию кроны на уровне осей 1-3 видимых порядков, также применяли концепцию плана организации кроны [14, 15]. Устанавливали отношение значений высоты,

длины и диаметра у систем более низкого иерархического уровня к системам более высокого иерархического уровня. Особенности ветвления описывали для минимальных структурно-функциональных единиц кроны – двулетних побеговых систем (ДПС) [16]. ДПС относили к одному из трех морфофункциональных типов с учетом долговечности и структурной роли образуемых ими осей:

- 1) заполняющие – образуют наименее долговечные оси, выполняющие преимущественно ассимиляционную функцию;
- 2) основные – образуют оси средней продолжительности жизни, совмещающие скелетные и ассимиляционные функции;
- 3) ростовые – образуют наиболее долговечные оси, выполняющие прежде всего скелетную функцию.

С учетом особенностей конструктивной организации и ветвления относили особь к определенному архитектурному типу (АТ) [17, 18].

Результаты и обсуждение

Местообитания особей *Q. robur*. Шесть особей произрастают в окнах при полном верхушечном и боковом освещении. Еще 8 особей попадают в зону затенения кронами деревьев или криволесья в ярусе подлеска. Особи *Q. robur* затеняются деревьями *Betula pendula* (для 4 особей), *Populus tremula* (для 3 особей) и *Padus avium* (для 1 особи). Три особи *Q. robur* произрастают под пологом древостоя: 2 – под *Populus tremula* и 1 – под *Betula pendula*. Большинство особей *Q. robur* произрастает в злаково-разнотравных парцеллах с различным сочетанием таких кустарников, как *Cerasus fruticosa*, *Lonicera tatarica*, *Chamaecytisus ruthenicus*, и подроста *Populus tremula*. Две особи произрастают в более увлажненных парцеллах с преобладанием *Frangula alnus*, *Urtica dioica* и *Aegopodium podagraria*.

Происхождение, возраст и морфометрические характеристики особей. 16 особей имеют семенное происхождение, 1 – порослевое (двуствольная особь). Обнаружены особи имматурного состояния второй подгруппы, виргинильного состояния первой и второй подгрупп и молодого генеративного состояния (табл. 1).

Таблица 1 – Календарный возраст и морфометрические параметры особей *Quercus robur*

Индексы	Число особей	Возраст, лет	Высота общая, м	Диаметр ствола, см	Радиус проекции кроны, м
im2	1	8	1,8	1,5	0,6-0,7
v1	5	9-21	2-4,5	2-4	0,8-1,1
v2	6	16-21	4-7	5-7	0,8-2
g1	5	17-24	5-8	8-10	0,9-2,4

Обозначения. Индексы онтогенетических состояний: im2 – онтогенетическое состояние второй подгруппы, v1 и v2 – виргинильное состояние первой и второй подгрупп соответственно, g1 – молодое генеративное состояние.

Архитектура кроны особей. Исследованные особи *Q. robur* принадлежат к АТ I [17, 18], основными чертами которого являются ортотропный ствол (ось I видимого порядка) и косонаправленные ветви от ствола (оси II видимого порядка) (рис. 3). Ствол и большая часть ветвей нарастают неустойчиво-моноподиально.

Ствол у особей всех онтогенетических состояний образован годичными побегами длиной 15-30 см, у отдельных виргинильных особей в состав ствола также входят побеги длиной 40-50 см. У 14 особей ствол перевершинивается, у 13 особей в составе ствола формируются элементы полиархического плана организации (подобные дихазиям или плейохазиям структуры). При этом ни у одной особи ствол не нарастает строго моноподиально (рис. 3). В среднем ствол перевершинивается 1-3 раза. Подобные дихазиям или трихазиям

структуры образуются на стволе в среднем 1-2 раза (рис. 3Г). Если такая конструкция расположена в средней части ствола, то она имеет вид перевернутой буквы Г (или наклоненной L). В верхней части ствола подобные дихазиям структуры обычно изотомные и имеют вид буквы V.

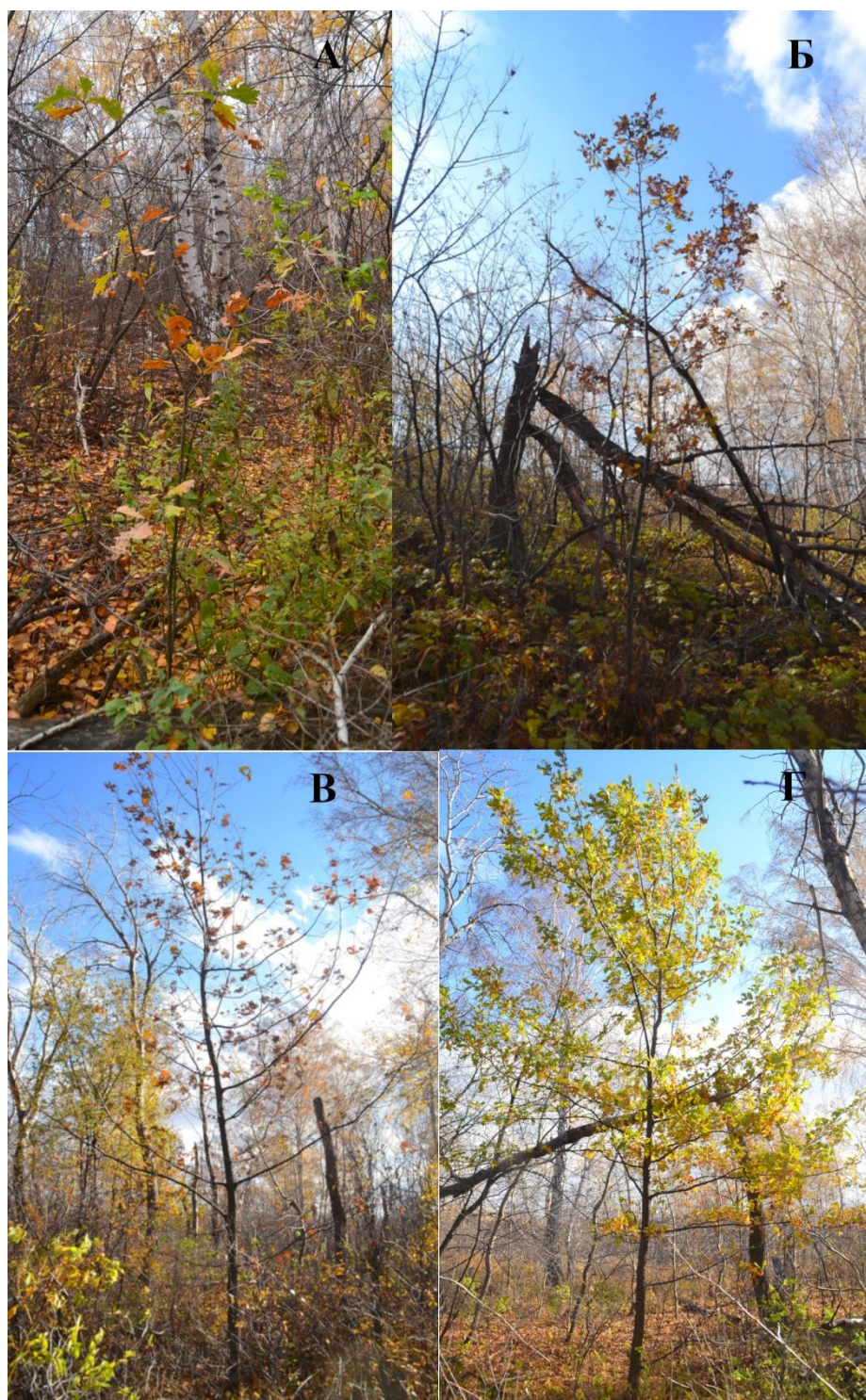


Рисунок 3 – Особи *Quercus robur*

Примечание: А – имматурное состояние второй подгруппы, высота особи 1,8 м; Б – виргинильное состояние первой подгруппы, высота особи 4,5 м; В – виргинильное состояние второй подгруппы, высота особи 7 м; Г – молодое генеративное состояние, высота особи 8 м.

Ранее при исследовании архитектуры побеговых систем у молодых особей *Q. robur* было установлено, что в кроне отчетливо выделяются 2-3 высотные зоны [17]. В каждой зоне

ветви от ствола имеют определенную ориентацию в пространстве. Кроме того, ветви в самой нижней части ствола, образовавшиеся в первые этапы жизни особи, существенно отличаются от более поздних ветвей по комплексу характеристик. У исследованных нами особей *Q. robur* мы выделили следующие высотные зоны в кроне снизу вверх вдоль ствола:

1) Неветвящаяся/слабоветвящаяся зона. Отмечена у 12 особей. Заполняющие двулетние побеговые системы в составе ствола либо не ветвятся, либо образуют короткоживущие, часто перевершинивающиеся оси диаметром $< 5-10\%$ от диаметра ствола. Ветви в зоне 1 состоят только из заполняющих ДПС, которые редко ветвятся (рис. 3Б-3Г). Такие ветви могут иметь различную конфигурацию. Длина годовичных побегов в составе ветвей обычно не превышает 10 см. Зона 1 охватывает 12-60 % (в среднем около 30%) от общей высоты особи. Отношение ширины кроны в зоне 1 к общей высоте особи составляет 0,19-0,64 (в среднем 0,34). У имматурной особи в кроне выражена только зона 1 (рис. 3А).

2) Зона с плагиотропными ветвями. Отмечена у 7 особей. Из основных, реже из ростовых ДПС ствола, развиваются 1-2 ветви, которые длительно растут плагиотропно. Отношение диаметра ветви к диаметру ствола составляет 0,22-0,36. Длина плагиотропного отрезка ветви составляет до 80-90 % от всей длины ветви. В дистальной части ветвь выпрямляется. У одной особи ряд плагиотропных ветвей, напротив, в дистальной части переходит к росту в направлении почвы. В составе ветвей образуется несколько подобных дихазиям структур. Плагиотропные ветви состоят из основных и заполняющих ДПС, содержащих 1-3 боковых побега. Длина осевых годовичных побегов в составе плагиотропных ветвей составляет 15-30 см. Зона 2 охватывает 10-34% (в среднем около 20 %) от общей высоты особи. Отношение ширины кроны в зоне 2 к общей высоте особи составляет 0,36-0,66 (в среднем 0,46).

3) Зона с косонаправленными ветвями. Отмечена у 16 особей, в т.ч. у всех виргинильных и молодых генеративных особей (рис. 3Б-3Г). В данной зоне ветви от ствола образованы преимущественно ростовыми ДПС. Каждая ДПС ствола несет 1-4 крупные ветви, в том числе собранные в ложные мутовки. В одной ложной мутовке или в верхней части материнского побега могут располагаться разные по развитию ветви, диаметр которых составляет от 25-35 % до 40-70 % от диаметра ствола. Ветви отходят от ствола под острым углом. В пределах данной зоны угол отхождения ветвей от ствола в направлении снизу вверх уменьшается от 40° - 60° до 10° - 30° . Ветвь может иметь как прямой (рис. 3Б), так и выгнутый наружу контур в виде дуги, арки или свода (рис. 3В). Базальная часть ветви может расти плагиотропно. Как правило, у каждой особи несколько ветвей формируют подобные дихазиям структуры. Косонаправленные ветви образованы всеми тремя типами ДПС. Ростовые ДПС с одним сильным боковым побегом отмечены только у двух особей. У большинства особей косонаправленные ветви состоят из основных и заполняющих ДПС. В их составе образуется от 2 до 11 боковых побегов. Длина осевых годовичных побегов в составе косонаправленных ветвей составляет 15-40 см. Зона 3 охватывает 35-90 % (в среднем около 66 %) от общей высоты особи. Отношение ширины кроны в зоне 3 к общей высоте особи составляет 0,32-0,68 (в среднем 0,52).

Краткий обзор основных особенностей конструктивной организации кроны и набора двулетних побеговых систем у исследованных особей *Q. robur* показывает, что даже на восточной окраине ареала, в достаточно жестких лесорастительных условиях, конструкция побегового тела у молодых особей практически полностью идентична тем вариантам, которые были исследованы нами в более мягких климатических и почвенно-гидрологических условиях [17, 18]. В частности, при исследовании архитектуры кроны у молодых особей *Q. robur* на севере Воронежской и Волгоградской областей были выделены так называемые «Типовые формы» (ТФ) для каждого АТ. Исследуемые особи *Q. robur* обладают всеми основными признаками ТФ: неустойчиво-моноподиальным нарастанием скелетных осей, длинными годовичными побегами в составе осей I-II видимых порядков, вертикальным зонированием кроны по направлению роста ветвей от ствола, регулярным ветвлением ствола, разнообразием вариантов ДПС. С другой стороны, в исследуемых колках Общего Сырта у виргинильных и

молодых генеративных особей *Q. robur* не обнаружены такие девиации от «нормы» реализации видоспецифичной архитектуры, как на юге Приволжской возвышенности в Волгоградской области [18], наподобие существенного изменения пространственных отношений между стволом и ветвями, отклонения ствола от ортотропного роста, массового пробуждения спящих почек и т.п. В популяционно-онтогенетических исследованиях особи древесных растений, обладающие сходным комплексом морфометрических и морфологических признаков, принято относить к категории особей нормальной жизненности [13]. Такие особи обладают наилучшими перспективами выхода в верхние ярусы сообществ. Следовательно, по совокупности количественных и качественных признаков исследуемых особей *Q. robur* можно прогнозировать успешное прохождение ими последующих стадий онтогенеза и выход за пределы яруса подлеска.

Рассматриваемые нами колки, особенно 2-5, в целом достаточно сходны по набору видов в ярусах древостоя и подлеска, а также в травяно-кустарничковом ярусе. Между собой колки различаются в основном по преобладающим видам в подлеске и травяно-кустарничковом ярусе, а также по выраженности оконной мозаики. Обращает на себя внимание, что подрост *Q. robur* отсутствует в тех колках, в которых слабо развит ярус подлеска (1 и 6) или же низкой сомкнутостью отличаются и древостой, и подлесок (1). В остальных колках, независимо от размеров окон, сомкнутости и видового состава зарослей кустарников в подлеске, присутствует подрост *Q. robur*, обладающий хорошими ростовыми характеристиками. Исключение составляет колка 4, в котором подрост *Q. robur* не обнаружен. С учетом геоморфологических и геоботанических особенностей тех трех колков, в которых особи *Q. robur* смогли прижиться и достичь виргинильного и молодого генеративного онтогенетических состояний, можно вывести необходимые для заселения и успешного развития особей *Q. robur* характеристики местообитаний на Общем Сырте:

- 1) выраженность балки в рельефе;
- 2) наличие парцелл с сомкнутым древостоем (сомкнутость от 0,6 и выше);
- 3) участие в составе древостоя *Populus tremula*;
- 4) наличие зарослей кустарников и подроста деревьев, в частности, *Frangula alnus* и *Populus tremula*, а также хотя бы единичных особей *Padus avium*;
- 5) наличие парцелл *Aegopodium podagraria* в травяно-кустарничковом ярусе.

С учетом перечисленных особенностей, можно ожидать заселение особями *Q. robur* колка 4.

Во многих физико-географических провинциях лесостепной и степной природных зон исследователи отмечают крайне неудовлетворительное семенное возобновление *Q. robur* в дубравах, а также заостряют внимание на том, что онтогенетические спектры его ценопопуляций носят ярко выраженный правосторонний характер [19-22]. Это связывают как с высоким светолубием вида, не позволяющим ему успешно проходить онтогенез под пологом материнского древостоя, так и с антропогенным прессом. При этом зафиксированы и факты вполне успешного семенного возобновления *Q. robur* по опушкам древостоев, вне полога леса [22, 23]. Наши наблюдения установили успешное возобновление *Q. robur* под пологом мелколиственного древостоя. Этот факт подтверждает представление о том, что в Предуралье осиновые леса в водосборных понижениях могут подготавливать условия для дальнейшего формирования дубрав [24].

В исследованной ценопопуляции *Q. robur* даже перешедшие в генеративный период онтогенеза особи очень молодые. Представляется очевидным, что необходим мониторинг дальнейшего онтоморфогенеза особей *Q. robur* и состояния фитоценозов колков в целом. Выявленную ценопопуляцию *Q. robur* можно рассматривать как потенциальный резерв для формирования дубово-мелколиственного древостоя. Также в дальнейшем важно обследовать другие мелколиственные колки в пределах Александровского района в поисках возможных новых местонахождений *Q. robur* и сравнить описанное местонахождение с уже известными для Общего Сырта ценопопуляциями *Q. robur* по параметрам популяционной структуры и биоморфологических особенностей вида.

Выводы

В группе из 6 осиново-березовых колков в Александровском районе Оренбургской области изучена ценопопуляция *Q. robur*. Всего обнаружено 17 особей, произрастающих в трех колках. Особи *Q. robur* произрастают в основном в окнах и в разреженном древостое, в парцеллах с различной сомкнутостью кустарников.

Одна особь принадлежит к имматурному онтогенетическому состоянию, 11 – к виргинильному, 5 – к молодому генеративному онтогенетическим состояниям. Все исследованные особи моложе 30 лет.

У всех особей *Q. robur* скелетные оси нарастают преимущественно неустойчиво-моноподиально и имеют хорошие ростовые характеристики.

По основным особенностям конструктивной организации исследованные особи сходны с особями *Q. robur*, произрастающими в более западных районах лесостепной и степной зон Европейской части России. Это свидетельствует о том, что в мелколиственных колках на Общем Сырте может формироваться благоприятное сочетание почвенно-гидрологических и микроклиматических условий, позволяющее особям *Q. robur* наиболее полно реализовывать видоспецифическую архитектуру.

На основании морфометрических и биоморфологических характеристик исследуемых особей *Q. robur* можно прогнозировать дальнейшее успешное прохождение ими онтогенеза с выходом за пределы яруса подлеска. С учетом геоморфологических и геоботанических особенностей тех колков, в которых особи *Q. robur* прижились и успешно проходят онтогенез, мы предполагаем, что в качестве новых потенциальных местообитаний *Q. robur* можно рассматривать осиново-березовые и березово-осиновые колки в балках, в которых представлены парцеллы с сомкнутым древостоем, заросли кустарников (особенно *Frangula alnus*), локусы неморальных видов травянистых растений, особенно *Aegopodium podagraria*, и произрастают хотя бы отдельные деревья *Padus avium*. Из числа исследуемых колков всем перечисленным критериям удовлетворяет колок 4. В колках 1 и 6 приживание новых особей *Q. robur* маловероятно.

Благодарности

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института экологии Волжского бассейна РАН «Структура, динамика и устойчивое развитие экосистем Волжского бассейна» (регистрационный номер 1021060107217-0-1.6.19).

Автор благодарит М.А. Лемешеву за стилистическую работу с текстом рукописи и рецензентам за ценные советы и замечания по переработке рукописи.

Список литературы

1. Новосельцев В.Д., Бугаев В.А. Дубравы. М.: Агропромиздат, 1985. 214 с.
2. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М.: Наука, 2004. Кн. 1. 479 с. Кн. 2. 575 с.
3. Бельгард А.Л. Степное лесоведение. М.: Лесная промышленность, 1971. 336 с.
4. Годунов С.И., Тищенко В.В. Рост и развитие дуба черешчатого в урочищах низшего таксономического ранга агроландшафтов Каменной Степи // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2005. № 2. С. 130-133.
5. Конашова С.И. Состояние и рост дубрав в Восточно-Европейской части России // Лесной вестник. 2007. № 6. С. 43-46.
6. Пуряев А. С., Зарипов И.Н., Петров В.А. Дубравы Среднего Поволжья: состояние, воспроизводство и сохранение [Электронный ресурс] // Лесохозяйственная информация: электронный сетевой журнал. 2019. № 3. С. 190-198. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.16.
7. Матвеев В.И., Матвеева Т.Б., Соловьева В.В. *Quercus robur* L. как вид, рекомендуемый для внесения в Красную книгу Самарской области // Раритеты флоры Волжского бассейна: сб. докл. участников рос. науч. конф. Самара, 2009. С. 125-138.

8. Горчаковский П.Л. Растения восточноевропейских широколиственных лесов на восточном пределе их ареала // Труды института экологии растений и животных Уральского филиала АН СССР. Свердловск, 1968. Вып. 59. 207 с.
9. Чибилев А.А., Павлейчик В.М., Чибилев А.А. (мл.). Природное наследие Оренбургской области: особо охраняемые природные территории. Оренбург: УрО РАН, Печатный дом «Димур», 2009. 328 с.
10. Чибилев А.А. Природа Оренбургской области (Часть I. Физико-географический и историко-географический очерк) / Оренбургский филиал Русского географического общества. Оренбург, 1995. 128 с.
11. Климентьев А.И. Почвенно-географическое районирование Оренбургской области // Вопросы степеведения. 2005. № 5. С. 83-95.
12. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Русское издание. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
13. Evstigneev O.I., Korotkov V.N. Ontogenetic stages of trees: an overview // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2016. No. 1 (2). P. 1-31. DOI: 10.21685/2500-0578-2016-2-1.
14. Édelin C. Nouvelles donnees sur l'architecture des arbres sympodiaux: le concept de plan d'organisation // L'arbre biologie et développement: Actes du 2 Colloque international sur l'arbre. Montpellier, 1991. P. 154-168.
15. Костина М.В., Барабанщикова Н.С., Абакарова С.Г. Конструктивная организация *Betula pendula* Roth. // Социально-экологические технологии. 2022. Т. 12. № 3. С. 257-283. DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-3-257-283
16. Антонова И.С., Фатьянова Е.В. О системе уровней строения кроны деревьев умеренной зоны // Ботанический журнал. 2016. Т. 101. № 6. С. 628-649. DOI: 10.1134/S000681361606003X.
17. Стаменов М.Н. Архитектурная единица у молодых особей *Quercus robur* L. в луговых степях и островных лесах южной лесостепи Воронежской области // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 2. С. 186-219. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-2-186-219.
18. Стаменов М.Н. Архитектура кроны у виргинильных и молодых генеративных особей *Quercus robur* L. на юго-восточной границе ареала (на примере Волгоградской области) // Вопросы степеведения. 2023. № 4. С. 90-105. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-4-90-105
19. Ревякин М.А. Популяционная организация дубовых древостоев правобережья Саратовской области // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2003. Вып. 2. С. 40-42.
20. Грищенко К.Г., Болдырев В.А. Типы возрастной структуры ценопопуляций древесных видов-доминантов в лесах Саратовского правобережья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2008. Т. 10. № 2. С. 432-437.
21. Рябцев И.С., Тиходеева М.Ю., Рябцева И.М. Подпологовое возобновление лесообразующих пород в широколиственных лесах разного возраста с господством дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) // Вестник СПбГУ. Сер. 3. Биология. 2009. Вып. 2. С. 11-21.
22. Новикова Н.М., Кузьмина Е.Г., Лазарева В.Г. О реликтовости дубрав в Волго-Ахтубинской пойме // Юг России: экология, развитие. 2010. № 4. С. 81-84.
23. Харченко Н.А. К вопросу о происхождении дубрав в центральной лесостепи // Лесотехнический журнал. 2013. № 3. С. 43-50.
24. Хорошев А.В., Леонова Г.М., Шарова Д.Е. Отношения леса и степи в заповеднике «Шайтан-Тау» (Южный Урал) // Известия РАН. Серия географическая. 2020. Т. 84. № 4. С. 598-610. DOI: 10.31857/S2587556620040081.

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

**MACROMORPHOLOGICAL FEATURES OF INDIVIDUALS OF *QUERCUS ROBUR* L.
IN THE ALEXANDROVSKY DISTRICT OF THE ORENBURG REGION****M. Stamenov^{1,2}**¹Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Russia, Nizhny Novgorod²Samara Federal Research Scientific Center RAS, Institute of Ecology of the Volga River
Basin RAS, Russia, Tolyatti
e-mail: mslv-eiksb@inbox.ru

It is important to study the bioecology of forest-forming species in the marginal parts of the range. In the course of the studies of the biomorphology and population biology of woody plants the habitat of the *Quercus robur* population in the Aleksandrovsky district of the Orenburg region was identified and described. 17 individuals were found in aspen-birch and birch-aspen groves on the hillside, including 1 immature, 11 virginal and 5 young generative individuals. The phytocenotic environment, morphometric and architectural parameters of the studied individuals were analyzed. Individuals have good growth characteristics. In terms of the main features of the organization of shoot systems, the studied individuals are not fundamentally different from *Q. robur* individuals growing in milder climatic and soil-hydrological conditions. In the cenopopulation under the study, further successful development of ontogeny by *Q. robur* individuals should be expected. Taking into account the geomorphological and geobotanical characteristics of those groves in which individuals of *Q. robur* have successfully taken root, we assume that new potential habitats for *Q. robur* can be groves in slow ravines with closed aspen parcels, thickets of shrubs (in particular, *Frangula alnus*), and stable regeneration of *Populustremula*, parcels of nemoral species of herbaceous plants (especially *Aegopodium podagraria*) and with the presence of aspen deadwood.

Key words: *Quercus robur* L., crown, biomorphology, Orenburg region, Aleksandrovsky district, Common Syrt.

References

1. Novosel'tsev V.D., Bugaev V.A. Dubravy. M.: Agropromizdat, 1985. 214 s.
2. Vostochnoevropейskie lesa: istoriya v golotsene i sovremennost'. M.: Nauka, 2004. Kn. 1. 479 s. Kn. 2. 575 s.
3. Bel'gard A.L. Stepnoe lesovedenie. M.: Lesnaya promyshlennost', 1971. 336 s.
4. Godunov S.I., Tishchenko V.V. Rost i razvitie duba chereshchatogo v urochishchakh nizshogo taksonomicheskogo ranga agrolandshaftov Kamennoi Stepi. Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. 2005. N 2. S. 130-133.
5. Konashova S.I. Sostoyanie i rost dubrav v Vostochno-Evropейskoi chasti Rossii. Lesnoi vestnik. 2007. N 6. S. 43-46.
6. Puryaev A.S., Zaripov I.N., Petrov V.A. Dubravy Srednego Povolzh'ya: sostoyanie, vosproizvodstvo i sokhranenie [Elektronnyi resurs]. Lesokhozyaistvennaya informatsiya: elektronnyi setevoi zhurnal. 2019. N 3. S. 190-198. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.16.
7. Matveev V.I., Matveeva T.B., Solov'eva V.V. *Quercus robur* L. kak vid, rekomenduemyi dlya vneseniya v Krasnuyu knigu Samarskoi oblasti. Raritety flory Volzhskogo basseina: sb. dokl. uchastnikov ros. nauch. konf. Samara, 2009. S. 125-138.
8. Gorchakovskii P.L. Rasteniya vostochnoevropейskikh shirokolistvennykh lesov na vostochnom predele ikh areala. Trudy instituta ekologii rastenii i zhivotnykh Ural'skogo filiala AN SSSR. Sverdlovsk, 1968. Vyp. 59. 207 s.
9. Chibilev A.A., Pavleichik V.M., Chibilev A.A. (ml.). Prirodnoe nasledie Orenburgskoi oblasti: osobo okhranyaemye prirodnye territorii. Orenburg: UrO RAN, Pechatnyi dom «Dimur», 2009. 328 s.
10. Chibilev A.A. Priroda Orenburgskoi oblasti (Chast' I. Fiziko-geograficheskii i istoriko-geograficheskii ocherk). Orenburgskii filial Russkogo geograficheskogo obshchestva. Orenburg, 1995. 128 s.

11. Kliment'ev A.I. Pochvenno-geograficheskoe raionirovanie Orenburgskoi oblasti. Voprosy stepovedeniya. 2005. N 5. S. 83-95.
12. Cherepanov S.K. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR). Russkoe izdanie. Sankt-Peterburg: Mir i sem'ya, 1995. 992 s.
13. Evstigneev O.I., Korotkov V.N. Ontogenetic stages of trees: an overview // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2016. No. 1 (2). P. 1-31. DOI: 10.21685/2500-0578-2016-2-1.
14. Édelin C. Nouvelles donnees sur l'architecture des arbres sympodiaux: le concept de plan d'organisation. L'arbre biologie et développement: Actes du 2 Colloque international sur l'arbre. Montpellier, 1991. P. 154-168.
15. Kostina M.V., Barabanshchikova N.S., Abakarova S.G. Konstruktivnaya organizatsiya Betula pendula Roth. Sotsial'no-ekologicheskie tekhnologii. 2022. T. 12. N 3. S. 257-283. DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-3-257-283.
16. Antonova I.S., Fat'yanova E.V. O sisteme urovnei stroeniya krony derev'ev umerennoi zony. Botanicheskii zhurnal. 2016. T. 101. N 6. S. 628-649. DOI: 10.1134/S000681361606003X.
17. Stamenov M.N. Arkhitekturnaya edinita u molodykh osobei Quercus robur L. v lugovykh stepyakh i ostrovnykh lesakh yuzhnoi lesostepi Voronezhskoi oblasti. Sotsial'no-ekologicheskie tekhnologii. 2023. T. 13. N 2. S. 186-219. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-2-186-219.
18. Stamenov M.N. Arkhitektura krony u virginil'nykh i molodykh generativnykh osobei Quercus robur L. na yugo-vostochnoi granitse areala (na primere Volgogradskoi oblasti). Voprosy stepovedeniya. 2023. N 4. S. 90-105. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-4-90-105.
19. Revyakin M.A. Populyatsionnaya organizatsiya dubovykh drevostoev pravoberezh'ya Saratovskoi oblasti. Byulleten' Botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2003. Vyp. 2. S. 40-42.
20. Grishchenko K.G., Boldyrev V.A. Tipy vozrastnoi struktury tsenopopulyatsii drevesnykh vidov-dominantov v lesakh Saratovskogo pravoberezh'ya. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi Akademii Nauk. 2008. T. 10, N 2. S. 432-437.
21. Ryabtsev I.S., Tikhodeeva M.Yu., Ryabtseva I.M. Podpologovoe vozobnovlenie lesoobrazuyushchikh porod v shirokolistvennykh lesakh raznogo vozrasta s gospodstvom duba chershchatogo (Quercus robur L.). Vestnik SPbGU. Ser. 3. Biologiya. 2009. Vyp. 2. S. 11-21.
22. Novikova N.M., Kuz'mina E.G., Lazareva V.G. O reliktovesti dubrav v Volgo-Akhtubinskoi poime. Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2010. N 4. S. 81-84.
23. Kharchenko N.A. K voprosu o proiskhozhdenii dubrav v tsentral'noi lesostepi. Lesotekhnicheskii zhurnal. 2013. N 3. S. 43-50.
24. Khoroshev A.V., Leonova G.M., Sharova D.E. Otnosheniya lesa i stepi v zapovednike «Shaitan-Tau» (Yuzhnyi Ural). Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2020. T. 84, N 4. S. 598-610. DOI: 10.31857/S2587556620040081.

Сведения об авторе:

Стаменов Мирослав Найчев
 К.б.н., доцент, Нижегородский государственный педагогический университет
 им. Козьмы Минина
 Инженер-исследователь, Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
 Институт экологии Волжского бассейна РАН
 ORCID 0000-0002-2500-7925
 Stamenov Miroslav
 Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Pedagogical
 University
 Research engineer, Samara Federal Research Scientific Center RAS, Institute of Ecology of
 the Volga River Basin RAS

Для цитирования: Стаменов М.Н. Макроморфологические особенности особей *Quercus robur* L. в Александровском районе Оренбургской области // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 48-59. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-48-59

ИНТРОДУКЦИЯ КОВЫЛЯ ВОЛОСОВИДНОГО (*Stipa capillata* L.) В МОСКВЕ***Р.З. Саодатова¹, А.Н. Швецов¹, С.А. Сенатор¹, Н.К. Сахоненко²**¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Россия, Москва²Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Россия, Москва

e-mail: *rsaodatova@mail.ru

В статье изложен опыт интродукции ковыля волосовидного (*Stipa capillata* L.) на ботанико-географической экспозиции Восточной Европы ГБС РАН. *Stipa capillata* L. охраняется в 7 регионах Средней России, в том числе в Московской области как вид, находящийся под угрозой исчезновения. Сотрудниками лаборатории природной флоры разработана эффективная технология выращивания *Stipa capillata* из семян местной репродукции за пределами естественного ареала в условиях избыточного увлажнения. Дана характеристика вида по экологическим шкалам Е. Ландольта. Показана разница погодных условий в Москве за трехлетний период с 2020 г. по 2022 г.

Ключевые слова: *Stipa capillata* L., охраняемые растения *ex situ*, интродукционная популяция, интродукционная устойчивость, Москва.

Введение

В Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН) на ботанико-географической экспозиции Восточной Европы в период с 1948 г. по 2010 г. испытано 8 образцов *Stipa capillata*, из них по типу исходного материала: 5 – семена и 3 – живые растения; по происхождению: 2 – из культуры и 6 – из природы [1]. Места сбора природных образцов: Украина (целинная степь заповедника «Аскания-Нова», «Михайловская степь»); Краснодарский край (степной овраг в окр. г. Гулькевичи); Липецкая область (степной овраг в окр. заповедника «Галичья гора»); Воронежская область (меловые холмы р. Дон); Крым (окр. пос. Коктебель, гора Планерная). В составе экспозиции ковыльных степей было представлено несколько видов рода *Stipa* (*S. capillata*, *S. pennata* L., *S. tirsia* Steven, *S. lessingiana* Trin. & Rupr., *S. ucrainica* P.A. Smirn. и др.), которые выращивались совместно с другими характерными лугово-степными растениями: *Adonis vernalis* L., *Gypsophila paniculata* L., *Iris pumila* L., *Paeonia tenuifolia* L., *Phlomis pungens* Willd., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Salvia stepposa* Des.-Shost., *Tulipa biebersteiniana* Schult. & Schult.f. [2]. В период социально-экономического кризиса после распада СССР коллекция растений ковыльных степей была утрачена. Наиболее устойчивым при интродукции ковылей в условиях Москвы оказался *Stipa capillata*. Максимальная длительность выращивания образца данного вида в ГБС РАН составила 19 лет. С 2018 г. сотрудниками лаборатории природной флоры ГБС РАН создается новая интродукционная популяция *Stipa capillata* на экспозиции восточноевропейских растений. В настоящее время этот вид представлен на участке растений Крыма. В Средней России он встречается в Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, **Московской, Нижегородской**, Орловской, Пензенской, **Рязанской**, Самарской, Саратовской, **Тамбовской, Тульской**, Ульяновской областях, в Республиках **Мордовия**, Татарстан и **Чувашия** [3]. Ковыль волосовидный охраняется в выделенных жирным шрифтом регионах [4]. В настоящее время в Московской области *Stipa capillata* известен в двух местах городского округа Серебряные Пруды (окрестности с. Подхожее, остепненные луга в верховьях р. Полосни; правобережье р. Полосня, остепненные склоны долины) и в городском округе Ступино (около Свято-Троицкого Белопесоцкого монастыря), численность в каждом из которых не достигает десятка экземпляров [5]. Поэтому сохранение вида и создание устойчивой популяции в условиях ботанического сада является важной и актуальной задачей. Цель работы –

разработать эффективную технологию выращивания *Stipa capillata* из семян местной репродукции за пределами естественного ареала в условиях переувлажнения.

Материалы и методы

Посевной материал собран в 2017 г. на каменистых склонах мыса Фиолент юго-западного побережья Крыма и посеян в марте 2018 г. в лабораторных условиях. Сеянцы высажены в открытый грунт на постоянное место в начале июня этого же года. Семена местной репродукции собраны по мере их созревания, подсчитаны и разделены на группы по срокам сбора. В конце вегетационного периода срезаны генеративные побеги с недозревшими семенами, чтобы они дозрели в лабораторных условиях при комнатной температуре в течение недели. Семена до посева хранились при комнатной температуре в бумажных конвертах. Определяли массу в перерасчете на 1000 семян. Измеряли длину пленчатых плодов без остей [6] и длину генеративных побегов металлической линейкой с ценой деления 0,5 мм в 80-кратной повторности [7].

Лабораторные посевы семян местной репродукции проводили в третьей декаде марта с 2021 г. по 2023 г. В каждом варианте опыта было высеяно по 30 семян (по схеме 5 × 6) в одной повторности в пластиковые прозрачные контейнеры 10 × 10 × 5 см. Использовалась готовая почвенная смесь, состоящая из верхового и низинного торфа, песка, доломитовой муки и минеральных удобрений. Перед посевом обработку семян и почвы не проводили. При возникновении плесени в период проращивания, семена или проростки и почву обрабатывали раствором препарата «Фитоспорин» согласно инструкции. До появления первого проростка контейнеры были плотно закрыты крышкой. Во время ежедневного наблюдения контейнеры с посевами были открыты для проветривания на короткий период времени. Отмечали начало прорастания семян, его длительность и лабораторную всхожесть [7].

Растения в открытый грунт высаживали в конце мая методом перевалки дерновин, т.е. из одного контейнера получается одна дерновина.

По данным справочно-информационного портала «Погода и климат» [8] показана разница погодных условий в Москве за трехлетний период с 2020 г. по 2022 г., используя показатели: среднеемесячное количество осадков и среднеемесячная температура.

На зиму растения не укрывали. Для предохранения особей от вымокания необходимо создать хороший дренаж или разместить ковыли на горке или склоне [9]. На экспозиции ковыли представлены на небольших выпуклых участках площадью до 1,5 м² и высотой 0,3 м. В качестве дренажа по периметру участка выкапывается неглубокая канавка. Для участков большей площади такого устройства дренажа недостаточно. Формировать микрорельеф и дренажную систему необходимо по принципу рокария, придав границам участка мягкие очертания.

Результаты и обсуждение

Stipa capillata – вид с широким евразийским ареалом (рис. 1) [10]. В последней сводке по злакам России [11] ареал вида на территории России охватывает Европейскую часть, включая Крым, Кавказ, Западную и Восточную Сибирь, а вне России – Центральную, Восточную и Южную Европу, Юго-Западную, Среднюю и Центральную Азию. Данный вид обитает на равнинах и в горах, поднимаясь до верхнего горного пояса [11, 12].

Stipa capillata – светолюбивое растение, неспособное расти в тени (рис. 2). Его можно отнести к видам, произрастающим на бедных песчаных почвах, хорошо аэрируемых. Обитает на очень сухих, щелочных почвах (pH 5,5-8,0) с небольшим гумусовым горизонтом [13]. Типчаково-ковыльные степи являются характерными местообитаниями. Вид встречается на старых залежах, полосах отчуждения крупных дорог и железнодорожных насыпях [3].



Рисунок 1 – Ареал *Stipa capillata* [10]

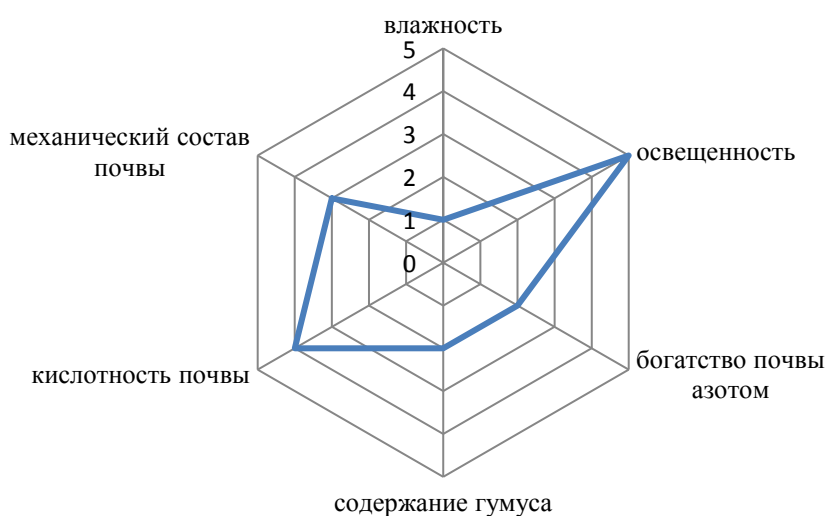


Рисунок 2 – Характеристика *Stipa capillata* по экологическим шкалам Е. Ландольта [13]

Ковыль волосовидный – многолетнее короткокорневищное растение 40-80 см высотой, образующее густые дерновины [3]. В природных условиях первое цветение наступает на 5-6 год жизни [14], а в условиях Москвы *Stipa capillata* зацветает на второй год в июле, созревание семян происходит во второй половине августа – начале ноября (рис. 3).

При интродукции *Stipa capillata* необходимо учитывать погодные условия, которые влияют на сроки созревания семян и их выполненность. Погодные условия 2021 г. и 2022 г. были наиболее благоприятными для роста ковыля в Москве (рис. 4). Температурный максимум в 2021 г. отмечен в июле, где среднемесячная температура составила 24,3°C, в 2022 г. в августе – 24,2°C, а в 2020 г. в июне – 20,3°C. Судя по количеству осадков в течение вегетационного периода, 2020 г. был более влажным, чем два последующих года. В июле 2021 г. и в августе 2022 г. наблюдалась засуха.



Рисунок 3 – *Stipa capillata* на участке растений Крыма в ГБС РАН (фото Р. Саодатовой)

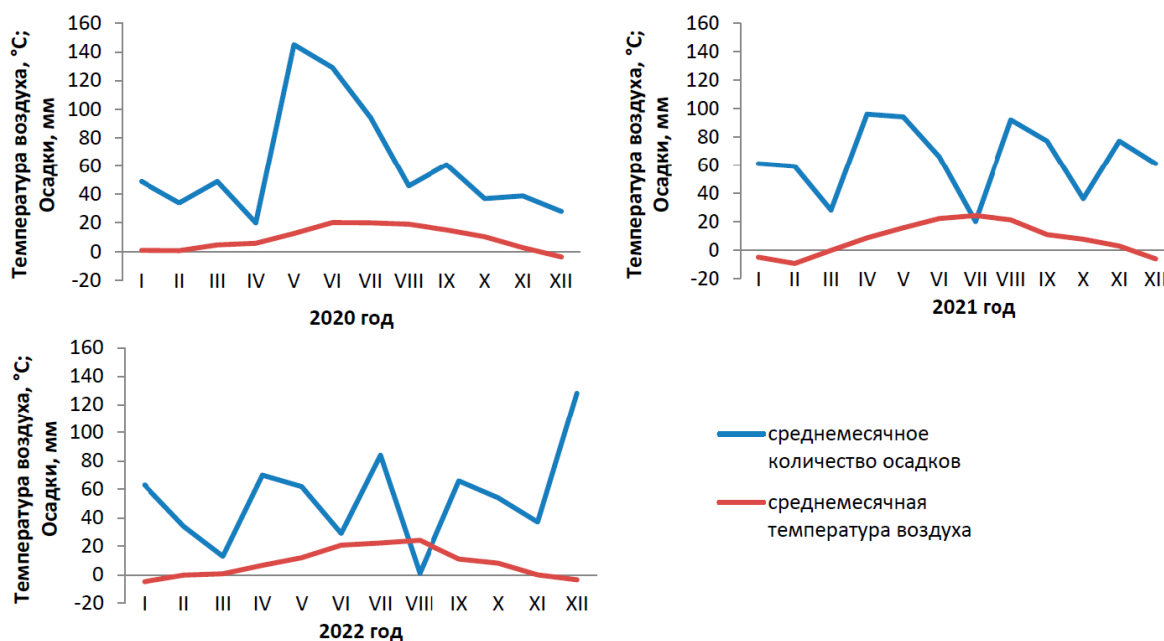


Рисунок 4 – Графики годового хода температуры воздуха и осадков в Москве по среднеемесячным показателям 2020, 2021, 2022 гг.

Данные морфометрических измерений *Stipa capillata* приведены в таблице (табл. 1). Длина пленчатых плодов без остей в 2020 г. при их раннем созревании выше, чем при промежуточном и позднем. Масса семян позднего сбора была самой высокой, раннего – самой низкой. В лабораторных условиях всхожесть семян позднего сбора выше, чем раннего и промежуточного [15]. Первые всходы появились на 7-8-й день после посева. Прорастание семян при комнатной температуре продолжалось 31-32 дня.

По длине пленчатых плодов без остей в 2021 и 2022 гг. самый высокий показатель был зафиксирован у семян промежуточной группы. По массе семени промежуточной и поздней групп 2021 г. имели одинаково высокие показатели. Масса семян, собранных со срезанных побегов, оказалась наименьшей. В лабораторных условиях всхожесть семян промежуточного сбора выше в отличие от раннего и позднего сбора. Первые всходы появились на 9-10 день. Прорастание семян при комнатной температуре в группах продолжалось 5-20-36-7 дней.

Таблица 1 – Показатели пленчатых плодов *S. capillata* без остей и длина генеративных побегов по годам наблюдений

Показатель	Год	Группа сбора			
		Ранняя	Промежуточная	Поздняя	Со срезанных генеративных побегов
Средняя длина (мм)	2020	11,95±0,08	11,43±0,09	11,32±0,09	-
	2021	12,49±0,08	12,57±0,08	12,20±0,11	12,23±0,14
	2022	11,50±0,06	12,10±0,08	11,80±0,07	12,80±0,12
Масса в пересчете на 1000 семян (г)	2020	2,625	4,0	4,125	-
	2021	4,375	4,5	4,5	4,125
	2022	4,0	4,625	5,75	6,5
Лабораторная всхожесть (%)	2020	63	73	93	-
	2021	87	97	87	67
	2022	80	97	100	63
Число собранных семян	2020	111	123	180	-
	2021	652	621	1375	893
	2022	331	913	1351	1216
Средняя длина генеративного побега (см) (min-max)	2021	88,3±1,59(49,6-121,2)			
	2022	81,9±2,1(31-121,2)			

Семена позднего сбора, сформировавшиеся в более засушливом 2022 г., отличаются наиболее высокой массой и лабораторной всхожестью. Первые всходы появились на 10-14 день. Прорастание семян при комнатной температуре в группах продолжалось 45-47-52-47 дней.

Доля семян, собранных со срезанных побегов в 2021 и 2022 гг., составила 25 % и 32 % соответственно. Их всхожесть более 60 %.

Длина генеративных побегов *Stipa capillata* в опыте интродукции соответствует длине генеративных побегов в природе. Однако этот показатель существенно выше (96,5 см) при выращивании ковыля волосовидного в условиях Среднего Урала [16].

Дерновины *Stipa capillata* после зимовок не выпрели и не обмерзли, хотя незначительно повреждены грызунами.

Выводы

В ГБС РАН в 2020-2022 гг. из семян собственной репродукции создана популяция *Stipa capillata* – вида, занесенного в Красную книгу Московской области [5].

Выявлено, что в условиях московского климата ковыль волосовидный проходит полный цикл развития побегов, образует семена высокого качества, имеет несколько ускоренный темп онтогенеза. Размеры генеративных побегов соответствуют таковым в природе. Это свидетельствует о перспективности выращивания ковыля.

За трехлетний период наблюдений установлено благоприятное влияние засушливого периода на формирование семян. Обнаружено, что при более позднем созревании семян, их масса увеличивается, а длина, наоборот, уменьшается.

Во время эксперимента выявлено, что срезка генеративных побегов в конце вегетации позволяет предотвратить потерю ценного семенного материала. Срезку генеративных побегов в условиях Московского региона необходимо проводить в конце октября – начале ноября.

Разработана эффективная технология выращивания *Stipa capillata* из семян собственной репродукции за пределами естественного ареала вида.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00745-22-01 по теме «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения» (№122042700002-6).

Список литературы

1. Саодатова Р.З., Отто Е.С. Представители семейства Роасеае на экспозиции флоры Восточной Европы ГБС РАН // Бюл. Гл. ботан. сада. 2018. № 4. С. 22-26.
2. Трулевич Н.В. Эколого-фитоценотические основы интродукции растений. М.: Наука, 1991. 216 с.
3. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
4. Плантариум. URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/36849.html> (дата обращения: 12.07.2022).
5. Алексеев Ю.Е., Филатова И.О. Ковыль волосовидный // Красная книга Московской области. Изд. 3-е. Московская обл.: ПФ «Верховье», 2018. С. 467.
6. Броувер В., Штелин А. Справочник по семеноведению сельскохозяйственных, лесных и декоративных культур с ключом для определения важнейших семян. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 694 с.
7. Саодатова, Р. З., Мальцева Н.К. Ковыль волосовидный (*Stipa capillata* L.) в ГБС РАН. С. 1239-1243. Электрон. текстовые дан. // Аграрная наука-2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. 2022. URL:<http://elib.timacad.ru/dl/full/sban-2022-312.pdf> (дата обращения: 14.09.2023).
8. Справочно-информационный портал «Погода и климат». URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 12.07.2022).
9. Коновалова Т.Ю., Шевырева Н.А. Декоративные травы: Атлас-определитель. М.: ООО «Фитон XXI», 2018. 176 с.
10. Global Biodiversity Information Facility. URL: <https://www.gbif.org> (дата обращения: 12.07.2022).
11. Цвелев Н.Н., Пробатова Н.С. Злаки России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. 646 с.
12. Цвелев Н.Н. Семейство Роасеае – Злаки // Флора Европейской части СССР. Ленинград: Изд-во «Наука», 1974. Т. 1. С. 117-368.
13. Landolt E. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora // Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts der ETH Zürich, Stiftung Rübel. 1977. Vol. 64. P. 1-208.
14. Гриценко В. В. *Stipa capillata* L. (Роасеае) на Київському плато: еколого-ценотичні умови місцезростань, стан і структура природних та інтродукційних ценопопуляцій // Інтродукція рослин. 2009. Т. 43. № 3. С. 27-32. DOI: 10.5281/zenodo.2556008.
15. Мальцева Н.К., Саодатова Р.З. Восстановление фрагмента ковыльной степи в ГБС РАН // Материалы V (XIII) Международной ботанической конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге. СПб.: БИН РАН, 2022. С. 98-99.
16. Стефанович Г.С., Валдайских В.В. Некоторые аспекты интродукции видов рода *Stipa* L. в условиях Среднего Урала // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 12 (212). С. 30-33.

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

Поступила в редакцию 12.09.2023
Принята к публикации 12.03.2024

INTRODUCTION OF *STIPA CAPILLATA* L. IN MOSCOW

*R. Saodatova¹, A. Shvetsov¹, S. Senator¹, N. Sakhonenko²

¹Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of Russian Academy of Science, Russia, Moscow

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Russia, Moscow
e-mail: *rsaodatova@mail.ru

The introduction experience of *Stipa capillata* L. on the botanical and geographical exposition of Eastern Europe into the Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin Russian Academy of Sciences is described in the article. *Stipa capillata* is protected in 7 regions of Central Russia. In the Moscow region, this species is under threat of extinction. The staff of the Natural Flora Laboratory has developed an effective technology for growing *Stipa capillata* from seeds of local reproduction outside the natural range in conditions of excess moisture. The characteristic of the species according to the ecological scales of E. Landolt is given. The difference in weather conditions in Moscow over a three-year period from 2020 to 2022 has been shown.

Key words: *Stipa capillata* L., protected plants *ex situ*, introduction population, introduction resistance, Moscow.

References

1. Saodatova R.Z., Otto E.S. Predstaviteli semeistva Poaceae na ekspozitsii flory Vostochnoi Evropy GBS RAN. Byul. Gl. botan. sada. 2018. N 4. S. 22-26.
2. Trulevich N.V. Ekologo-fitotsenoticheskie osnovy introduksii rastenii. M.: Nauka, 1991. 216 s.
3. Maevskii P.F. Flora srednei polosy evropeiskoi chasti Rossii. 11-e izd. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2014. 635 s.
4. Plantarium. URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/36849.html> (data obrashcheniya: 12.07.2022).
5. Alekseev Yu.E., Filatova I.O. Kovyl' volosovidnyi. Krasnaya kniga Moskovskoi oblasti. Izd. 3-e. Moskovskaya obl.: PF «Verkhov'e», 2018. S. 467.
6. Brouver V., Shtelin A. Spravochnik po semenovedeniyu sel'skokhozyaistvennykh, lesnykh i dekorativnykh kul'tur s klyuchom dlya opredeleniya vazhneishikh semyan. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010. 694 s.
7. Saodatova, R. Z., Mal'tseva N.K. Kovyl' volosovidnyi (*Stipa capillata* L.) v GBS RAN. S. 1239-1243. Elektron. tekstovye dan. Agrarnaya nauka-2022: materialy Vserossiiskoi konferentsii molodykh issledovatelei. 2022. URL: <http://elib.timacad.ru/dl/full/sban-2022-312.pdf> (data obrashcheniya: 14.09.2023).
8. Spravochno-informatsionnyi portal «Pogoda i klimat». URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (data obrashcheniya: 12.07.2022).
9. Konovalova T.Yu., Shevyreva N.A. Dekorativnye travy: Atlas-opredelitel'. M.: OOO «Fiton XXI», 2018. 176 s.
10. Global Biodiversity Information Facility. URL: <https://www.gbif.org> (data obrashcheniya: 12.07.2022).
11. Tsvelev N.N., Probatova N.S. Zlaki Rossii. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2019. 646 s.
12. Tsvelev N.N. Semeistvo Poaceae – Zlaki. Flora Evropeiskoi chasti SSSR. Leningrad: Izd-vo «Nauka», 1974. T. 1. S. 117-368.
13. Landolt E. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts der ETH Zürich, Stiftung Rübel. 1977. Vol. 64. P. 1-208.
14. Gritsenko V.V. *Stipa capillata* L. (Poaceae) na Kiïvs'komu plato: ekologo-tsenotichni umovi mistsezrostan', stan i struktura prirodnikh ta introduktsiinikh tsenopopulyatsii. Introduktsiya roslin. 2009. T. 43. N 3. S. 27-32. DOI: 10.5281/zenodo.2556008

15. Mal'tseva N.K., Saodatova R.Z. Vosstanovlenie fragmenta kovyl'noi stepi v GBS RAN. Materialy V (XIII) Mezhdunarodnoi botanicheskoi konferentsii molodykh uchenykh v Sankt-Peterburge. SPb.: BIN RAN, 2022. S. 98-99.

16. Stefanovich G.S., Valdaiskikh V.V. Nekotorye aspekty introduktsii vidov roda *Stipa* L. v usloviyakh Srednego Urala. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. N 12(212). S. 30-33.

Сведения об авторах:

Саодатова Рано Зубайдуллоевна

К.б.н., старший научный сотрудник лаборатории природной флоры, Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН

ORCID 0000-0003-3623-3327

Saodatova Rano

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Natural Flora Laboratory, Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of Russian Academy of Science

Швецов Александр Николаевич

К.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории природной флоры, Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН

ORCID 0000-0003-4018-8469

Shvetsov Alexander

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Natural Flora Laboratory, Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of Russian Academy of Science

Сенатор Степан Александрович

К.б.н., заведующий лабораторией природной флоры, Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН

ORCID 0000-0003-1932-2475

Senator Stepan

Candidate of Biological Sciences, Head of the Natural Flora Laboratory, Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of Russian Academy of Science

Сахоненко Надежда Кирилловна

Студент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Sakhonenko Nadezhda

Student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Для цитирования: Саодатова Р.З., Швецов А.Н., Сенатор С.А., Сахоненко Н.К. Интродукция ковыля волосовидного (*Stipa capillata* L.) в Москве // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 60-67. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-60-67

СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ ВО ФЛОРЕ НАУРЗУМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

*Т.М. Брагина^{1,2}, М.М. Рулёва¹, М.А. Бобренко¹

¹Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, Казахстан, Костанай

²Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Россия, Ростов-на-Дону

*e-mail: tm_bragina@mail.ru

В статье приводится анализ разнообразия сорных растений во флоре Наурзумского государственного природного заповедника и степени их специализации. В результате обобщения собственных материалов и литературных данных во флоре заповедника выявлено 46 видов сорных растений, относящихся к 41 роду из 17 семейств. Сорные виды составляют 6,5 % от общего числа выявленных к настоящему времени видов во флоре заповедника. Изученные виды были распределены на 7 групп по степени специализации сорных растений к пашенным условиям – от сегетальных к рудеральным. Установлено, что большинство видов сорных растений, зарегистрированных на территории Наурзумского заповедника, относится к рудеральным (37 %) и рудерально-естественным видам (33 %).

Ключевые слова: сорные растения, Наурзумский государственный природный заповедник, сегетальная флора.

Введение

Сорные растения сопутствуют посевам сельскохозяйственных культур, поселениям человека и другим нарушенным местообитаниям. В связи с глобализацией возрастает распространение адвентивных растений с широкой экологической амплитудой и внедрение чужеродных растений в природные сообщества. Детальное изучение сорных растений в основном проводится в целях фитосанитарного мониторинга агроэкосистем [1]. Не менее важно наблюдение за динамикой их расселения и закрепления на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), куда они проникают, несмотря на строгий режим охраны.

Наурзумский заповедник – один из старейших заповедников Казахстана. Был создан в 1931 году в Северо-Тургайской физико-географической провинции степной зоны Евразии (51°29' с. ш. 64°18' в. д.), в центральной части Тургайской ложбины (рис. 1), которая пересекает с севера на юг Тургайское плато. В настоящее время его площадь составляет 191381 га.

По почвенно-географическому районированию территория заповедника входит в Казахстанскую сухостепную провинцию темнокаштановых и каштановых почв. По современному геоботаническому районированию [2] территория заповедника относится к Зауральско-Тургайской (Западно-Казахстанской) подпровинции Западно-Казахстанского блока степных провинций. Тургайское плато входит в пределы Зауральско-Тургайской подпровинции на востоке. На территории заповедника представлено шесть типов растительности – степной, пустынный, лесной, кустарниковый, луговой и болотный. Большую часть его территории после расширения и обустройства новых границ занимают степи – 63 %, представленные особыми типами ксерофитноразнотравно-дерновиннозлаковых степей на карбонатных почвах и южными аридными вариантами песчаных степей. Системы пресных и соленых озер занимают 21 % территории, 16 % – сосновые и осиново-березовые леса. Тургайская ложбина соединяет Западно-Сибирскую низменность с Туранской низменностью. По засоленным почвам Тургайской ложбины на север проходят южные флористические элементы, а леса включают ряд бореальных видов [3, 4].

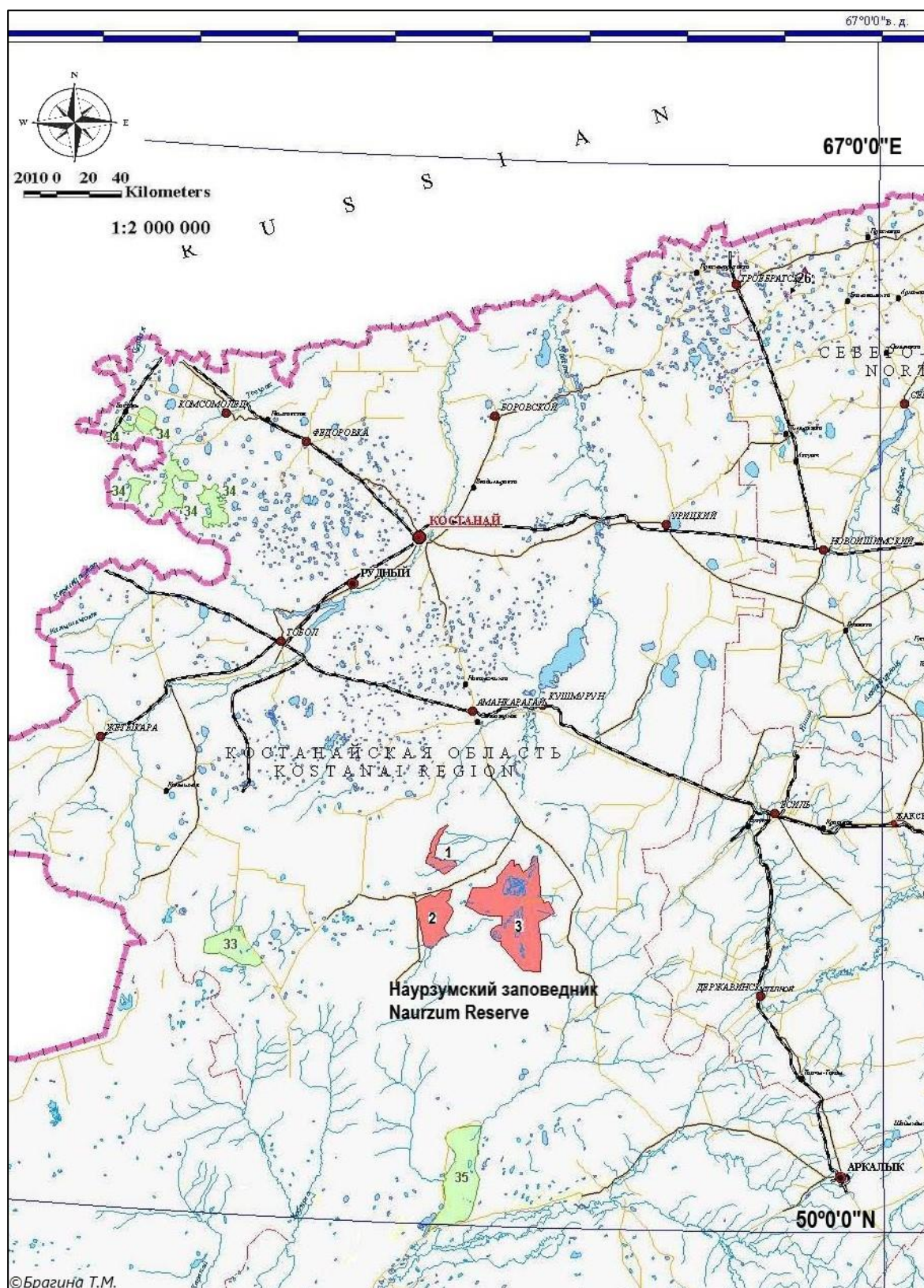


Рисунок 1 – Местоположение и границы Наурзумского заповедника

Примечание: 1 – участок Терсек; 2 – участок Сыпсын; 3 – участок Наурзум (создана Т.М. Брагиной на основе карты особо охраняемых природных территорий Республики Казахстан [5]).

Заповедник входит в объект Всемирного природного наследия ЮНЕСКО «Сарыарка – Степи и Озера Северного Казахстана» [6]. Однако, водоразделы и пологие склоны Тургайского плато в основном распаханы, при этом пашни и пастбища вплотную подходят к

охранной зоне заповедника, а на некоторых участках расположены вдоль его границ. Кроме того, из-за многочисленных реорганизаций и длительного периода отмены заповедного режима на территории заповедника сформировались обширные участки антропогенно-нарушенных экосистем, что способствовало проникновению сорных растений.

Преимущественным направлением в исследовании сорных растений является выявление их видового состава [7, 8], а также условий, способствующих их распространению [9, 10]. В последние годы развиваются генетические исследования сорных растений, которые позволяют понять механизмы адаптации растений [11-14]. Ряд исследователей рассматривает не только негативный эффект сорных растений, но и отмечает их положительное влияние на сохранение общего биологического разнообразия агроэкосистем [15-17]. При этом отмечается, что в современном мире искусственные системы все больше замещают естественные местообитания [18-19].

В связи с этим изучение сорных растений предоставляет дополнительные возможности для понимания происходящих процессов формирования современного растительного покрова, в первую очередь степной зоны, являющейся ареной влияния природных и антропогенных факторов глобального и местного значения.

Материалы и методы

Материалом для настоящей статьи послужили собственные сборы авторов и литературные данные [20-25]. В связи с широким распространением в районе заповедника сельскохозяйственных угодий, преимущественно посевов зерновых культур и пастбищ, нами были проанализированы данные по видовому разнообразию и распределению сорных травянистых растений на территории заповедника. В работе была использована классификация А.И. Мальцева [26] и С.А. Котт [27], которая рассматривает степень специализации сорных растений к пашенным условиям – от сегетальных к рудеральным (специализация обозначена римскими цифрами I, II, III). Исходя из данной классификации исследуемые виды были распределены по следующим группам: I – пашенные (сорнополевые, сегетальные); II – мусорные (рудеральные); III – естественных угодий (на лугах, в степи, лесах, на обнажениях); I-II – сегетально-рудеральные; I-III – сегетально-естественные; II-III – рудерально-естественные; I-II-III – общие виды в трех местообитаниях. Хотя А.И. Мальцев [26] не дает четкой формулировки «сорное растение», из его рассуждений следует, что сорные растения произрастают на вторичных местообитаниях с нарушенным растительным покровом [28]. В целом, большинство авторов рассматривает сорные растения как нежелательные элементы сельскохозяйственных и нарушенных экосистем [29, 30].

В составе сорных растений выделены также виды, относящиеся к группе апофитов, и адвентивные виды, составляющие значительную часть сегетальных видов на посевах сельскохозяйственных культур в регионе.

Названия растений приведены согласно базе данных The World Checklist of Vascular Plants [31].

Результаты и обсуждение

Степи на водоразделах и склонах Тургайской ложбины (более 200 тыс. га), входившие ранее в состав Наурзумского заповедника, в период освоения целины были распаханы. Вблизи границ заповедника возникли сельскохозяйственные угодья (пашни, пастбища) и поселения, а на его территории были построены кордоны инспекторской охраны, созданы минеральные противопожарные полосы, посадки лесных и плодово-ягодных культур, дорожная сеть. Особое значение в распространении сорных растений во флоре заповедника имеет территория бывшего поселка Аксуат (Старый Наурзум), вошедшего в состав заповедника после расширения его границ, и кордон «Сад» на территории Бет-Агашского лесничества участка «Наурзум», где был заложен плодовый сад в 1934 году.

На территории заповедника после восстановления заповедного режима сохранились участки антропогенно-нарушенных экосистем – залежи на карбонатных, карбонатно-солонцеватых, легкосуглинистых, супесчаных песчаных и луговых почвах. Под воздействием пастбищной дигрессии вокруг поселков, в местах водопоев и стоянок скота (гуртов) сформировались деградированные экосистемы песков.

Распространению сорных растений способствуют и естественные факторы, например, деятельность норных животных, перенос плодов и семян с помощью воздушных и водных течений. Расселение сорной растительности на территории Наурзумского заповедника также связано с часто возникающими лесными и степными пожарами, в результате которых возникают «вторичные местообитания» с естественно-нарушенным растительным покровом [1].

В результате проведенных работ во флоре Наурзумского государственного природного заповедника к настоящему времени зарегистрировано 46 видов сорных растений из 41 рода 17 семейств. Некоторые виды сорных растений на территории Наурзумского заповедника представлены на рисунке 2.



Atriplex patula L.



Convolvulus arvensis L.



Polygonum aviculare L.



Taraxacum officinale Wigg. S. L.

Рисунок – 2. Некоторые виды сорных растений на территории Наурзумского заповедника. 15.05.2023 г. Фото Т.М. Брагиной.

Ниже приведен аннотированный список сорных растений в алфавитном порядке:

1. ***Acroptilon repens* (L.) DC.** (сем. Asteraceae). Широко распространен в Евразии. Для Казахстана является карантинным сорняком, однако от широты Наурзумского заповедника и южнее до Тургая довольно часто встречается в естественных местообитаниях [25].

2. ***Agropyron cristatum* (L.) Beauv.** (сем. Poaceae). Распространен в Южной и отчасти Средней Европе, средней и южной полосе Европейской части бывшего СССР, на Кавказе, в южной части Западной Сибири, Средней Азии, Малой Азии, Иране. В связи с проводимыми работами по улучшению пастбищ и подсеву житняка в 1970-80-е годы глубоко внедрился на территорию заповедника вдоль дорог в песчаной степи.

3. ***Amaranthus blitoides* S. Watson** (сем. Amaranthaceae). Распространен в Северной и Центральной Америке, Юго-Западной Европе, Средиземноморье, на юге Европейской части России, в Средней Азии (равнинные части). Встречается вдоль дорог в песчаной степи заповедника.

4. ***Amaranthus retroflexus* L.** (сем. Amaranthaceae). Распространен в Северной и Южной Америке, Средней и Южной Европе, Средиземноморье, Малой Азии, Иране, Китае, Японии, Монголии, Северной Африке, Европейской части России (кроме Крайнего Севера), Кавказе, Сибири, Дальнем Востоке. В заповеднике встречается вдоль дорог, на нарушенных землях.

5. ***Arctium tomentosum* Mill.** (сем. Asteraceae). Широко распространен в Европе и Азии, занесен во многие другие регионы, расположенные за пределами тропического пояса. В заповеднике встречается в долине реки Карасу, озерных котловинах, на кордоне «Сад» (Бет-Агашское лесничество).

6. ***Atriplex sagittata* Borkh.** (сем. Chenopodiaceae). Распространен в Европе, на Кавказе, в Сибири и Средней Азии. Встречается по солончакам, на пустырях, у дорог и на сорных местах. В заповеднике встречается в долине Карасу и озерных котловинах.

7. ***Avena fatua* L.** (сем. Poaceae). Произрастает повсеместно в Евразии, Северной Африке, занесен в Северную Америку и Южное полушарие. В заповеднике встречается вдоль дорог, чаще на супесчаных почвах.

8. ***Berteroa incana* (L.) Steph.** (сем. Brassicaceae). Широко распространен в Европе и Азии. В Казахстане (кроме бассейна Сырдарьи) – все районы. Нами отмечен на старых залежах и вдоль дорог.

9. ***Brassica campestris* L.** (сем. Brassicaceae). Распространен в умеренных странах Европы, Азии и Америки. В заповеднике встречается на огородах инспекторской охраны.

10. ***Cannabis sativa* L.** (сем. Cannabaceae). Произрастает на территории Центральной Азии, Индии, Сирии, Турции, России, Чили, США и европейских стран. В заповеднике встречается на территории бывшего поселка Старый Наурзум по сорным местам.

11. ***Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.** (сем. Brassicaceae). Космополит. В заповеднике встречен в саду на кордоне «Сад» и на старых залежах.

12. ***Carduus nutans* L.** (сем. Asteraceae). Распространен почти на всей территории Западной Европы, Северной Африки, Малой Азии, Ирана, Афганистана, Юго-Западного Китая. На территории бывшего СССР произрастает на северо-западе, в средней и южной полосе Европейской части, на Кавказе, в Западной Сибири, Средней Азии. Встречается на опушках Наурзумского бора, в долинах балок, у выходов ключей, на залежах.

13. ***Carduus crispus* L.** (сем. Asteraceae). Вид широко распространен в Европе, Азии. В заповеднике приурочен к влажным почвам – в долинах балок, у выходов ключей.

14. ***Centaurium pulchellum* (Sw.) Druce** (сем. Gentianaceae). Вид встречается по всей Европе, за исключением севера Скандинавии, но не образует постоянных местообитаний. Ранее отмечался на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад». Нами не обнаружен.

15. ***Ceratocephala orthoceras* DC.** (сем. Ranunculaceae). Произрастает в Северо-Западной Африке и от Центральной (Австрия, Чехия) и Южной Европы до Синьцзяна. На территории заповедника встречается на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад».

16. ***Chenopodium acuminatum* Willd.** (сем. Chenopodiaceae). Азиатский вид, распространен на востоке России, в Средней Азии, по всей Сибири, в Китае, Монголии, Корее, Японии, в северо-восточном Вьетнаме. Произрастает на песчаных склонах берегов

рек и озер, на окраинах полей и пустырях. Обычен в сорных местах бывшего поселка Старый Наурзум.

17. *Chorispora tenella* (Pall.) DC. (сем. Brassicaceae). Распространен на Балканском полуострове, в Малой Азии, Иране, Монголии, северо-западном Китае, северной Индии. На территории бывшего СССР ареал охватывает Причерноморье, Крым, Кавказ, низовья Дона и Волги, а также южную часть Западной Сибири и Среднюю Азию. В заповеднике встречен на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад».

18. *Cirsium incanum* (S.G. Gmel.) Fisch. (сем. Asteraceae). Распространен в Средней и Восточной Европе, Средней и Юго-Западной Азии. Отмечен в долине реки Карасу, озерных котловинах.

19. *Convolvulus arvensis* L. (сем. Convolvulaceae). Распространен почти по всему земному шару: Западная Европа, Азия, Северная Африка, Северная и Южная Америка. Встречается в зарослях кустарников, на лугах, вдоль дорог. Отмечен в целинной песчаной степи на почвенных выбросах у муравейников.

20. *Conyza canadensis* (L.) Cronquist (сем. Asteraceae). Распространен в Скандинавии, Средней и Атлантической Европе, Средиземноморье, Малой Азии, Иране, Монголии, Японии, Китае, Северной Америке. На территории бывшего СССР ареал охватывает Европейскую часть страны, Кавказ, Западную и Восточную Сибирь, Дальний Восток, Среднюю Азию. Встречен на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад».

21. *Corispermum declinatum* Stephan ex Iljin (сем. Chenopodiaceae). Распростран на юго-востоке Европейской части России, на юге Сибири и в Центральной Азии. В заповеднике встречается в степях и на окраинах лесов, на песчаных склонах. Образует «перекати-поле».

22. *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl (сем. Brassicaceae). Широко распространен в Европе и Азии, занесен в Северную Америку. В заповеднике встречен на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад».

23. *Dodartia orientalis* L. (сем. Scrophulariaceae). Распространен на юге Восточной Европы, в Монголии, Иране, Западном Китае, на юге Европейской части бывшего СССР, в Крыму, на Кавказе, в Западной Сибири, Средней Азии. Отмечен на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад», в долинах балок, на степных участках на песчаной почве.

24. *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski. (сем. Poaceae). Встречается в странах Европы, Малой Азии, Иране, Монголии. В Америке как заносное растение. На территории России и стран бывшего СССР считается одним из самых часто встречаемых растений. В заповеднике произрастает на увлажненных лугах.

25. *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.) Cruchet (сем. Brassicaceae). Распространен в Европе, странах Малой и Средней Азии, на Кавказе, в Иране. В заповеднике предпочитает глинистые местообитания, обилен вдоль дорог на участке Терсек.

26. *Hyoscyamus niger* L. (сем. Solanaceae). Ареал обитания включает Европу, Азию, Северную Америку, Австралию. Встречается в мусорных местах, вблизи жилья и на заброшенных огородах в бывшем поселке Старый Наурзум.

27. *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey. (сем. Asteraceae). Распространен в Западной Европе, на севере Центральной Азии, в Японии, Европейской части России, на Кавказе, в Средней Азии, на юге Сибири. В заповеднике встречается вдоль дорог, на старых залежах.

28. *Lappula patula* (Lehm.) Menyh. (сем. Boraginaceae). Вид с преимущественно азиатским ареалом, заходящим и в Восточную Европу. В Средней Азии sporadически встречается во всех областях как заносное растение. В заповеднике отмечен в долинах реки Карасу и озерных котловинах, на опашках лесов.

29. *Leonurus tataricus* L. (сем. Lamiaceae). Распространен в Европе, на Ближнем Востоке, Центральной Азии, Сибири. Встречается по берегам рек, на лугах, полянах,

мусорных местах на глинисто-песчаных почвах. В заповеднике отмечен в долинах реки Карасу, озерных котловинах.

30. *Lepidium perfoliatum* L. (сем. Brassicaceae). Распространен в средних и южных районах Европейской части России, на Кавказе, в Западной Сибири, Средней Азии. В заповеднике отмечен на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад».

31. *Matricaria discoidea* DC. (сем. Asteraceae). Распространен на западе Северной Америки (от Аляски до северной Мексики), северо-востоке Азии (Дальний Восток, Урал и остров Хоккайдо). В заповеднике отмечен в долинах реки Карасу, озерных котловинах, на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад».

32. *Myosotis sparsiflora* Pohl. (сем. Boraginaceae). Восточно- и среднеевропейский вид. Встречается по всей Европейской части России, а также на Кавказе, очень редко – на юге Западной Сибири. В заповеднике отмечен на луговинах, в долинах балок, на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад».

33. *Malva mauritiana* L. (сем. Malvaceae). Распространен от Пиренейского полуострова до Италии и Алжира. Произрастает в сорных местах бывшего поселка Старый Наурзум.

34. *Orobanche cumana* Wallr. (сем. Scrophulariaceae). Встречается в местах, где выращивается подсолнечник, в том числе в Казахстане. В заповеднике отмечен в типчаково-ковылковой степи на суглинистых почвах западного склона Тургайского плато, паразитирует на видах рода *Artemisia*.

35. *Orobanche major* L. (сем. Scrophulariaceae). Распространен в южной половине Европы, на Кавказе, в Малой Азии и Туркмении. В заповеднике отмечен на солонцеватых лугах.

36. *Polygonum aviculare* L. (сем. Polygonaceae). Космополит. В заповеднике часто встречается вдоль дорог, на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад».

37. *Ranunculus repens* L. (сем. Ranunculaceae). Встречается в Европе, Азии и Северо-Западной Африке. Встречен на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад».

38. *Salsola collina* Pall. (сем. Chenopodiaceae). Распространен в Европе, Сибири, на Дальнем Востоке России, Средней, Центральной (первичный ареал) и Восточной Азии. В заповеднике произрастает в степях, около дорог и жилья, на солонцеватых местах, на песчаной почве.

39. *Salsola tragus* L. (сем. Chenopodiaceae). Ареал охватывает всю Европу кроме северных регионов, Западную и Восточную Сибирь, Среднюю Азию, Северную Африку, Переднюю Азию до Индии, Монголию, Тибет, завезен в Америку. Встречается на солонцах и вдоль дорог.

40. *Setaria glauca* (L.) P. Beauv. (сем. Poaceae). Распространен от Южной, Центральной и Восточной Европы до Северной Африки, Сибири и Восточной Азии. На территории заповедника встречен на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад» около родника.

41. *Solanum nigrum* L. (сем. Solanaceae). Произрастает в Европе и Азии, занесен в Северную Америку. Отмечен в бывшем поселке Старый Наурзум на заброшенных огородах.

42. *Stellaria graminea* L. (сем. Caryophyllaceae). Распространен в Европе, Монголии, Китае, Афганистане, в Европейской части бывшего СССР, Сибири (за исключением Арктики), в Средней Азии, Северном Кавказе, Дальнем Востоке. Ранее был отмечен в сосняке с примесью березы (Терсек), в зарослях кустарников, березовом колке (Сыпсын). Нами отмечен на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад» около родника.

43. *Taraxacum officinale* F.H. Wigg. (сем. Asteraceae). Распространен в Европе и большей части Азии. Ранее на территории заповедника отмечался редко под пологом леса.

В последние годы широко распространился. Встречен на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад», в бывшем поселке Старый Наурзум.

44. *Urtica dioica* L. (сем. Urticaceae). Распространен повсюду в умеренной зоне обоих полушарий. В заповеднике встречается у выходов грунтовых вод, около котлованов, в березняке костяничном (Сыпсын), на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад» около родника.

45. *Urtica urens* L. (сем. Urticaceae): Произрастает в Евразии, включая гималайские регионы Калимпонг, Дарджилинг и Сикким в Индии. Может быть найден в Северной Америке, Новой Зеландии и Южной Африке в качестве интродуцированного вида. Широко распространен на территории Костанайской области. В заповеднике встречается по берегу озера Аксуат [24].

46. *Xanthium strumarium* L. (сем. Asteraceae). Распространен в Евразии, Северной и Южной Америке, Австралии и Африке. Встречается на территории Бет-Агашского лесничества, на кордоне «Сад» около родника.

Анализ полученных материалов показал, что по степени специализации к пашенным условиям сорные растения на территории Наурзумского заповедника распределяются в основном по двум доминирующим группам (рис. 3).

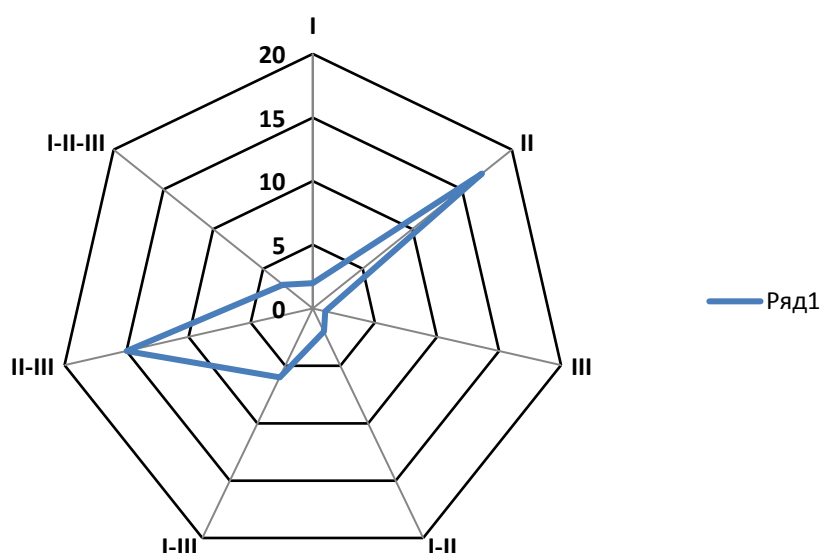


Рисунок 3 – Соотношение сорных растений по степени специализации к пашенным условиям (в процентах). Наурзумский заповедник, 2023 год.

Условные обозначения: I – пашенные (сорнополевые, сегетальные); II – мусорные (рудеральные); III – естественных угодий (на лугах, в степи, лесах, на обнажениях); I-II – сегетально-рудеральные; I-III – сегетально-естественные; II-III – рудерально-естественные; I-II-III – общие виды в трех местообитаниях.

Большинство выявленных видов сорных растений относится к рудеральным (мусорным) видам группы II – 17 видов (37 % от общего числа выявленных видов сорных растений). Почти равное предыдущему число видов сорных растений относится к группе рудерально-естественных видов (группа II-III) – 15 видов (33 % от общего числа). Наименьшее число сорных растений на территории Наурзумского заповедника представлено в I, I-II и III группах – не более 2 видов (4,3 %). Это, по-видимому, связано с тем, что сегетальные растения, как правило, редко встречаются на необрабатываемых почвах, и на территории заповедника отмечены преимущественно на противопожарных опашках лесов.

В составе флоры сорных растений, отмеченных на территории Наурзумского заповедника, большинство видов относится к следующим семействам: Asteraceae (27,1 %), Brassicaceae (15,2 %), Chenopodiaceae (10,9 %) и Poaceae (8,7 %).

Сравнение видового разнообразия сорных растений Наурзумского заповедника с сегетальной флорой сопредельных регионов выявило не только определенное сходство на уровне доминирующих семейств, но и существенные различия. Так, в Южном Зауралье, в сегетальной флоре зарегистрировано 127 видов, среди которых большинство видов относится к семействам Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae и Poaceae [8], тогда как на территории заповедника, расположенного южнее, в группе лидирующих семейств на третьем месте находится семейство Chenopodiaceae.

Вследствие антропогенной трансформации естественно-растительного покрова сформировалась целая группа растений, которая перешла из естественной среды обитания на территории, измененные человеком – апофиты. Во флоре Наурзумского заповедника были выявлены следующие виды, относящиеся к группе апофитов: *Agropyron cristatum*, *Ceratocephala orthoceras*, *Chorispora tenella*, *Orobancha cumana*, *Orobancha major*, *Salsola collina*, *Salsola tragus*, *Ranunculus repens*, *Stellaria graminea*, *Urtica dioica*, *Dodartia orientalis*.

Отмечено проникновение адвентивных видов на территорию заповедника, таких как: *Amaranthus blitoides*, *Amaranthus retroflexus*, *Ceratocephala orthoceras*, *Conyza canadensis*, *Malva mauritiana*, *Matricaria discoidea*.

Конспект флоры Наурзумского заповедника [20], составленный в середине 70-х годов прошлого века, включал 687 видов высших растений, из которых, по нашим подсчетам, относительное число сорных растений составляло 5,7 %. К настоящему времени флора высших растений заповедника включает 703 вида [20, 25], из которых доля сорных растений выросла до 6,5 %.

Выводы

Проникновению сорных растений на территорию заповедника в наибольшей степени способствуют: ежегодная опашка участков лесных культур, границ заповедника и охранной зоны, пирогенный фактор, собственно пожары и транспортная нагрузка.

В то же время, антропогенное влияние на территорию заповедника постепенно снижается: строго регламентируется проезд автотранспорта и проведение экскурсий; запрещен выпас скота; кордоны инспекторов, по современному законодательству Республики Казахстан, должны быть вынесены за пределы территории заповедника в охранную зону. Эти меры, по нашему мнению, не приведут к снижению видового разнообразия сорных растений, но будут способствовать восстановлению естественной растительности природных экосистем на нарушенных ранее участках.

Благодарности

Авторы благодарят руководство и сотрудников Наурзумского государственного природного заповедника за техническую помощь в период проведения исследований.

Список литературы

1. Лунева Н.Н. Сорные растения и сорная флора как основа фитосанитарного районирования (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182 (2). С. 139-150. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-139-150.
2. Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И. Степи Евразии. Л.: Наука, 1991. 146 с.
3. Брагина Т.М. Наурзумская экологическая сеть (история изучения, современное состояние и долгосрочное сохранение биологического разнообразия региона представительства природного объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО). Костанай: Костанайполиграфия, 2009. 200 с. ISBN 978-601-7109-10-3.
4. Брагина Т.М. Состав и структура сообществ почвенных беспозвоночных (мезофауна) Наурзумского заповедника. Костанай: ТОО «Полиграфия-Костанай», 2021. 188 с. ISBN 978-601-7640-54-5.

5. Кертешев Т.С., Абиева Д.К., Аяпбергенова Л.Х., Бибекин Н.А., Брагина Т.М., Изтелеуова Л.М., Карагулова Ж.К., Сейтхожаева Г., Тажмагамбет Т.К., Устемиров К.Ж. Карта особо охраняемых природных территорий Республики Казахстан. Nomination file 1102rev: UNESCO, 2008. С. 255. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/1102/documents> (дата обращения: 02.07.2023).
6. Брагина Т.М. Наурзумский и Коргалжинский заповедники включены в Список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО // КМПИ Жаршысы (Вестник КГПИ). 2009. № 1(13). С. 61-64.
7. Касьянов П.Ф., Мамытов М.М. Динамика видового состава сорных растений на севере Казахстана // Наука, образование, инновации: апробация результатов исследований: тезис. докл. Межд. (заоч.) науч.-практ. конф. Нефтекамск, 2018. С. 37-45.
8. Третьякова А.С., Кондратков П.В. Сорные растения Южного Зауралья // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2021. № 20-1. С. 433-436.
9. Лунева Н.Н., Мысник Е.Н., Бочкарев Д.В., Никольский А.Н., Кузоваткин Е.М. Эколого-географическое обоснование формирования видового состава сорных растений на территории Республики Мордовии // Аграрный научный журнал. 2017. № 6. С. 25-30.
10. Турсумбекова Г.Ш. Флористический состав сорных растений в условиях Северного Зауралья // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2006. № 5. С. 276.
11. Gourav Sharma, Jacob N. Barney, James H. Westwood, David C. Haak. Into the weeds: new insights in plant stress // Trends in Plant Science. 2021. Vol. 26. Is. 10. P. 1050-1060. DOI: 10.1016/j.tplants.2021.06.003.
12. Ke Chen, Haona Yang, Yajun Peng, Ducai Liu, Jingyuan Zhang, Zhenghong Zhao, Lamei Wu, Tao Lin, Lianyang Bai, Lifeng Wang. Genomic analyses provide insights into the polyploidization-driven herbicide adaptation in *Leptochloa* weeds // Plant Biotechnology Journal. 2023. P. 1642-1658. DOI: 10.1111/pbi.14065.
13. Regina S. Baucom. Evolutionary and ecological insights from herbicide-resistant weeds: what have we learned about plant adaptation, and what is left to uncover? // New Phytologist. 2019. Vol. 223. Is. 1. P. 68-82. DOI: 10.1111/nph.15723.
14. Mahaut L, Cheptou P.-O., Fried G, Munoz F., Storkey J., Vasseur F., Violle C., Bretagnolle F. Weeds: Against the Rules? // Trends in Plant Science. 2020. Vol. 25. Is. 11. P. 1107-1116. DOI: 10.1016/j.tplants.2020.05.013.
15. Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutman P.J.W., Squire G.R., Ward LK. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields // Weed Res. 2003. Vol. 43(2). P. 77-89. DOI: 10.1046/j.1365-3180.2003.00326.x.
16. Gerowitt B, Bertke E, Hespelt SK, Tute C. Towards multifunctional agriculture—weeds as ecological goods? // Weed Res. 2003. Vol. 43. P. 227-235. DOI: 10.1046/j.1365-3180.2003.00340.x.
17. Feledyn-Szewczyk B, Kuś J, Stalenga J, Adam K, Berbeć A.K., Radzikowski P. Organic Farming. 2016. P. 374. DOI: 10.5772/61353.
18. Gulyanov Yu. A., Chibilev A.A. Climatic conditions of the Urals and Western Siberia post-virgin regions and field crops productivity // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1138. P. 012030. DOI: 10.1088/1755-1315/1138/1/01/2030.
19. Левыкин С.В., Чибилев А.А., Гулянов Ю.А., Яковлев И.Г., Казачков Г.В. Современные представления о постцелинном географическом пространстве Евразии и России в свете текущих земельных реформ // Юг России: экология и развитие. 2022. № 4. С. 130-139. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-130-139.
20. Заугольнова Л.Б., Воронцова Л.И., Пугачев П.Г. Список видов Наурзумского заповедника // Флора и растительность Наурзумского государственного заповедника. М.: Минпрос. РСФСР, 1975. С. 76-141.
21. Зейнелова М.А. Мониторинг биоразнообразия флоры и растительности Наурзумского заповедника // Биологическое разнообразие азиатских степей: Материалы I междунар. науч. конф. Костанай: КГПИ, 2007. С. 248-251.

22. Брагина Т.М., Рулёва М.М. Особенности формирования растительных сообществ разновозрастных залежей в подзонах обыкновенных черноземов и темно-каштановых супесчаных почв // Алдамжаровские чтения – 2009: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Т. 2. Костанай: КСТУ, 2009. С. 215-222.
23. Рачковская Е.И., Брагина Т.М., Брагин Е.А., Ефстифеев Ю.Г. Влияние распашки земель на растительный покров и животный мир Костанайской области // Трансформация природных экосистем и их компонентов при опустынивании: Науч. сб. Алматы: Энвирс, 1999. С. 33-46.
24. Пугачев П.Г. Флора и растительность Тургайской впадины (состояние изученности проблемы) // Среда и жизнедеятельность: Сб. Костанай, 1994. С. 42-43.
25. Пережогин Ю.В., Бородулина О.В., Курлов С.И. Дополнение к флоре Наурзумского заповедника // КМПИ Жаршысы (Вестник КГПИ). 2022. № 4. С. 76-79.
26. Мальцев А.И. Сорная растительность СССР. М.: Сельхозгиз, 1932. 268 с.
27. Котт С.А. Сорные растения и борьба с ними. М.: Наука, 1955. 199 с.
28. Лунева Н.Н. Сорные растения: происхождение и состав // Вестник защиты растений. 2018. № 1 (95). С. 26-32.
29. Лунева Н.Н. Видовой состав сорных растений и тенденции его изменчивости в агроценозах Ленинградской области // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ. М.; Тула, 2003. С. 62-63.
30. Кондратков П.В., Третьякова А.С. Конспект сегетальной флоры Свердловской области // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2019. Вып. 1. С. 26-41. DOI: 10.17072/1994-9952-2019-1-26-41.
31. World Checklist of Vascular Plants, version 2.0. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew, 2021. URL: <http://wcvp.science.kew.org> (дата обращения: 20.03.2023).

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

Поступила в редакцию 11.09.2023

Принята к публикации 12.03.2024

WEEDS IN THE FLORA OF THE NAURZUM STATE NATURE RESERVE

***T. Bragina^{1,2}, M. Ruleva¹, M. Bobrenko¹**

¹Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Kazakhstan, Kostanay

²Azov-Black Sea branch of the Federal State Budgetary Institution "VNIRO" ("AzNIIRKh"),
Russia, Rostov-on-Don

*e-mail: tm_bragina@mail.ru

The article provides an analysis of the diversity of weeds in the flora of the Naurzum State Nature Reserve and the degree of their specialization. As a result of summarizing our materials and literature data, 46 species of weeds belonging to 41 genera from 17 families were identified in the flora of the reserve. Weed species make up 6.5% of the total number of species identified to date in the flora of the reserve. The studied species were divided into 7 groups, according to the degree of specialization of weeds to arable conditions — from segetal to ruderal flora. It has been established that the majority of weed species registered on the territory of the Naurzum Reserve belong to ruderal (37%) and ruderal-natural species (33%).

Key words: weed plants, Naurzum State Nature Reserve, segetal flora.

References

1. Luneva N.N. Sornye rasteniya i sornaya flora kak osnova fitosanitarnogo raionirovaniya (obzor). Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2021. N 182(2). S. 139-150. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-139-150.
2. Lavrenko E.M., Karamysheva Z.V., Nikulina R.I. Stepi Evrazii. L.: Nauka, 1991. 146 s.
3. Bragina T.M. Naurzumskaya ekologicheskaya set' (istoriya izucheniya, sovremennoe sostoyanie i dolgosrochnoe sokhranenie biologicheskogo raznoobraziya regiona predstavitel'stva prirodnogo ob'ekta Vsemirnogo naslediya YuNESKO). Kostanai: Kostanaipoligrafiya, 2009. 200 s. ISBN 978-601-7109-10-3.
4. Bragina T.M. Sostav i struktura soobshchestv pochvennykh bespozvonochnykh (mezofauna) Naurzumskego zapovednika. Kostanai: TOO «Poligrafiya-Kostanai», 2021. 188 s. ISBN 978-601-7640-54-5.
5. Kerteshev T.S., Abieva D.K., Ayapbergenova L.Kh., Bibekin N.A., Bragina T.M., Izteleuova L.M., Karagulova Zh.K., Seitkhozhaeva G., Tazhmagambet T.K., Ustemirov K.Zh. Karta osobo okhranyaemykh prirodnikh territorii Respubliki Kazakhstan. Nomination file 1102rev: UNESCO, 2008. S. 255. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/1102/documents> (data obrashcheniya: 02.07.2023).
6. Bragina T.M. Naurzumskii i Korgalzhinskii zapovedniki vklyucheny v Spisok Vsemirnogo prirodnogo naslediya YuNESKO. KMPI Zharshysy (Vestnik KGPI). 2009. N 1 (13). S. 61-64.
7. Kas'yanov P.F., Mamytov M.M. Dinamika vidovogo sostava sornykh rastenii na severe Kazakhstana. Nauka, obrazovanie, innovatsii: aprobatziya rezul'tatov issledovaniy: tezis. dokl. Mezhd. (zaoch.) nauch.-prakt. konf. Neftekamsk, 2018. S. 37-45.
8. Tret'yakova A.S., Kondratkov P.V. Sornye rasteniya Yuzhnogo Zaural'ya. Problemy botaniki Yuzhnoi Sibiri i Mongolii. 2021. N 20-1. S. 433-436.
9. Luneva N.N., Mysnik E.N., Bochkarev D.V., Nikol'skii A.N., Kuzovatkin E.M. Ekologo-geograficheskoe obosnovanie formirovaniya vidovogo sostava sornykh rastenii na territorii Respubliki Mordovii. Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2017. N 6. S. 25-30.
10. Tursumbekova G.Sh. Floristicheskii sostav sornykh rastenii v usloviyakh Severnogo Zaural'ya. Problemy botaniki Yuzhnoi Sibiri i Mongolii. 2006. N 5. S. 276.
11. Gourav Sharma, Jacob N. Barney, James H. Westwood, David C. Haak. Into the weeds: new insights in plant stress. Trends in Plant Science. 2021. Vol. 26. Is. 10. P. 1050-1060. DOI: 10.1016/j.tplants.2021.06.003.
12. Ke Chen, Haona Yang, Yajun Peng, Ducai Liu, Jingyuan Zhang, Zhenghong Zhao, Lamei Wu, Tao Lin, Lianyang Bai, Lifeng Wang. Genomic analyses provide insights into the polyploidization-driven herbicide adaptation in *Leptochloa* weeds. Plant Biotechnology Journal. 2023. P. 1642-1658. DOI: 10.1111/pbi.14065.
13. Regina S. Baucom. Evolutionary and ecological insights from herbicide-resistant weeds: what have we learned about plant adaptation, and what is left to uncover? New Phytologist. 2019. Vol. 223. Is. 1. P. 68-82. DOI: 10.1111/nph.15723.
14. Mahaut L, Cheptou P.-O., Fried G, Munoz F., Storkey J., Vasseur F., Violle C., Bretagnolle F. Weeds: Against the Rules? Trends in Plant Science. 2020. Vol. 25. Is. 11. P. 1107-1116. DOI: 10.1016/j.tplants.2020.05.013.
15. Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutman P.J.W., Squire G.R., Ward L.K. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. Weed Res. 2003. Vol. 43(2). P. 77-89. DOI: 10.1046/j.1365-3180.2003.00326.x.
16. Gerowitt B, Bertke E, Hespelt SK, Tute C. Towards multifunctional agriculture—weeds as ecological goods? Weed Res. 2003. Vol. 43. P. 227-235. DOI: 10.1046/j.1365-3180.2003.00340.x.
17. Feledyn-Szewczyk B, Kuś J, Stalenga J, Adam K, Berbeć A.K., Radzikowski P. Organic Farming. 2016. P. 374. DOI: 10.5772/61353.

18. Gulyanov Yu. A., Chibilev A.A. Climatic conditions of the Urals and Western Siberia post-virgin regions and field crops productivity. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1138. P. 012030. DOI: 10.1088/1755-1315/1138/1/01/2030.
19. Levykin S.V., Chibilev A.A., Gulyanov Yu.A., Yakovlev I.G., Kazachkov G.V. Sovremennye predstavleniya o posttselinnom geograficheskom prostranstve Evrazii i Rossii v svete tekushchikh zemel'nykh reform. Yug Rossii: ekologiya i razvitie. 2022. N 4. S. 130-139. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-130-139.
20. Zaugol'nova L.B., Vorontsova L.I., Pugachev P.G. Spisok vidov Naurzumskogo zapovednika. Flora i rastitel'nost' Naurzumskogo gosudarstvennogo zapovednika. M.: Minpros. RSFSR, 1975. S. 76-141.
21. Zeinelova M.A. Monitoring bioraznoobraziya flory i rastitel'nosti Naurzumskogo zapovednik. Biologicheskoe raznoobrazie aziatskikh stepei: Materialy I mezhdunar. nauch. konf. Kostanai: KGPI, 2007. S. 248-251.
22. Bragina T.M., Ruleva M.M. Osobennosti formirovaniya rastitel'nykh soobshchestv raznovozrastnykh zalezhei v podzonakh obyknovennykh chernozemov i temno-kashtanovykh supeschanykh pochv. Aldamzharovskie chteniya – 2009: Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. T. 2. Kostanai: KSTU, 2009. S. 215-222.
23. Rachkovskaya E.I., Bragina T.M., Bragin E.A., Efstifeev Yu.G. Vliyanie raspashki zemel' na rastitel'nyi pokrov i zhivotnyi mir Kostanaiskoi oblasti. Transformatsiya prirodnykh ekosistem i ikh komponentov pri opustynivanii: Nauch. sb. Almaty: Envirs, 1999. S. 33-46.
24. Pugachev P.G. Flora i rastitel'nost' Turgaiskoi vpadiny (sostoyanie izuchennosti problemy). Sreda i zhiznedeyatel'nost': Sb. Kostanai, 1994. S. 42-43.
25. Perezhogin Yu.V., Borodulina O.V., Kurlov S.I. Dopolnenie k flore Naurzumskogo zapovednika. KMPI Zharshysy (Vestnik KGPI). 2022. N 4. S. 76-79.
26. Mal'tsev A.I. Sornaya rastitel'nost' SSSR. M.: Sel'khozgiz, 1932. 268 s.
27. Kott S.A. Sornye rasteniya i bor'ba s nimi. M.: Nauka, 1955. 199 s.
28. Luneva N.N. Sornye rasteniya: proiskhozhdenie i sostav. Vestnik zashchity rastenii. 2018. N 1 (95). S. 26-32.
29. Luneva N.N. Vidovoi sostav sornykh rastenii i tendentsii ego izmenchivosti v agrotsenozakh Leningradskoi oblasti. Problemy izucheniya adventivnoi i sinantropnoi flory v regionakh SNG. M.; Tula, 2003. S. 62-63.
30. Kondratkov P.V., Tret'yakova A.S. Konspekt segetal'noi flory Sverdlovskoi oblasti. Vestnik Permskogo universiteta. Ser. Biologiya. 2019. Vyp. 1. S. 26-41. DOI: 10.17072/1994-9952-2019-1-26-41.
31. World Checklist of Vascular Plants, version 2.0. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew, 2021. URL: <http://wcvp.science.kew.org> (data obrashcheniya: 20.03.2023).

Сведения об авторах:

Брагина Татьяна Михайловна

Д.б.н., профессор, профессор кафедры естественно-научных дисциплин, НАО «Костанайский региональный университет им. А. Байтурсынова»; главный научный сотрудник Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»)

ORCID 0000-0002-5568-9082

Bragina Tatiana

Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor of the Science Department, Kostanay Regional University named after A. Baitursynov; Chief Scientific Researcher, Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH")

Рулёва Мария Михайловна

Магистр биологии, старший преподаватель кафедры естественно-научных дисциплин, НАО «Костанайский региональный университет им. А. Байтурсынова»

Rulyova Mariya

Master of Biology, Senior Lecturer. Department of Natural Science Disciplines, Kostanay Regional University named after A. Baitursynov

Бобренко Марина Александровна

Магистр биологии, старший преподаватель кафедры естественно-научных дисциплин, НАО «Костанайский региональный университет им. А. Байтурсынова»

Bobrenko Marina

Master of Biology, Senior Lecturer, Department of Natural Science Disciplines, Kostanay Regional University named after A. Baitursynov

Для цитирования: Брагина Т.М., Рулёва М.М., Бобренко М.А. Сорные растения во флоре Наурзумского государственного природного заповедника // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 68-81. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-68-81

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕДОСБОРА В СТЕПНОМ ПРИДОНЬЕ

***И.Д. Самсонова^{1,2}, П.В. Сидаренко³**

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Россия, Санкт-Петербург

²Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Россия, Уфа

³Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Россия, Новочеркасск
e-mail: *isamsonova18@mail.ru

Изучение медоносных ресурсов с помощью современных методов оценки позволяет более точно определять факторы, влияющие на здоровье и выживаемость пчел, и разрабатывать стратегии для их защиты. Основной проблемой прогнозирования медосбора является недостаток информации о степном природном ландшафте и его медоносных ресурсах. Поэтому требуется проведение исследований и сбор данных для получения более полных представлений о местонахождении медоносных растений, пчел и других факторах, связанных с пчелиной промышленностью. Необходимо внедрение новых технологий и методов для всестороннего исследования медоносных ресурсов и прогнозирования медосборов в степном Придони. В районе исследования выявлен ряд причин, оказывающих влияние на получение низкого, нестабильного медосбора. В статье рассмотрены современные методы прогнозирования сбора нектара в степи такие, как спутниковое зондирование и геопространственный анализ с помощью методов, включающих использование индекса вегетации NDVI, использование метеорологических моделей и климатических прогнозов, применение датчиков и системы безопасности для мониторинга и управления пчелиными ульями. Выбор моделей для прогнозирования сбора нектара в степи зависит от доступных данных, целей и характеристик исследования. Все эти методы могут быть объединены для достижения более точных прогнозов сбора нектара в степи.

Ключевые слова: новые технологии, медоносные ресурсы, спутниковое зондирование, индекс вегетации, метеорологические модели.

Введение

Пчеловодство играет важную роль в сельском хозяйстве и экосистеме [1, 2]. Медоносные пчелы являются важными опылителями многих культурных и дикорастущих растений, что в свою очередь способствует повышению урожайности и обильному развитию разнообразных растений [3, 4, 5]. Изучение медоносных ресурсов помогает выделить значительные площади для охвата их популяции и экосистемы [6].

Пчелы встречаются с угрозами, включая изменение климата [7, 8], исчезновение места обитания [9], загрязнение окружающей среды, использование пестицидов и паразитов. Изучение медоносных ресурсов с помощью современных методов оценки позволяет более точно определять факторы [10], влияющие на здоровье и выживаемость пчел, и разрабатывать стратегии для их защиты.

Использование в научных исследованиях различных методов помогает в выборе видов растений и насекомых, анализе и прогнозировании популяций пчел и их взаимозависимости. Это такие методы, как обнаружение, анализ генетических данных, дистанционное зондирование [11], использование систем выявления и моделирование, применение новых возможностей для более точного и всестороннего исследования медоносных ресурсов.

Одной из основных проблем прогнозирования медосбора является недостаток информации о степном природном ландшафте и его медоносных ресурсах. Возможно,

требуется проведение исследований и сбор данных для получения более полных представлений о местонахождении медоносных растений, пчел и других факторах, связанных с пчелиной промышленностью.

Некоторые степные природные ландшафты, необходимые для проведения полевых исследований, удалены или труднодоступны. Это приводит к использованию значительных ресурсов для организаций экспедиций, транспорта и населения на удаленных территориях. Степные природные ландшафты часто подвержены воздействию человека, такому как изменение землепользования, развитие сельского хозяйства и промышленности, что негативно сказывается на медоносных ресурсах.

В научные исследования необходимо внедрение новых технологий и методов, дистанционное зондирование, дроны [11, 12], географические информационные системы (ГИС), моделирование и машинное исследование. Для реализации инновационных предложений необходимо дополнительно проведение экспертизы исследований, а также обучение персонала и доступ к необходимому оборудованию.

Решение данных проблем требует комплексного управления процессом исследования, включающего сотрудничество между учеными, экспертами в области пчеловодства, экологами и другими заинтересованными группами.

Необходимо разработать методы оценки и анализа данных, чтобы систематизировать полезную информацию из больших объемов данных, и применить их для принятия решений в пчеловодстве и охране степных природных ландшафтов.

Цель исследования – рассмотреть современные методы прогнозирования медосбора в степном Придонуе для получения экологически чистой продукции пчеловодства.

Задачи исследования:

- Дать характеристику району исследования;
- Изучить видовой состав медоносных ресурсов и определить районы потенциально продуктивного медосбора;
- Указать причины, оказывающих влияние на получение низкого, нестабильного медосбора;
- рассмотреть современные методы прогнозирования медосбора в степном Придонуе для выделения зоны с высоким потенциалом нектаровыделения и использования экологически чистого ресурсного состава.

Материалы и методы

Территория Ростовской области расположена на юго-востоке Европейской части Российской Федерации между 45°58'-50°13' северной широты и 38°11'-44°20' восточной долготы.

Медоносные угодья и природно-климатические условия степного Придонуа характеризуются большой изменчивостью. Осень, как правило, сухая, теплая. Зима малоснежная, умеренно холодная. Большой интерес для роста и развития медоносных растений представляет информация о заморозках. Из неблагоприятных природных факторов для медосбора, главную опасность представляют высокие температуры и сильные ветры (суховеи). В отдельные годы они могут совершенно остановить нектаровыделение из цветков растений. Только в оврагах и балках медоносные растения укрыты и стабильно выделяют нектар. Смена растительных ассоциаций происходит с севера на юг согласно закону широтной зональности, а также с запада на восток по мере нарастания степени континентальности.

Почвы долины Дона и его притоков весьма разнообразны. Они представлены аллювиальными, луговыми, лугово-аллювиальными, лугово-болотными почвами и луговыми солонцами. В пределах Ростовской области выделено 5 районов медосбора (рис. 1), различающихся между собой по состоянию поверхности территории (мезорельефу) и растительного покрова, почвенно-климатических и других показателей окружающей среды.

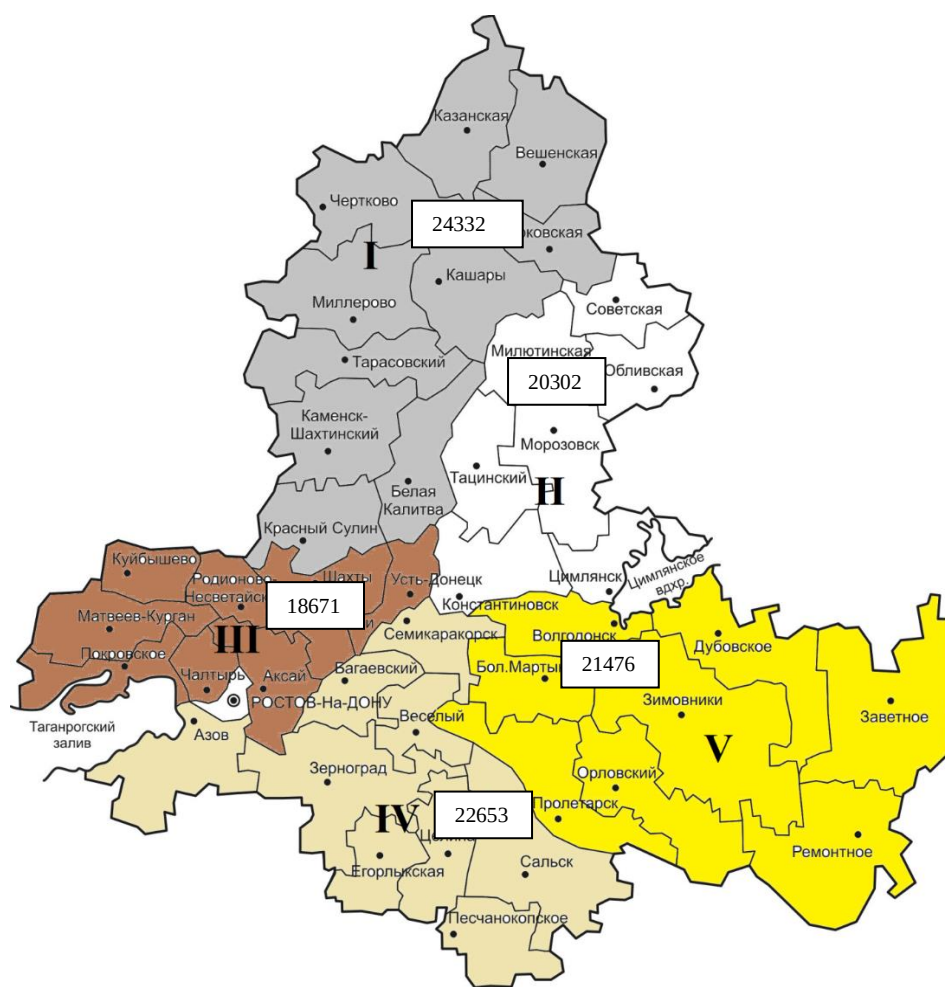


Рисунок 1 – Карта-схема районов медосбора и данные по биоресурсному потенциалу (тонны) для медосбора Ростовской области

1 район медосбора характеризуется высоким, стабильным медосбором, с пониженным загрязнением окружающей среды. В благоприятных микроклиматических и эдафорографических условиях произрастает более 1200 видов растений, большинство из них энтомофильные, многие из которых медоносные и перганосные. Общая лесистость территории достигает 9,9% (наивысшая по области). Здесь важное значение имеют также сельскохозяйственные медоносы. В этом районе, с пониженным загрязнением окружающей среды, передовые пчеловоды получают устойчивые, высокие медосборы, достигающие 100 кг товарного меда и более.

2 район медосбора характеризуется хорошим, менее стабильным медосбором, с пониженным загрязнением окружающей среды. Благоприятные условия для произрастания древесно-кустарниковой и травянистой растительности. Лесистость территории достигает 6,0 %. На сельскохозяйственных землях района значительная площадь защитных лесных насаждений из робинии.

Экологическое состояние окружающей среды не вызывает опасения, промышленных предприятий мало. Медосбор хороший, в отдельные годы достигает 50-70 кг товарного меда.

3 район медосбора характеризуется хорошим, нестабильным медосбором, со средним, местами высоким загрязнением окружающей среды. Естественная древесная и кустарниковая растительность развита слабо, лесов меньше. Общая лесистость территории не превышает 4,3 %.

Сельскохозяйственные медоносы представлены подсолнечником, рапсом, реже гречихой, бахчевыми и овощными культурами, плодовыми, ягодными насаждениями и кормовыми травами (эспарцет, люцерна).

По природно-экономическому районированию – территория относится к четвертой скотоводческо-зерновой зоне с пригородным хозяйством. Направление пчеловодства опыленческое. Основной медосбор робиниево-подсолнечниковый.

В районе давно сложилась напряженная экологическая обстановка, связанная с повышенным загрязнением окружающей среды. Выбросы промышленных предприятий и электростанций покрывают значительную площадь района медосбора, что снижает качество нектара.

По количеству меда - медосбор хороший, но нестабильный, в отдельные годы превышает 50 кг товарного меда. Случаев массовой гибели пчел от отравлений выбросами предприятий загрязнителей не отмечалось.

4 район медосбора характеризуется удовлетворительным, стабильным, редко хорошим медосбором, со средним загрязнением окружающей среды. Лесистость территории 3,5 %. Это наиболее благоприятный район для возделывания основных сельскохозяйственных культур и значительной площадью орошаемых земель. В кормовом балансе пчеловодства этого района преобладают сельскохозяйственные медоносные растения. Лесные насаждения расположены на землях транспорта и землях сельскохозяйственного назначения. Медосбор менее стабильный, достигает 30-50 кг товарного меда. В районе повышенное загрязнение окружающей среды выбросами промышленных предприятий, что снижает качество медосборных условий. В перспективе в этом районе следует развивать экспериментальные пчелопасеки по производству маток и пакетов пчел для снабжения ими северных районов России.

5 район медосбора характеризуется пониженным, нестабильным медосбором, с пониженным загрязнением окружающей среды. Лесистость территории не превышает 2,1 %. Медосбор этого района не стабильный, осложняется погодными условиями - до 100 дней за теплый период, дуют суховеи и 23 дня пыльные бури. Этот район отличается пониженным загрязнением окружающей среды. В благоприятные годы сбор меда достигает 40-50 кг.

Для изучения видового става медоносных ресурсов проводились учетные работы. Определение площадей продуктивных медосборов на территории области проводилось с вычислением биоресурсного потенциала по угодьям с учетом целевого назначения (леса, сельскохозяйственные земли, защитные полосы) по районам медосбора.

Результаты и обсуждение

Степное Придонье отличается видовым разнообразием медоносных растений. В степной местности можно встретить множество травянистых растений (*Glechoma hederacea* L., *Valeriana officinalis* L., *Trifolium pratense* L., *Trifolium medium* L., *Galium aparine* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Arctium lappa* L., *Taraxacum officinale* L., *Stachys palustris* L., *Marrubium praecox* L.), кустарников (*Salix*, *Acer*, *Elaeagnus angustifolia* L., *Amorpha fruticosa* L., *Rhamnus cathartica* L., *Ligustrum vulgare* L., *Prunus pudus* L., *Loniceratatarica* L. и *Caragana arborescens* L.) и деревьев (*Robinia pseudoacacia* L., *Fraxinus lanceolata* L., *Acer negundo* L., *Armeniaca vulgaris* L.), которые привлекают пчел и других опылителей пыльцой и нектаром [13, 14, 15]. Медоносные растения в степном Придонье имеют сезонность в цветении и нектаровыделении. Разные виды растений в разное время года являются постоянным источником пищи для пчел. При этом нектаропыльценосы характеризуются эколого-биологическими свойствами, которые приспособили их к сухим и жарким условиям степи. Медоносные растения являются источником питания не только для пчел и опылителей, но и для других животных, таких как насекомоядные птицы, бабочки и дикие животные. Они играют ключевую роль в поддержании биологического разнообразия и экосистемного баланса в степной местности.

В степном Придонье выявлено несколько причин возникновения недостаточного сбора нектара. Глобальное изменение климата может иметь серьезное воздействие на степное Придонье. Изменения в осадках, температуре и сезонных характеристиках могут стать причиной роста и цветения медоносных растений. Экстремальные погодные условия, такие как длительные засухи или обильное выпадение осадков, резкие колебания ночных и дневных

температур воздуха, могут ограничивать рост и развитие растений, а следовательно, и нектаровыделение.

Медоносные растения в степи имеют ограниченное время цветения и нектаровыделения. Использование земельных участков для развития сельского хозяйства, строительства или промышленности может привести к исчезновению медоносных растений. Это ведет к уменьшению площади медоносных угодий в степного Придонья и сокращению получения нектара пчелами.

Использование пестицидов и загрязнение окружающей среды в сельском хозяйстве и других формах земледелия может оказывать отрицательное воздействие на медоносные растения. Химические препараты вызывают уничтожение или отторжение пчел и других поллинизаторов, а также оказывают негативное воздействие на цветение и качество нектара.

Практическая деятельность пчеловодов заключается в наблюдении за появлением у цветов пчел, собирающих нектар и пыльцу, для оценки активности и частоты их посещений на медоносах.

Научная новизна исследования заключается в обнаружении местоположения зоны с высоким потенциалом нектаровыделения с помощью географических информационных систем и использовании нормированного разностного индекса растительности (NDVI) для наблюдения за состоянием растительности, что представляет собой инновационный подход к исследованию медоносных ресурсов; в использовании удаленного зондирования и спутниковых моделей данных в сопоставлении географического распространения и цветения медоносных растений, что является современным и эффективным методом, позволяющим более точно определить зону с высоким потенциалом нектаровыделения.

Существует несколько современных методов прогнозирования сбора нектара в степи.

С помощью *спутникового зондирования и геопространственного анализа* можно оценить состояние растительности и ее фенологические изменения в степной местности. Это позволяет прогнозировать массу зеленой массы и цветение растений, включая, например, распространение, особенности цветения и нектаровыделения главного медоноса *Robinia pseudoacacia*. С помощью современных методов можно оценить некоторые параметры, такие, как индекс вегетации NDVI (нормализованный разностный индекс растительности) и данные о температуре поверхности [16], которые взяты для определения пикового периода нектаровыделения.

С помощью спутникового зондирования и анализа NDVI можно получить сведения о площадях растительности и фенологических изменениях в степной местности, включая *Robinia pseudoacacia*. Измерение и мониторинг NDVI с течением времени позволяют определить периоды повышенной зеленой массы и цветения, которые, в свою очередь, влияют на нектаровыделение и помогают определить медоносную ценность *Robinia pseudoacacia*.

Таким образом, анализ NDVI может помочь в прогнозировании сбора нектара *Robinia pseudoacacia* в условиях степного Придонья.

Формула расчета индекса вегетации NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) выглядит следующим образом:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

В данной формуле NIR представляет собой отражение света в ближнем инфракрасном спектральном спектре, а RED – отражение света в видимом красном спектральном спектре. Для оценки NDVI измеряются значения отражения света в ближнем инфракрасном диапазоне и видимом красном спектральном диапазоне. Результатом оценки является число, которое находится в пределах от -1 до +1, где показаны ограничения на отсутствие растительности, значения около нуля свидетельствуют о наличии неразвитой или стрессовой растительности, а более высокие значения переносятся на более здоровую и плотную растительность.

Таким образом, индекс вегетации NDVI дает информацию о зеленой биомассе и активности фотосинтезирующих растений, что применяется для оценки состояния и развития растительности, включая *Robinia pseudoacacia*, в степной местности.

Использование *метеорологических моделей и климатических прогнозов* позволяет оценить влияние природных условий на цветение и нектаровыделение растений в степи. Это включает анализ температуры [17], закономерностей погодных явлений и других показателей, которые влияют на активность и продуктивность цветущих растений.

Использование данных о сборе нектара и климатических условиях позволяет создать модели для прогнозирования ожидаемых сборов. Это поможет провести анализ сезонных вариаций и взаимосвязей между нектаровыделением и климатическими факторами.

В частных пчеловодческих хозяйствах все больше *используются датчики и системы безопасности* для мониторинга и управления пчелиными ульями [18]. Эти системы собирают данные о пасеке, активности пчел, уровне запасов пищи и других параметрах. Анализ данных позволяет определить связь между активностью пчел и сбором нектара в степной местности.

Все эти методы могут быть объединены для достижения более точных прогнозов сбора нектара в степи.

Важно принять во внимание, что выбор моделей зависит от доступных ресурсов, экспертизы и целей исследования. Комбинация различных методов и подходов позволит достичь более точные прогнозы сбора нектара в степи.

Первоначальный этап состоит в *анализе состава данных* о сборе нектара в степи. Это позволяет выявить основные факторы, влияющие на нектаровыделение, и определить, какие модели и подходы могут быть применимы для прогнозирования. Например, используя статистические методы, такие как регрессионный анализ, для определения связей между нектаровыделением и факторами, такими, как температура, осадки и фазы развития растений [15].

Моделирование на основе вычислений процессов. В некоторых случаях используются модели, которые учитывают биологические процессы, связанные с нектаровыделением. Например, можно использовать модели фотосинтеза и фенологии растений для прогнозирования времени и объема нектаровыделения *Robinia pseudoacacia* в степи.

Моделирование на основе географической информации. Географическая информационная система (ГИС) позволяет определить *Robinia pseudoacacia* в степи и выделить зону с высоким потенциалом нектаровыделения.

Современные методы машинного обучения, такие как нейронные сети или случайные леса, применяются для прогнозирования сбора нектара на основе большого объема данных, включая информацию о погоде, почве, физиологии растений и их состоянии.

Научная значимость прогнозирования медосбора заключается в использовании современных методов исследований и инновационных технологий для прогнозирования медосбора, что может привести к развитию новых подходов анализа и мониторинга медоносных ресурсов.

Практическая значимость прогнозирования медосбора:

- Результаты исследования могут быть использованы для определения охраняемых зон и разработки мер по сохранению значительного места обитания медоносных растений и насекомых-опылителей;
- Знание о медоносных ресурсах может помочь сбалансировать их использование с сохранением биоразнообразия и использования экологически чистого ресурсного состава;
- Знание о зонах с высоким потенциалом нектаровыделения может помочь сельскому хозяйству увеличить использование агрокультуры и выращивания медоносных растений, что может увеличить урожайность и качество сельскохозяйственной продукции.

Выводы

Медоносные ресурсы степного Придонья являются значимыми и требуют изучения с использованием инновационных методов. Это связано с их важной ролью в поддержании биологического разнообразия и обеспечении пищевых ресурсов для насекомых-опылителей.

Прогнозирование сбора нектара в степном Придонье может быть осуществлено с использованием различных методов, таких как моделирование и применение географических

информационных систем. Это помогает определить зоны с высоким потенциалом нектаровыделения и позволяет более эффективно планировать сбор меда.

Нормализованный разностный индекс растительности (NDVI) является полезным инструментом для оценки состояния растительного покрова. Он основан на разнице между отраженным ближним инфракрасным излучением и отраженным красным излучением растений и может быть использован для мониторинга и анализа состояния растительности в степном Придонье.

Современные технологии, такие как дистанционное зондирование, использование спутниковых данных и моделирование, играют важную роль в составлении географической модели распространения и цветения медоносных растений в степном Придонье. Они обеспечивают основу для принятия решений в сельском хозяйстве и охране природы.

Важно учитывать множество факторов, влияющих на медоносную базу степного Придонья, включая климатические условия, биологическое разнообразие, изменение использования земли и загрязнение окружающей среды. Эти факторы могут ограничивать доступность нектара и влиять на популяции медоносных растений и насекомых-опылителей.

Для сохранения и поддержания медоносной базы в степном Придонье необходимо проводить дальнейшие исследования территории медоносных угодий, разработку и внедрение соответствующих мер и программ, таких как выращивание и восстановление медоносных растений, создание охраняемых зон для сохранения их естественных местообитаний, контроль использования пестицидов и химических удобрений, а также знания и осведомленность об экологической значимости медоносной базы.

Также, важным аспектом является сотрудничество между научными исследователями, сельскими хозяйственными предприятиями и организациями охраны природы. Взаимодействие и обмен знаниями позволят эффективно разрабатывать и внедрять меры по устойчивому управлению медоносными ресурсами и сохранению их биологического разнообразия в степном Придонье.

Список литературы

1. Vassilev K.V., Assenov A.I., Veleв N.I., Grigorov B.G., Borissova B.B. Distribution, Characteristics and Ecological Role of Protective Forest Belts in Silistra Municipality, Northeastern Bulgaria // *Ecologia Balcanica*. 2019. Vol. 11. Is. 1. P. 191-204.
2. Szczurek A., Maciejewska M., Batog P. Monitoring System Enhancing the Potential of Urban Beekeeping // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13(1): 597. DOI: 10.3390/app13010597.
3. Кашковский В.Г. Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский филиал ФГУП «Изд-во Наука», 2021. 423 с.
4. Плахова А.А. Индивидуальные различия у пчелиных семей по сбору обножки // *Пчеловодство*. 2007. № 1. С. 48-49.
5. Kremen C., Williams N.M., Bugg R.L., Fay J.P., Thorp R.W. The Area Requirements of an Ecosystem Service: Crop Pollination by Native Bee Communities in California // *Ecology Letters*. 2004. No. 7(11). P. 1109-1119. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2004.00662.x.
6. Фенетическое разнообразие медоносных пчел на территории геопарка «Торатау» / Сагитов С.Т., Саттаров В.Н., Абдрахимова Ю.Р., Зайнуллина Г.Р., Султанова Р.Р., Ханнанова Л.Ф., Денисов Д.А., Нуркаева М.Р., Нафиков С.Т., Исхаков Ю.Г., Ильясов Р.А., Миннигулов Р.И. // *Пчеловодство*. 2022. № 10. С. 12-15.
7. Земскова Н.Е., Мельникова Е.Н., Саттаров В.Н. Влияние изменения климата на медоносный конвейер // *Пчеловодство*. 2022. № 10. С. 16-17.
8. Улугов О.П., Шарипов А., Саттаров В.Н. Влияние опасных последствий изменения климата на пчелиные семьи // XII Ломоносовские чтения: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню таджикской науки и 30-летию установления дипломатических отношений между Республикой Таджикистан и Российской Федерацией. Душанбе, 2022. С. 359-363.
9. Саттаров В.Н. Численность популяции медоносной пчелы в лесостепной и степной зонах Башкортостана // *Пчеловодство*. 2009. № 6. С. 13-15.

10. Саттаров В.Н., Самсонова И.Д., Морев И.А., Ильясов Р.А. Фундаментальные методы исследований в пчеловодстве и их результаты. Уфа: БГПУим. М. Акмуллы, 2023. 183 с.
11. Алексеев А.С., Черниховский Д.М. Оценка жизненного состояния древостоев на основе материалов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и коротковолнового вегетационного индекса SWVI // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы VI Всерос. науч.-техн. конф. Санкт-Петербург, 2021. С. 19-22.
12. Ермаченко Н.В., Евдокимов А.О. Беспилотные летательные аппараты вертикального взлета и безопасность // Методы науки. 2017. № 3(4). С. 90-91.
13. Самсонова И.Д. Ресурсный потенциал медоносных растений степного Придонья // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 1 (391). С. 51-64. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-51-64.
14. Самсонова И.Д. Современное состояние и оценка ресурсного потенциала медоносных угодий Донского бассейна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (94). С. 71-79. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-71-78
15. Самсонова И.Д., Саттаров В.Н. Ресурсный потенциал угодий для медосбора степного Придонья. Воронеж, 2021. 210 с.
16. Zhangyan Jiang, Alfredo R. Huete, Jin Chen, Yunhao Chen, Jing Li, Guangjian Yan, Xiaoyu Zh. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction // Remote Sensing of Environment. 2006. Vol. 101. Is. 3. P. 366-378. DOI:10.1016/j.rse.2006.01.003.
17. Самсонова И.Д., Гильманова Г.Р. Влияние метеорологических факторов на морфо-биологические признаки *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. // Пчеловодство холодного и умеренного климата: Материалы V-й междунар. науч.-практ. конф. Псков, 2021. С. 21-27.
18. Barlow S.E., O'Neill M.A. Technological advances in fields studies of pollinator ecology and the future of e-ecology // Curr Opin Insect Sci. 2020. Apr; 38. P. 15-25. DOI: 10.1016/j.cois.2020.01.008.

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

Поступила в редакцию 30.06.2023
Принята к публикации 12.03.2024

MODERN METHODS OF PREDICTING FOR HONEY COLLECTION IN THE STEPPE REGION

***I. Samsonova^{1,2}, P. Sidarenko³**

¹St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, Russia, St. Petersburg

²Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Russia, Ufa

³Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunova Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Agrarian University, Russia, Novocherkassk

e-mail: *isamsonova18@mail.ru

The study of honey resources through modern assessment methods allows for more accurate identification of factors affecting bee health and survival and the development of strategies to protect them. The main problem of honey harvest forecasting is the lack of information about the steppe natural landscape and its honey-bearing resources. Therefore, research and data collection are required to obtain more complete understanding of the location of honey plants, bees and other factors related to the bee industry. It is necessary to introduce new technologies and methods for a

comprehensive study of honey-bearing resources and forecasting honey collections in the steppe Pridonya. A number of reasons have been identified in the study area that have an impact on obtaining a low, unstable honey harvest. The article discusses modern methods of forecasting nectar harvesting in the steppe, such as satellite sensing and geospatial analysis using methods including the use of the NDVI, the use of meteorological models and climate forecasts, sensors and security systems for monitoring and managing bee hives. The choice of models for predicting nectar collection in the steppe depends on the available data, goals and characteristics of the study. All these methods can be combined to achieve more accurate forecasts of nectar harvesting in the steppe.

Key words: new technologies, honey resources, satellite sensing, vegetation index, meteorological models.

References

1. Vassilev K.V., Assenov A.I., Velez N.I., Grigorov B.G., Borissova B.B. Distribution, Characteristics and Ecological Role of Protective Forest Belts in Silistra Municipality, Northeastern Bulgaria. *Ecologia Balcanica*. 2019. Vol. 11. Is. 1. P. 191-204.
2. Szczurek A., Maciejewska M., Batog P. Monitoring System Enhancing the Potential of Urban Beekeeping. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13(1): 597. DOI: 10.3390/app13010597.
3. Kashkovskii V.G. Soderzhanie i razvedenie medonosnykh pchel *Apis mellifera* L. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskii filial FGUP «Izd-vo Nauka», 2021. 423 s.
4. Plakhova A.A. Individual'nye razlichiya u pchelinykh semei po sboru obnozhki. *Pchelovodstvo*. 2007. N 1. S. 48-49.
5. Kremen C., Williams N.M., Bugg R.L., Fay J.P., Thorp R.W. The Area Requirements of an Ecosystem Service: Crop Pollination by Native Bee Communities in California. *Ecology Letters*. 2004. No. 7(11). P. 1109-1119. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2004.00662.x.
6. Feneticheskoe raznoobrazie medonosnykh pchel na territorii geoparka «Toratau» /Sagitov S.T., Sattarov V.N., Abdrakhimova Yu.R., Zainullina G.R., Sultanova R.R., Khannanova L.F., Denisov D.A., Nurkaeva M.R., Nafikov S.T., Iskhakov Yu.G., Il'yasov R.A., Minnigulov R.I. *Pchelovodstvo*. 2022. N 10. S. 12-15.
7. Zemskova N.E., Mel'nikova E.N., Sattarov V.N. Vliyanie izmeneniya klimata na medonosnyi konveier. *Pchelovodstvo*. 2022. N 10. S. 16-17.
8. Ulugov O.P., Sharipov A., Sattarov V.N. Vliyanie opasnykh posledstviy izmeneniya klimata na pchelinye sem'i. XII Lomonosovskie chteniya: Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. Dnyu tadzhikskoi nauki i 30-letiyu ustanovleniya diplomaticheskikh otnoshenii mezhdru Respublikoi Tadjikistan i Rossiiskoi Federatsiei. Dushanbe, 2022. S. 359-363.
9. Sattarov V.N. Chislennost' populyatsii medonosnoi pchely v lesostepnoi i stepnoi zonakh Bashkortostana. *Pchelovodstvo*. 2009. N 6. S. 13-15.
10. Sattarov V.N., Samsonova I.D., Morev I.A., Il'yasov R.A. Fundamental'nye metody issledovaniy v pchelovodstve i ikh rezul'taty. Ufa: BGPUim. M. Akmully, 2023. 183 s.
11. Alekseev A.S., Chernikhovskii D.M. Otsenka zhiznennogo sostoyaniya drevostoev na osnove materialov distantsionnogo zondirovaniya zemli (DZZ) i korotkovolnovogo vegetatsionnogo indeksa SWVI. Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie: Materialy VI Vseros. nauch.-tekhn. konf. Sankt-Peterburg, 2021. S. 19-22.
12. Ermachenko N.V., Evdokimov A.O. Bepilotnye letatel'nye apparaty vertikal'nogo vzleta i bezopasnost'. *Metody nauki*. 2017. N 3(4). S. 90-91.
13. Samsonova I.D. Resursnyi potentsial medonosnykh rastenii stepnogo Pridon'ya. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal*. 2023. N 1 (391). S. 51-64. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-51-64.
14. Samsonova I.D. Sovremennoe sostoyanie i otsenka resursnogo potentsiala medonosnykh ugodii Donskogo basseina. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022. N 2 (94). S. 71-79. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-71-78
15. Samsonova I.D., Sattarov V.N. Resursnyi potentsial ugodii dlya medosbora stepnogo Pridon'ya. Voronezh, 2021. 210 s.

16. Zhangyan Jiang, Alfredo R. Huete, Jin Chen, Yunhao Chen, Jing Li, Guangjian Yan, Xiaoyu Zh. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. Remote Sensing of Environment. 2006. Vol. 101. Is. 3. P. 366-378. DOI:10.1016/j.rse.2006.01.003.
17. Samsonova I.D., Gil'manova G.R. Vliyanie meteorologicheskikh faktorov na morfoloicheskie priznaki Shamaenerionangustifolium (L.) Scop. Pchelovodstvo kholodnogo i umerennogo klimata: Materialy V-i mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Pskov, 2021. S. 21-27.
18. Barlow S.E., O'Neill M.A. Technological advances in fields studies of pollinator ecology and the future of e-ecology. Curr Opin Insect Sci. 2020. Apr; 38. P. 15-25. DOI: 10.1016/j.cois.2020.01.008.

Сведения об авторах:

Самсонова Ирина Дмитриевна

Д.б.н., профессор кафедры лесоводства, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова»; профессор кафедры экологии, географии и природопользования, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы

ORCID 0000-0002-0027-3442

Samsonova Irina

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Forestry, St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov; Professor of the Department of Ecology, Geography and Nature Management, Bashkir State Pedagogical University named after M. Aknulla

Сидаренко Петр Васильевич

К.с.-х.н., профессор, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета

ORCID 0000-0003-4468-8401

Sidarenko Pyotr

Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunova Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Agrarian University

Для цитирования: Самсонова И.Д., Сидаренко П.В. Современные методы прогнозирования медосбора в степном Придонуе // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 82-91. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-82-91

ИЗМЕНЕНИЕ БИОТОКСИЧНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА, ЗАГРЯЗНЕННОГО ЦИНКОМ, ПРИ ВНЕСЕНИИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

Н.А. Терехова, Л.В. Галактионова, Т.И. Бурцева

ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург

e-mail: anilova.osu@mail.ru

Цель работы заключалась в изучении влияния гуминовых веществ на токсичность черноземов в условиях загрязнения цинком. На основе многофакторного дисперсионного анализа была установлена зависимость влияния гуминовых веществ на фоне внесения ацетата металла в диапазоне от 110 до 2200 мг/кг на всхожесть тест-объекта *Raphanus sativus*, активность окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов. Установлено, что в вариантах опыта, где увеличение загрязнения сопровождалось ростом концентраций органического вещества, происходило стимулирование биологических процессов и нивелирование токсичности цинка.

Ключевые слова: биотоксичность, гуминовые вещества, ферментативная активность, цинк, чернозем.

Введение

Развитие горнодобывающих предприятий, металлообрабатывающей промышленности и транспорта, сжигание ископаемых видов топлива, использование пестицидов и удобрений, активная рекреация и урбанизация территорий приводит к загрязнению почвенного покрова тяжелыми металлами (ТМ). Поллютанты металлической природы являются стойкими загрязнителями педосферы, а также способны оказывать токсичное влияние на организмы, населяющие верхние горизонты почв.

Цинк является одним из необходимых микроэлементов для роста и развития растений, поэтому его присутствие в почве является важным фактором устойчивого сельскохозяйственного производства. Однако, при избыточном содержании металла в почве он снижает урожайность культурных растений и подавляет жизнедеятельность почвенной биоты. Загрязнение почв $ZnSO_4$ в концентрациях от 1 до 10 мМ замедление роста райграса (*Lolium perenne*), а полное ингибирование роста развивается при дозе металла равной 50 мМ, тогда как *Pisum sativum* подавляется после применения 1000 мкМ Zn. [1, 2]. Hooper H.L. с соавторами [3] показали 50 % снижение интенсивности размножения *Eisenia veneta* с помощью наночастиц ZnO по сравнению с полным ингибированием при обработке $ZnCl_2$ в концентрации металла 750 мкг/г почвы.

Растущие концентрации цинка оказывают ингибирующее влияние на биологическую активность почвы. Ферментативная активность является надежным индикатором экологического состояния почв, поскольку она отражает изменения условий роста растений, жизнедеятельности почвенных беспозвоночных и микроорганизмов [4-6].

Гуминовые вещества (ГВ) способны к снижению подвижности ионов металлов. Большой набор функциональных групп в составе гуминовых кислот позволяет связывать ионы ТМ в дозах, значительно превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) [7]. Валовое содержание металлических загрязнителей при отсутствии выраженной токсичности в высокогумусированных почвах выше, так как гумус выступает в роли сорбента. При увеличении количества органического вещества происходит инактивация ТМ за счет образования металлорганических комплексов. Однако, при недостатке гумуса видоизменяется характер сорбции элементов, металлы начинают адсорбироваться на поверхности минеральной фазы [8].

Подвижность, токсичность и биодоступность тяжелых металлов в основном контролируются процессами абсорбции, адсорбции и десорбции на поверхности коллоидных частиц. Гуминовые кислоты (ГК) является повсеместно распространенным гетерогенным комплексообразующим агентом в окружающей среде, который играет ключевую роль в регулировании геохимического поведения и процессов связывания многих химических элементов, в том числе и металлической природы. Знание особенностей взаимодействия ионов металлов и гуминовых веществ в различных геохимических условиях имеет важное значение для прогнозирования и оценки их влияния на почвенные экосистемы при загрязнении почв тяжелыми металлами [9].

Цель исследования заключается в изучении влияния гуминовых веществ на биотоксичность черноземов, загрязненных цинком в условиях модельного эксперимента.

Материалы и методы

С целью создания наиболее близких к естественным условиям в лабораторном эксперименте использовались почвенные колонки, позволяющие воспроизвести модель почвенного профиля. Объектом исследования послужил чернозем типичный, сформированный под разнотравно-злаковой растительностью. Образцы отобраны на территории Пономаревского района Оренбургской области (53.141111°N, 54.163333°E) послойно на глубину 60 см. Воздушно-сухие образцы, просеивались через сито 1,0-1,5 см и помещались в трубки диаметром 80 мм с различной насыпной плотностью, имитирующей плотность горизонтов в естественных условиях [10]. Определение содержания цинка в почвенной пробе было произведено с использованием вакуумного рентгенофлуоресцентного спектрометра «Спектроскан МАКС-GVM» по методике ПНД Ф 16.1.42-04 [11]. Измерение плотности произведено по методу Качинского Н.А. [12], содержание физической глины по ГОСТ 12536-2014 [13], содержание подвижных соединений фосфора и калия определялось по ГОСТ 26205-91 [14], азота по ГОСТ 26951-86 [15], гумуса по методу Тюрина в модификации ЦИНАО [16]. Основные свойства чернозема типичного представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства чернозема типичного

Показатели	Горизонт			
	A ₀	A	AB	B
Плотность, г/см ³	1,0	1,15	1,23	1,37
Содержание физической глины, %	49,6	42,7	59,6	69,6
C _{орг} , %	5,56	4,35	2,44	1,33
pH _{KCl}	7,2	7,0	8,3	8,5
N общий, %	0,59	0,34	0,28	0,11
Подвижный K ₂ O, мг/кг	409	276	211	134
Подвижный P ₂ O ₅ , мг/кг	19,2	14,1	13,1	0,4
Содержание Zn, мг/кг	154,5	79,3	10,0	7,0

Для моделирования монометалльного загрязнения в почвенные колонки вносили раствор ацетата цинка в концентрациях, соответствующих дозам ОДК 0,5 (110 мг/кг), 1 (220 мг/кг), 2,5 (550 мг/кг), 5 (1100 мг/кг) и 10 (2200 мг/кг) по валовой форме Zn. Контрольные образцы обрабатывались равным объемом дистиллированной воды. Для равномерного распределения металла по почвенным колонкам после высыхания почвы (через 10-14 дней) ее увлажняли водопроводной водой. Чередование процессов увлажнения и высушивания повторяли 5 раз с момента внесения соли цинка. Повторность каждого варианта опыта была 6-кратной.

В каждом варианте загрязнения в 3 из 6 колонок дополнительно вносили гуминовый препарат, представленный препаратом биогумуса «AgroVerm» (производитель ООО «БИОЭРА», Россия), в состав которого входили гуминовые кислоты (4 %), углерод общий

(15 %), Mg (100 мкг/г), аминокислоты (1,2 %) и другие соединения. Доза внесения определялась согласно инструкции и соответствовала 0,75 % $C_{\text{орг}}$ в 1 л раствора препарата.

Анализ почвенных образцов производился послойно, через каждые 10 см. Точечные пробы каждого варианта опыта подвергались высушиванию до воздушно-сухого состояния и пробоподготовке. Фитотоксичность почв определяли на основании оценки всхожести семян редиса посевного (*Raphanus sativus* L.) сорта «Жара» согласно ГОСТ Р ИСО 22030-2009. В почве определяли активность гидролитических (фосфатазы и уреазы) и окислительно-восстановительных (дегидрогеназы и каталазы) ферментов общепринятыми в почвенной энзимологии методами [17].

Анализ полученных экспериментальных данных был проведен с использованием пакета программы «Statistica» V8 («StatSoft Inc.», США).

Результаты и обсуждение

Использование растений в качестве тест-объектов зарекомендовало себя как информативный показатель оценки влияния абиотических факторов на живые организмы. Подавление роста и развития растений проявляется даже при незначительных изменениях содержания элементов в почве. Фитотоксичность контрольного образца почв составила 1,9 %. В варианте опыта без загрязнения цинком, но с добавлением биогумуса фитотоксичность принимает отрицательное значение, что свидетельствует о стимулировании всхожести семян *Raphanus sativus* при внесении гуминовых кислот на 14 % относительно контроля (рис. 1).

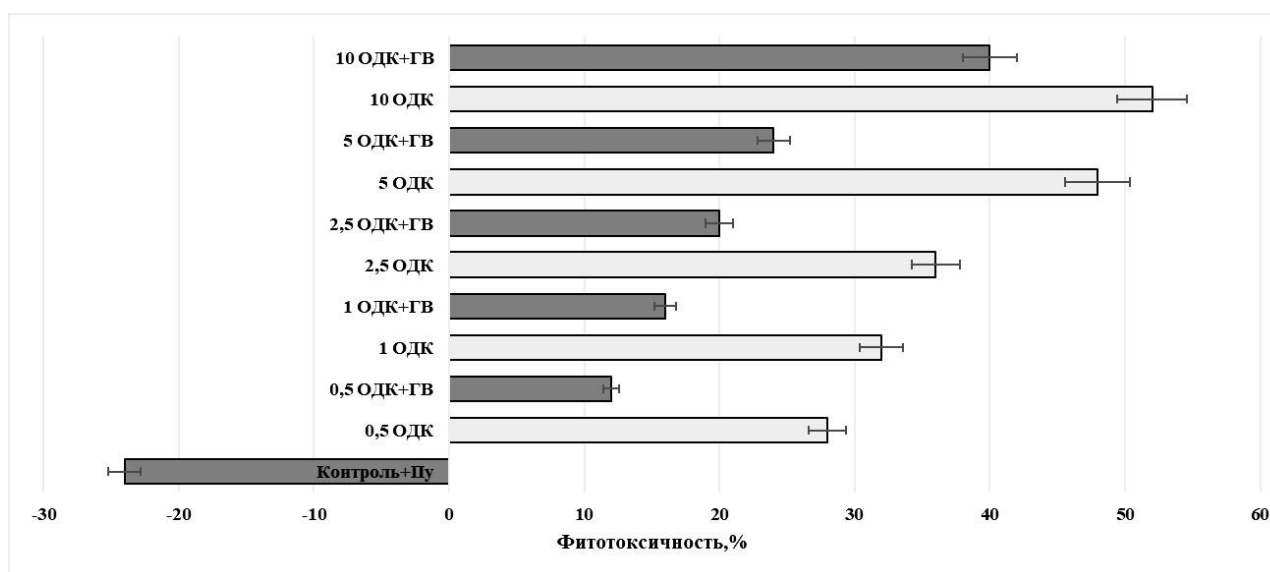


Рисунок 1 – Фитотоксичность почв по отношению к *Raphanus sativus*, % (разница с контролем)

Загрязнение почв различными концентрациями Zn спровоцировало прямо пропорциональный рост показателя в среднем на 5 % при увеличении его концентраций с максимальным значением 52 % в варианте загрязнения 10 ОДК. Однако, внесение в почву гуминового препарата вызвало снижение токсичности почв в каждом варианте загрязнения и увеличение всхожести редиса. На основе статистического анализа выявлена тесная корреляционная связь между фитотоксичностью и содержанием металла в почве ($r = 0,77$, при $p = 0,03$).

При движении вниз по профилю наблюдалось снижение показателей активности ферментов не зависимо от дозы загрязнения с максимальными значениями в горизонте А (0-20 см). На рисунке 2 показано изменение активности гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов чернозема типичного в зависимости от варианта опыта.

При изучении различных типов почв отмечена тесная корреляционная связь между концентрацией тяжелых металлов и активностью ферментов [18-20].

Результаты лабораторных исследований показали, что активность каталазы варьирует от 3,4 до 5,4 см³ O₂ на грамм почвы за 1 минуту. По шкале Звягинцева Д. Г. активность фермента в контрольном образце характеризовалась как средняя. Выявлено, что при внесении в почву растворов ацетата цинка в концентрациях до 2,5 ОДК наблюдается стимулирование активности каталазы относительно контрольного образца.

При дальнейшем увеличении содержания металла происходит снижение показателя на 1,5-3,5 %. Наблюдается стимулирующее влияние гуминовых веществ на показатель активности каталазы.

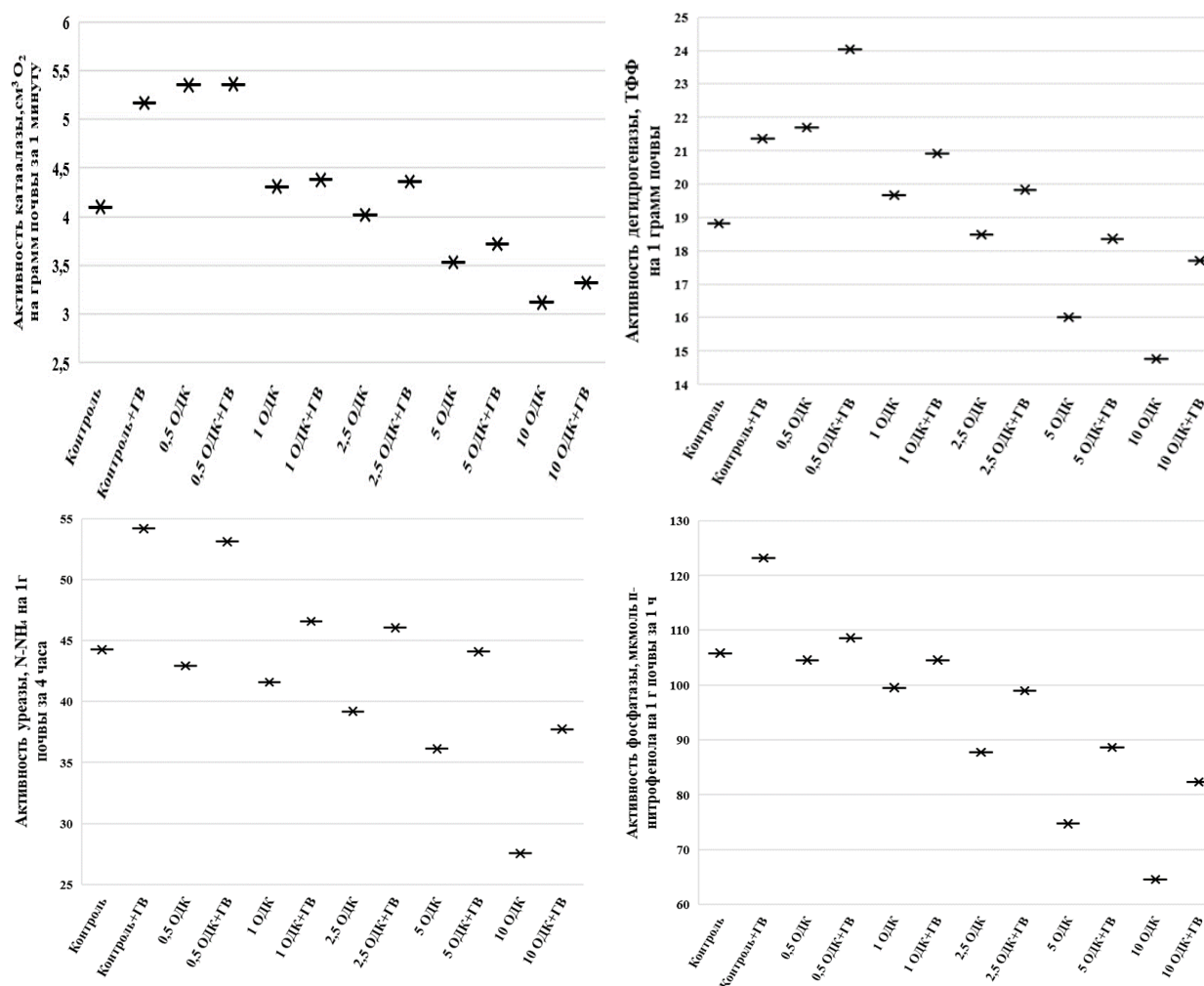


Рисунок 2 – Изменение показателей ферментативной активности черноземов в слое 0-20 см

Так в варианте опыта с одновременным внесением Zn (0,5 ОДК) и ГВ отмечено максимальное значение активности фермента (5,4 см³ O₂ на грамм почвы за 1 минуту), которое на 30,8 % выше контрольного значения. Присутствие в вариантах опыта гуминового препарата увеличивало каталазную активность на 5-7 %.

Показатель активности дегидрогеназы изменялся нелинейно, что проявилось в увеличении значений показателя в вариантах загрязнения 0,5 и 1 ОДК, а затем в достоверном его снижении показателя при увеличении концентрации цинка. Изменение активности фермента происходило в пределах от 14,76 до 24,04 трифенилформаза (ТФФ) на 1 грамм почвы. Наибольшее значение активности дегидрогеназы (24,04 ТФФ на 1 грамм почвы) наблюдалось в варианте опыта с загрязнением ацетатом цинка в дозе 0,5 ОДК и внесением

гуминового препарата, которое превысило значение контрольного образца более чем на 27 %. А дальнейшее повышение дозы контаминатора влечет снижение показателя в среднем на 13 %, а минимального значения (14,76 ТФФ на 1 грамм почвы) он достигает при загрязнении максимальной дозой металла.

Динамика изменения уреазной активности имела схожий с фосфатазой характер. Активность гидролитических ферментов имела обратно пропорциональную зависимость от концентрации цинка, что подтверждается обратной корреляционной зависимостью для уреазы ($r = -0,66$ при $p = 0,018$) и фосфатазы ($r = -0,52$, при $p = 0,04$). Показатель почвенной уреазы принимал наибольшие значения (54 мг N-NH₄ на 1 г почвы за 4 час) в верхнем горизонте контрольного образца с внесения ГВ, а при движении вниз по профилю наблюдалось снижение активности фермента. Аналогичная динамика показателя наблюдалась при увеличении экспозиционной дозы цинка, так максимальный ингибирующий эффект более чем на 37,7 % обнаружен в варианте его наибольшей концентрации.

В контрольном варианте опыта активность почвенной фосфатазы составила 105,8 мкмоль п-нитрофенола на 1 г почвы за 1 ч, а увеличение концентрации металла влечет за собой обратно пропорциональное снижение показателя. Даже при незначительном загрязнении почвы дозой цинка 0,5 ПДК наблюдается на 1,2 % относительно контрольного образца.

Результаты дисперсионного анализа подтверждают положительную корреляционную зависимость содержания гуминовых веществ и активности уреазы ($r = 0,59$ при $p = 0,039$) в черноземах типичных, что свидетельствует об увеличении интенсивности высвобождения неорганического азота (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты многофакторного дисперсионного анализа влияния цинка и гуминовых веществ на показатели биологической активности черноземов типичных

Показатели биологической активности почв	Статистические показатели			
	F - критерий		P	
	Цинк	ГВ	Цинк	ГВ
Подвижный P ₂ O ₅	3,799	0,010	0,079	0,922
Подвижный K ₂ O	0,001	0,074	0,977	0,791
N общий	7,978	0,205	0,018	0,660
Фитотоксичность	15,127	0,063	0,003	0,805
Каталаза	0,128	1,802	0,727	0,209
Дегидрогеназа	0,214	2,352	0,653	0,156
Уреаза	2,059	5,608	0,011	0,039
Фосфатаза	4,4044	1,603	0,042	0,234

Примечание: жирным выделены статистически достоверные результаты.

Отрицательная корреляционная связь азота с содержанием в почве цинка ($r = -0,66$ при $p = 0,018$), свидетельствует о том, что металл подавляет активность микроорганизмов, отвечающих за аммонификацию и нитрификацию. Аналогично подавляются ферменты, отвечающие за иммобилизацию соединений фосфора в почве. Показатель активности фосфатазы как фермента, наиболее обусловленного деятельностью микроорганизмов, участвующих в круговороте фосфора, достоверно снижается в условиях загрязнения цинком.

При дозе загрязнения 0,5 и 1 ОДК наблюдается повышение активности окислительно-восстановительных ферментов и снижения гидролитических, что свидетельствует об их большей чувствительности к загрязнению цинком.

Выводы

Анализ полученных данных показал, что загрязнение чернозема типичного ацетатом цинка в концентрациях выше 1 ОДК приводит к увеличению фитотоксичности по отношению к тест-культуре *Raphanus sativus* и снижению активности гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов.

Внесение препарата на основе гуминовых кислот достоверно снижает негативное влияние повышенных концентраций цинка на растения и энзиматическую активность лесостепных черноземов. Полученные результаты позволяют сделать предположение о том, что почвы со средним и высоким содержанием гумуса будут проявлять большую устойчивость в условиях активного техногенеза.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-10079, <https://rscf.ru/project/23-26-10079/>.

Список литературы

1. Soares C.R.F.S., Graziotti P.H., Siqueira J.O., De Carvalho J.G., Moreira F.M.S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva // Pesq. Agropec. Bras. 2001. Vol. 36 (2). P. 339-348.
2. Bonnet M., Camares O., Veisseire P. Effect of zinc and influence of *Acremonium lolii* on growth parameters, chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activities of ryegrass (*Lolium perenne* L // J. Exp. Bot. 2000. Vol. 51 (346). P. 945-953.
3. Hooper H.L., Jurkschat K., Morgan A.J., Bailey J., Lawlor A.J., Spurgeon D.J., Svendsen C. Comparative chronic toxicity of nanoparticulate and ionic zinc to the earthworm *Eisenia veneta* in a soil matrix // Environment International. 2011. T. 37. No. 6. P. 1111-1117.
4. Rashid A., Schutte B.J., Ulery A., Deyholos M.K., Sanogo S., Lehnhoff E.A., Beck L. Heavy Metal Contamination in Agricultural Soil: Environmental Pollutants Affecting Crop Health // Agronomy. 2023. 13(6). 1521. DOI: 10.3390/agronomy13061521.
5. Haihan L.V., Chenchen Ji., Ding Ji., Yu L., Cai H. High levels of zinc affect nitrogen and phosphorus transformation in rice rhizosphere soil by modifying microbial communities // Plants. 2022. 11. 2271. DOI: 10.3390/plants11172271.
6. Haroun M.D., Xie S., Awadelkareem W., Wang J., Qian X. Influence of biofertilizer on heavy metal bioremediation and enzyme activities in the soil to revealing the potential for sustainable soil restoration // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. DOI: 10.1038 / s41598-023-44986-8.
7. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
8. Селюкова С.В. Тяжелые металлы в агроценозах // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 8. С. 85-93.
9. Ren J., Fan W., Wang X., Ma Q., Li X., Xu Z., & Wei C. Influences of size-fractionated humic acids on arsenite and arsenate complexation and toxicity to *Daphnia magna* // Water research. 2017. No. 108. P. 68-77. DOI: 10.1016/j.watres.2016.10.052.
10. Sun J., Cui L., Quan G., Yan J., Wang H., Wu L. Effects of biochar on heavy metals migration and fractions changes with different soil types in column experiments // Bio Resources. 2020. Vol. 15(2). P. 4388-4406.
11. ПНД Ф 16.1.42-04. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. Введ. 2010-01-01. Москва: Изд-во стандартов, 2010. 13 с.
12. Теории и методы физики почв: коллектив. монография / Под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. М.: Гриф и К, 2007. 616 с.

13. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава: дата введения 2015.01.07. Москва: СТАНДАРТИНФОРМ, 2019. 19 с.
14. ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО: дата введения 1993-07-01. Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. 8 с.
15. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом: дата введения 1987-07-01. Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1987. 7 с.
16. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества: дата введения 1991-12-29. Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. 6 с.
17. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
18. Зинченко М.К., Зинченко С.И., Борин А.А., Камнева О.П. Ферментативная активность аграрных почв Верхневолжья // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 3. С. 143-154.
19. Самусик Е.А., Головатый С.Е. Ферментативная активность дерново-подзолистых почв в условиях воздействия выбросов предприятия по производству строительных материалов // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2022. № 1. С. 104-113.
20. Тазетдинова Д.И., Антонов В.В., Газизов И.С., Алимова Ф.К. Ферментативная активность выщелоченных черноземов Восточного Закамья Волжско-Камской степи при синергетическом загрязнении тяжелыми металлами и углеводородами // Фундаментальные исследования. 2013. № 8-2. С. 364-369.

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

Поступила в редакцию 07.12.2023
Принята к публикации 12.03.2024

CHANGES IN THE PHYTOTOXICITY OF ZINC-CONTAMINATED CHERNOZEM IN THE INTRODUCTION OF HUMIC ACIDS

N. Terekhova, L. Galaktionova, T. Burtseva

Orenburg State University, Russia, Orenburg

e-mail: anilova.osu@mail.ru

The aim of the work was to study the effect of humic substances on the toxicity of chernozems in conditions of zinc contamination. Based on multifactorial dispersion analysis, the dependence of the effect of humic substances on the background of metal acetate application in the range from 110 to 2200 mg/kg on the germination of the *Raphanus sativus* test object, the activity of redox and hydrolytic enzymes was established. It was found that in the experimental variants, where an increase in pollution was accompanied by an increase in concentrations of organic matter, biological processes were stimulated and zinc toxicity was leveled.

Key words: biotoxicity, humic substances, enzymatic activity, zinc, chernozem.

References

1. Soares C.R.F.S., Graziotti P.H., Siqueira J.O., De Carvalho J.G., Moreira F.M.S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. *Pesq. Agropec. Bras.* 2001. Vol. 36 (2). P. 339-348.

2. Bonnet M., Camares O., Veisseire P. Effect of zinc and influence of *Acremonium lolii* on growth parameters, chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activities of ryegrass (*Lolium perenne* L. J. Exp. Bot. 2000. Vol. 51 (346). P. 945-953.
3. Hooper H.L., Jurkschat K., Morgan A.J., Bailey J., Lawlor A.J., Spurgeon D.J., Svendsen C. Comparative chronic toxicity of nanoparticulate and ionic zinc to the earthworm *Eisenia veneta* in a soil matrix. *Environment International*. 2011. T. 37. No. 6. P. 1111-1117.
4. Rashid A., Schutte B.J., Ulery A., Deyholos M.K., Sanogo S., Lehnhoff E.A., Beck L. Heavy Metal Contamination in Agricultural Soil: Environmental Pollutants Affecting Crop Health. *Agronomy*. 2023. 13(6). 1521. DOI: 10.3390/agronomy13061521.
5. Haihan L.V., Chenchen Ji., Ding Ji., Yu L., Cai H. High levels of zinc affect nitrogen and phosphorus transformation in rice rhizosphere soil by modifying microbial communities. *Plants*. 2022. 11. 2271. DOI: 10.3390/plants11172271.
6. Haroun M.D., Xie S., Awadelkareem W., Wang J., Qian X. Influence of biofertilizer on heavy metal bioremediation and enzyme activities in the soil to revealing the potential for sustainable soil restoration. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. DOI: 10.1038 / s41598-023-44986-8.
7. Orlov D.S. *Gumusovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii*. M.: Izd-vo MGU, 1990. 325 s.
8. Selyukova S.V. Tyazhelye metally v agrotsenozakh. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020. N 8. S. 85-93.
9. Ren J., Fan W., Wang X., Ma Q., Li X., Xu Z., & Wei C. Influences of size-fractionated humic acids on arsenite and arsenate complexation and toxicity to *Daphnia magna*. *Water research*. 2017. No. 108. P. 68-77. DOI: 10.1016/j.watres.2016.10.052.
10. Sun J., Cui L., Quan G., Yan J., Wang H., Wu L. Effects of biochar on heavy metals migration and fractions changes with different soil types in column experiments. *Bio Resources*. 2020. Vol. 15(2). P. 4388-4406.
11. PND F 16.1.42-04. Metodika vypolneniya izmerenii massovoi doli metallov i oksidov metallov v poroshkovykh probakh pochv metodom rentgenofluorestsennogo analiza. Vved. 2010-01-01. Moskva: Izd-vo standartov, 2010. 13 s.
12. Teorii i metody fiziki pochv: kolektiv. Monografiya. Pod red. E.V. Sheina, L.O. Karpachevskogo. M.: Grif i K, 2007. 616 s.
13. GOST 12536-2014 Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya granulometricheskogo (zernovogo) i mikroagregatnogo sostava: data vvedeniya 2015.01.07. Moskva: STANDARTINFORM, 2019. 19 s.
14. GOST 26205-91 Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedinenii fosfora i kaliya po metodu Machigina v modifikatsii TsINAO: data vvedeniya 1993-07-01. Moskva: Komitet standartizatsii i metrologii SSSR, 1993. 8 s.
15. GOST 26951-86 Pochvy. Opredelenie nitratov ionometricheskimi metodami: data vvedeniya 1987-07-01. Moskva: Komitet standartizatsii i metrologii SSSR, 1987. 7 s.
16. GOST 26213-91 Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva: data vvedeniya 1991-12-29. Moskva: Komitet standartizatsii i metrologii SSSR, 1992. 6 s.
17. Khaziev F.Kh. *Metody pochvennoi enzimologii*. M.: Nauka, 2005. 252 s.
18. Zinchenko M.K., Zinchenko S.I., Borin A.A., Kamneva O.P. Fermentativnaya aktivnost' agrarnykh pochv Verkhnevolzh'ya. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2017. N 3. S. 143-154.
19. Samusik E.A., Golovaty S.E. Fermentativnaya aktivnost' dornovo-podzolistykh pochv v usloviyakh vozdeistviya vybrosov predpriyatiya po proizvodstvu stroitel'nykh materialov. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya*. 2022. N 1. S. 104-113.
20. Tazetdinova D.I., Antonov V.V., Gazizov I.S., Alimova F.K. Fermentativnaya aktivnost' vyshchelochennykh chernozemov Vostochnogo Zakam'ya Volzhsko-Kamskoi stepi pri sinergeticheskom zagryaznenii tyazhelyimi metallami i uglevodorodami. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013. N 8-2. S. 364-369.

Сведения об авторах:

Терехова Надежда Алексеевна

Аспирант кафедры экологии и природопользования, ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет

ORCID 0000-0002-0766-2600

Terekhova Nadezhda

Postgraduate student, Department of Ecology and Environmental Management, Orenburg State University

Галактионова Людмила Вячеславовна

К.б.н., доцент, заведующий кафедрой биологии и почвоведения, ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет

ORCID 0000-0003-0781-3752

Galaktionova Lyudmila

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology and Soil Science, Orenburg State University

Бурцева Татьяна Ивановна

Д.б.н., профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет

ORCID 0000-0001-7415-4545

Burtseva Tatyana

Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Life Safety, Orenburg State University

Для цитирования: Терехова Н.А., Галактионова Л.В., Бурцева Т.И. Изменение биотоксичности чернозема, загрязненного цинком, при внесении гуминовых кислот // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 92-100. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-92-100

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ ПОСТЦЕЛИННЫХ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ УРАЛА И СИБИРИ

Ю.А. Гулянов

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: orensteppe@mail.ru

В статье представлены результаты оценки эффективности использования природно-климатических ресурсов в полеводстве приграничных с Республикой Казахстан муниципальных образований Оренбургской области и Алтайского края. На примере яровой пшеницы определен потенциал урожайности для условий Западно-Кулундинской природно-климатической зоны Алтайского края (3,35 т/га), на 0,41 т/га превосходящий его величину в условиях Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области. На основе сравнения потенциальной по БКП и производственной урожайности выявлено наличие достаточно высокого резерва ее роста в обеих территориях, несмотря на наблюдающийся отрицательный тренд БКП. Для муниципальных образований Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области он составляет 1,71-1,76 т/га и 2,40-2,66 т/га для Западно-Кулундинской природно-климатической зоны Алтайского края. На основе полученных результатов сделано заключение о высокой научной и практической значимости разработки путей более полной реализации потенциальной по БКП урожайности полевых культур на пахотнопригодных землях постцелинных степных регионов РФ с целью оптимизации землепользования и вывода из земледельческого оборота низкопродуктивных земель, без ущерба для продовольственной безопасности страны, в том числе в приграничных с РК муниципальных образованиях.

Ключевые слова: степная зона РФ, постцелинные приграничные регионы, биоклиматический потенциал территории, эффективность использования БКП, урожайность яровой пшеницы.

Введение

Постцелинные степные регионы России традиционно являются весомыми поставщиками растительной продукции на внутренний и внешний рынок, выступают гарантами продовольственной безопасности и экспортного потенциала страны [1, 2]. Наиболее значимым является их участие в производстве высококачественного продовольственного зерна, выращиваемого на больших площадях в не самых благоприятных климатических условиях [3].

В период вегетации яровых культур высокую реализацию генетического потенциала возделываемых сортов здесь ограничивают крайне скудные условия увлажнения и избыточно высокие ресурсы тепла. В зимний период, в дополнение к этому, длительное отсутствие снежного покрова, его недостаточная мощность при критическом понижении температуры воздуха, крайне неблагоприятно для озимых культур, существенно снижающих зимостойкость и сохранность к уборке [4].

Нарастающая засушливость климата, на фоне общей разбалансированности климатической системы, особенно обострившейся в текущем тысячелетии и принявшей глобальный характер [5-8], формирует достаточно острые риски для эффективного полеводства, сопровождается нестабильностью урожайности и валовых сборов, что значительно снижает экономическую целесообразность земледелия, создает угрозы продовольственной безопасности [9].

В пространственном отношении степные регионы России занимают преимущественно ее южные территории, протянувшись практически сплошной полосой от ее западных днепровских окраин на восток, включая обширный Алтайский край. В западных степных регионах и Поволжье, характеризующихся более мягким климатом, в структуре посевов пшеницы наибольший удельный вес занимает более требовательная к условиям произрастания, но при этом более урожайная, озимая пшеница [10], частично размещаемая в орошаемых севооборотах. В Зауралье и Западной Сибири, с более жесткими метеорологическими условиями, преобладает яровая пшеница, выращиваемая исключительно на богаре [11, 12].

Эффективное развитие богарного степного земледелия без изъятия дополнительных ресурсов поверхностных вод в условиях современных климатических и антропогенных изменений имеет высокую значимость для улучшения экологической обстановки, связанной с тотальной сельскохозяйственной освоенностью территорий землепользования и вызванными ею последствиями в виде активизации эрозионных процессов, ухудшения эколого-гидрологического режима водных объектов, загрязнения их продуктами сельскохозяйственной деятельности (пестицидами, агрохимикатами) [4, 13].

Наиболее остро указанные проблемы проявляются в приграничных с Республикой Казахстан регионах Урала и Западной Сибири, среди которых наибольшей земледельческой освоенностью и высоким вкладом в российские закрома отличаются Оренбургская область и Алтайский край [14, 15]. Их совокупное участие в формировании общероссийского валового сбора пшеницы в среднем за истекший двадцати двухлетний период (2000-2021 гг.) составило 4312,9 тыс. т или 7,7 % из 57095,9 тыс. т общего урожая. Еще более весомым является участие указанных приграничных регионов в выращивании наиболее ценной в продовольственном отношении яровой пшеницы, составившее 3730,5 тыс. т или 18,9 % из 19757,3 тыс. т валового урожая. Наибольшим «урожайным взносом» отличается Алтайский край, для которого яровая пшеница является приоритетной в климатическом отношении культурой, занимающей 94,6 % в структуре посевов пшеницы, составившем за анализируемый период 2603,1 тыс. т или 13,3 % от валового урожая по стране.

Современные климатические тенденции вносят достаточно ощутимый дисбаланс в зерновое производство степных регионов, сопровождаются резкими колебания валовых сборов и отрицательной направленностью (трендом) их изменений при низкой адаптивности реализуемых технологий [16, 17] и выращиваемых сортов [18, 19], выступают мотивирующим факторам земледельческого использования непригодных к обработке и выработанных земель, создают риски разнообразию биологических объектов [20].

Наибольшей изменчивостью из рассматриваемых регионов отличаются валовые сборы зерна яровой пшеницы в Оренбургской области, с коэффициентом вариации 39,1 %. За анализируемый период с 2000 по 2021 гг. их отрицательный тренд составил 670,0 тыс. т. В Алтайском крае, при аналогичном тренде (700,0 тыс. т), коэффициент вариации валовых сборов оказался ниже и составил 22,0 %.

В соответствии с концепцией оптимизации землепользования и сохранения биологического разнообразия, разрабатываемой Институтом степи УрО РАН, одним из путей оптимизации землепользования и повышения экологической стабильности степных регионов России, в том числе приграничных с РК, предполагается выведение из обработки малопродуктивных земель, без ущерба продовольственной безопасности страны, посредством компенсации недополученных урожаев более высокими сборами с остающихся в обработке полей [21, 22].

Исходя из этого, для сохранения стабильности валовых сборов полевых культур в условиях современных климатических и антропогенных изменений высокую актуальность приобретает выявление степени использования природно-климатических ресурсов и полноты реализации генетического потенциала в производственных урожаях полевых культур на пахотнопригодных землях.

Основная цель исследований заключалась в определении величины потенциальной по БКП урожайности и оценке эффективности его использования в производственных урожаях яровой пшеницы в приграничных МО модельных территорий степной зоны России (Оренбургская область и Алтайский край).

Для достижения намеченных результатов были сформулированы следующие задачи:

- провести ретроспективную (1990-2023 гг.) гидротермическую оценку территорий землепользования приграничных с РК МО Оренбургской области и Алтайского края;
- определить биоклиматический потенциал исследуемых территорий и обеспеченную им величину потенциальной урожайности яровой пшеницы;
- определить эффективность использования БКП и резервы роста урожайности яровой пшеницы в производственных посевах исследуемых территорий.

Материалы и методы

Объектом исследований выступали территории землепользования приграничных с РК муниципальных образований Оренбургской области и Алтайского края, рассматриваемые в качестве модельных постцелинных степных регионов Урала и Сибири – Домбаровский, Ясненский, Светлинский районы Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области, Бурлинский, Табунский, Кулундинский, Ключевский районы и МО г. Славгород Западно-Кулундинской природно-климатической зоны Алтайского края.

Для анализа гидротермических условий использовали данные метеостанций Домбаровская (Оренбургская область, синоптический индекс 35233) и Славгород (Алтайский край, синоптический индекс 29915) [23]. Характеристика исследуемых территорий по гидротермическому коэффициенту (ГТК) осуществлялась в соответствии с принятой классификацией по Г.Т. Селянину [24].

Расчет биоклиматического потенциала (БКП) исследуемых территорий и сравнительную оценку их биологической продуктивности проводили по методике Д.И. Шашко [25, 26], описанной в одной из наших предшествующих работ [27].

При подготовке статьи использовались статистические данные по урожайности яровой пшеницы, взятые из открытых источников и предоставленные соответствующими министерствами и ведомствами Оренбургской области и Алтайского края, а также опросные сведения и результаты наблюдений, полученные в процессе экспедиционных исследований 2019-2023 гг.

При обработке цифрового материала применялись стандартные методы статистического анализа [28].

Результаты и обсуждение

В результате анализа метеорологических параметров, определяющих гидротермические условия исследуемых территорий, выявлена их значительная пространственная и временная изменчивость.

Так, в Восточной природно-климатической зоне Оренбургской области количество годовых атмосферных осадков варьировало от 452 до 184 мм. Разница между наибольшими (2000 г.) и наименьшими (1991 г.) значениями составила 268 мм или 145,6 %. Аналогичная нестабильность отмечена и в отношении осадков периода активных ($>10^{\circ}\text{C}$) температур, выразившаяся в размахе вариации от 284 (2000 г) до 65 мм (2021 г.), составившем 336,9 %. Значительными колебаниями характеризовались также среднегодовая температура воздуха ($3,6^{\circ}\text{C}$ или 133,3%) и сумма температур активного периода (1336°C или 53,0%). Временная динамика ГТК Селянинова составила 0,85 единиц, с колебаниями от 1,04 (1992 г) до 0,19 единиц (2021 г.) и характеризовала гидротермические условия в диапазоне от сухих (ГТК менее 0,4) до слабо засушливых (ГТК 1,3-1,0). Примечательно, что из 34 анализируемых лет, только в один год (2,9 %) гидротермические условия соответствовал слабо засушливым, в

восемь лет – засушливым (ГТК 1,0-0,7), в восемнадцать лет – очень засушливым (ГТК 0,7-0,4) и в семь лет – сухим.

Следует особо отметить, что, несмотря на аномально высокое количество атмосферных осадков, выпавших в конце лета и осени 2023 г, в целом за исследуемый период выявлен устойчивый отрицательный тренд годовых атмосферных осадков (72 мм или 23,1 % от средних), осадков периода активных температур (63 мм или 37,5 %), положительный тренд среднегодовой температуры воздуха (1,6°C или 34,7 %) и суммы активных температур (430°C или 14,0 %).

Аналогичная ситуация, только с несколько иной выраженностью, наблюдалась и в Западно-Кулундинской природно-климатической зоне Алтайского края (табл. 1).

Таблица 1 – Гидротермическая характеристика территорий землепользования приграничных с РК постцелинных степных регионов Урала и Сибири, средние за 1990-2023 гг.

Показатели		Восточная природно-климатическая зона Оренбургской области	Западно-Кулундинская природно-климатическая зона Алтайского края
Количество годовых атмосферных осадков, мм	средние	312	309
	коэфф вар	22,6	23,1
	тренд	- 72	- 23
Количество осадков периода активных (>10°C) температур, мм	средние	168	195
	коэфф вар	32,6	31,1
	тренд	- 63	- 35
Среднегодовая температура воздуха, °C	средние	4,6	3,1
	коэфф вар	22,0	31,5
	тренд	1,6	0,6
Сумма активных (>10°C) температур, °C	средние	3065	2820
	коэфф вар	8,9	7,2
	тренд	430	160
ГТК Селянинова	средние	0,56	0,70
	коэфф вар	37,7	35,4
	тренд	- 0,30	- 0,18
Характеристика условий увлажнения		очень засушливые	очень засушливые - засушливые

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

При близком к среднегодовым значениям увлажнении 2023 г. (106,4 %) в целом за исследуемый период здесь выявлена аналогичная Восточной природно-климатической зоне Оренбургской области направленность изменений основных гидротермических параметров, только выраженная в меньшей степени. Устойчивый отрицательный тренд годовых атмосферных осадков составил 23 мм или 7,4 % от средних, осадков периода активных

температур – 35 мм или 37,5 %, а положительный тренд среднегодовой температуры воздуха и суммы активных температур 0,6°C или 19,4 % и 160°C или 5,6 % соответственно.

В совокупности приведенные изменения метеорологических параметров сопровождались отрицательным трендом ГТК в обоих исследуемых территориях. В Восточной природно-климатической зоне Оренбургской области он оказался более выраженным и составил 0,30 единиц или 53,6 % от средних значений, что стало выше, чем в Западно-Кулундинской природно-климатической зоне Алтайского края (25,7 %) на 0,12 единиц или 27,9 процентных пункта (п.п).

При общей схожести направленности и величины изменений метеорологических параметров между исследуемыми территориями не выявлено совместных вариаций их временных рядов. Близкая к сильной связь, с коэффициентом корреляции Пирсона (r) на уровне 0,62, отмечена только в отношении среднегодовой температуры воздуха и суммы активных температур. Временные ряды годовых атмосферных осадков, суммы осадков за период активных температур и ГТК Селянинова оказались связанными в средней степени ($r = 0,33-0,45$), что указывает на наличие пространственных особенностей в формировании метеорологических параметров в степных регионах Зауралья Западной Сибири.

Анализ показателей, определяющих БКП исследуемых территорий, также выявил их широкую пространственную и временную изменчивость (табл. 2)

Таблица 2 – Биоклиматический потенциал территорий землепользования приграничных с РК постцелинных степных регионов Урала и Сибири, средние за 1990-2023 гг.

Показатели		Восточная природно-климатическая зона Оренбургской области	Западно-Кулундинская природно-климатическая зона Алтайского края
Сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, гПа	средние	1782	1509
	коэфф вар	17,1	15,1
	тренд	500	405
Коэффициент годового атмосферного увлажнения	средние	0,19	0,21
	коэфф вар	36,4	35,6
	тренд	- 0,10	- 0,07
Коэффициент роста по показателю годового атмосферного увлажнения	средние	0,54	0,61
	коэфф вар	30,3	24,7
	тренд	- 0,22	- 0,13
Биоклиматический потенциал территории	средние	1,62	1,70
	коэфф вар	26,4	20,7
	тренд	- 0,38	- 0,28

Так, в Восточной природно-климатической зоне Оренбургской области временная изменчивость сумм среднесуточных дефицитов влажности воздуха составила 1245 гПа (98,7 %), с колебаниями по годам от 1262 гПа (1992) до 2507 гПа (2021). Динамика данного показателя характеризовалась устойчивым положительным трендом, составившем коло 500 гПа или 28,1 % от средних значений. Определяемые суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха и годовым количеством осадков коэффициенты годового атмосферного увлажнения и роста также характеризовались высокой изменчивостью, составившей 0,26 (288,8 %) и 0,60 (250,0 %) единиц, с колебаниями от 0,09 (1991, 2012, 2021) до 0,35 (1992) и от 0,24-0,26 (2012, 2021, 1991) до 0,84 (1992) единиц соответственно. В целом динамика данных показателей имела отрицательную направленность. Тренд коэффициента годового атмосферного увлажнения оказался равен 0,10 единиц или 52,6 % от средних значений, а коэффициента роста – 0,22 единицы или 40,7 %.

Определяемый совокупностью приведенных выше показателей БКП анализируемой территории также характеризовался высокой изменчивостью, составившей 1,75 единиц (216,0 %) – от 0,81 в 2021 г. до 2,56 в 2023 г., и отрицательным трендом, оказавшимся равным 0,38 единиц и составившим 23,5 % от средних значений.

Аналогичная динамика БКП и определяющих его метеорологических параметров, только выраженная в меньшей степени, отмечена и в Западно-Кулундинской природно-климатической зоне Алтайского края. Здесь на 95 гПа или 19,0 % отмечен меньший положительный тренд сумм среднесуточных дефицитов влажности воздуха, на 0,03 единицы или 30,0 % и на 0,09 единиц или 40,9 % – меньший отрицательный тренд коэффициента годового атмосферного увлажнения и коэффициента роста. Средняя величина БКП оказалась выше на 0,08 единиц или 4,9 %, а его отрицательный тренд ниже на 0,10 единиц или 26,3 %.

Вследствие указанных особенностей в величинах и динамике приведенных показателей в Западно-Кулундинской природно-климатической зоне Алтайского края отмечены более высокие значения потенциальной урожайности (на примере яровой пшеницы) и определяющих ее параметров и их меньший отрицательный тренд (табл. 3).

Таблица 3 – Величины потенциальной по БКП урожайности яровой пшеницы для условий землепользования приграничных с РК постцелинных степных регионов Урала и Сибири, средние за 1990-2023 гг.

Показатели		Восточная природно-климатическая зона Оренбургской области	Западно-Кулундинская природно-климатическая зона Алтайского края
Балл БКП	средние	89	93
	коэфф вар	26,5	20,8
	тренд	- 31	- 17
Коэффициент увлажнения в виде отношения годового количества осадков к испаряемости	средние	0,27	0,31
	коэфф вар	36,5	34,4
	тренд	- 0,15	- 0,11
Расчетная цена балла, т/га на 1 балл БКП	средние	0,031	0,034
	коэфф вар	25,5	25,1
	тренд	- 0,10	- 0,09
Потенциальная урожайность, т/га	средние	2,94	3,35
	коэфф вар	49,1	44,1
	тренд	- 1,80	- 1,35

Средняя величина потенциальной урожайности яровой пшеницы с отрицательным трендом в 1,80 т/га (61,2 %) в Восточной природно-климатической зоне Оренбургской области и в 1,35 т/га (40,3 %) в Западно-Кулундинской природно-климатической зоне Алтайского края в анализируемый период составила 2,94 и 3,35 т/га соответственно.

Анализ производственной урожайности яровой пшеницы выявил ее высокую временную динамику и меньшую, в сравнении с потенциальной по БКП, величину в обоих анализируемых территориях, что указывает на наличие еще достаточно высоких резервов роста, несмотря на наблюдающийся отрицательный тренд БКП.

Так, в среднем по анализируемым МО Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области, средняя производственная урожайность яровой пшеницы, с колебаниями по годам от 0,28 т/га (2012) до 1,0 т/га (2022) составила 0,62 т/га. При этом средняя эффективность использования БКП, с колебаниями по годам от 16,5 % (2023) до 41,0 % (2017) составила только 26,3 %.

Примечательно, что в данной территории на протяжении последних пятнадцати лет, несмотря на крайне неблагоприятные метеорологические условия конца лета и всей осени 2023 г, не позволившие ввиду чрезвычайного атмосферного увлажнения полностью завершить уборку достаточно неплохого урожая, наметился положительный тренд производственной урожайности, составивший 0,12 т/га или 19,3 % от средней и эффективности использования БКП, составивший 6,2 % (рис. 1).



Рисунок 1 – Динамика потенциальной, производственной урожайности яровой пшеницы и эффективности использования БКП в среднем по МО Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области, 2008-2023 гг.

Корреляционный анализ статистических данных ожидаемо выявил сильную прямую связь производственной урожайности с потенциальной с коэффициентом корреляции Пирсона (r) на уровне 0,73. При этом тенденция более высокой полноты реализации потенциальной урожайности отмечена в годы с ее меньшей величиной, о чем свидетельствует средняя обратная связь потенциальной урожайности с эффективностью использования БКП ($r = -0,53$). Указанное обстоятельство свидетельствует о низкой пригодности реализуемых, в большей степени экстенсивных технологий, к высокоэффективному использованию природных ресурсов в годы с их более благоприятными параметрами.

В среднем по анализируемым МО Западно-Кулундинской природно-климатической зоны Алтайского края средняя производственная урожайность яровой пшеницы, с колебаниями по годам от 0,38 т/га (2012) до 1,17 т/га (2002) составила 0,78 т/га. Эффективность использования БКП при этом варьировала от 13,0 % (2000) до 55,3 % (2010), а в среднем оказалась равной 23,2 % (рис. 2).

Следует отметить, что в указанной территории, по аналогии с Восточной природно-климатической зоной Оренбургской области, наблюдается положительный тренд эффективности использования БКП, составивший 5,0 %. Производственная урожайность яровой пшеницы также сильно связана с потенциальной урожайностью ($r = 0,73$), а тенденция ее более высокой реализации отмечена в годы с ее меньшей величиной ($r = -0,66$). При этом в отличие от Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области тренд средней производственной урожайности здесь имеет отрицательную направленность (-0,16 т/га или 20,5 %).



Рисунок 2 – Динамика потенциальной, производственной урожайности яровой пшеницы и эффективности использования БКП в среднем по МО Западно-Кулундинской природно-климатической зоны Алтайского края, 2000-2022 гг.

В разрезе модельных МО Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области эффективность использования БКП изменялась от 25,1 % (Домбаровский район) до 27,2 % (Ясненский район), с размахом вариации 2,1 п.п. По модельным МО Западно-Кулундинской природно-климатической зоны Алтайского края ее вариабельность оказалась выше и составила 7,4 п.п. Наименьшие значения эффективности использования БКП отмечены в Кулундинском районе (20,8 %), а наибольшей эффективностью характеризовался Ключевский район, с ее относительной величиной 28,5 % (табл. 4).

Таблица 4 – Эффективность использования БКП и резервы роста урожайности яровой пшеницы в разрезе модельных МО приграничных с РК постцелинных степных регионов Урала и Сибири

Регион	Муниципальное образование (район)	Производственная урожайность, т/га			Эффективность использования БКП, %	Резервы роста урожайности, т/га
		средняя	коэфф вариации	тренд (изменение)		
Оренбургская область (2008-2023)	Домбаровский	0,59	46,4	0,21	25,1	1,76
	Светлинский	0,59	40,9	0,25	25,1	1,76
	Ясненский	0,64	42,9	0,05	27,2	1,71
Алтайский край (2000-2022)	Бурлинский	0,75	35,5	-0,24	22,3	2,61
	МО г. Славгород	0,76	32,9	0,11	22,6	2,60
	Ключевский	0,96	24,1	-0,27	28,5	2,40
	Кулундинский	0,70	29,9	-0,29	20,8	2,66
	Табунский	0,71	33,0	-0,16	21,1	2,65

На основе сравнения величин потенциальной по БКП урожайности яровой пшеницы и эффективности использования БКП на формирование производственной урожайности в обоих исследуемых территориях выявлены значительные резервы роста, которые даже на фоне метеорологически обусловленного отрицательного тренда потенциальной по БКП урожайности характеризуются высокими значениями. Так, для модельных МО Восточной

природно-климатической зоны Оренбургской области они составляют 1,71-1,76 т/га и 2,40-2,66 т/га для модельных МО Западно-Кулундинской природно-климатической зоны Алтайского края.

Исходя из представленной информации, поиск путей более полной реализации потенциальной по БКП урожайности полевых культур в постцелинных регионах степной зоны РФ имеет несомненную научную и практическую значимость и является важнейшей прикладной задачей степеведения на современном этапе. Успешное решение этой задачи послужит исправлению сложившейся неблагоприятной экологической ситуации, созданной введением в обработку больших площадей малопродуктивных земель, прежде всего чрезмерно распаханых в целинную компанию 1954-1963 гг., а также заовраженных, склоновых и прочих непригодных для обработки [22]. Выведение указанных земель из земледельческого оборота без ущерба для продовольственной безопасности страны, в том числе приграничных с РК муниципальных образований РФ, относится к числу ее главных составляющих.

В соответствии с этим высокую актуальность приобретают выявление, оценка и систематизация природных и антропогенных факторов, ограничивающих степень использования БКП и полноту реализации генетического потенциала полевых культур на пахотнопригодных землях и повышающих ресурсозатратность приграничных регионов, что входит в задачу наших дальнейших исследований.

Выводы

Территории землепользования приграничных с Республикой Казахстан МО Оренбургской области и Алтайского края характеризуются высокой временной изменчивостью гидротермических условий, сопровождающейся отрицательным трендом биоклиматического потенциала и определяющих его параметров. В соответствии с их пространственными особенностями модельные МО Алтайского края отличаются более высокими значениями потенциальной урожайности (на примере яровой пшеницы). Ее средняя величина для Западно-Кулундинской природно-климатической зоны составляет 3,35 т/га и 2,94 т/га для Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области. Значительно меньшая, по сравнению с потенциальной, производственная урожайность яровой пшеницы, свидетельствует о достаточно высоких резервах ее роста в обеих территориях, несмотря на наблюдающийся отрицательный тренд БКП. Для модельных МО Восточной природно-климатической зоны Оренбургской области они составляют 1,71-1,76 т/га и 2,40-2,66 т/га для модельных МО Западно-Кулундинской природно-климатической зоны Алтайского края. Разработка путей более полной реализации потенциальной по БКП урожайности полевых культур на пахотнопригодных землях с целью оптимизации землепользования и вывода из земледельческого оборота низкопродуктивных земель, без ущерба для продовольственной безопасности страны, имеет высокую научную и практическую значимость для всех постцелинных степных регионов РФ, в том числе приграничных с РК муниципальных образований.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда «Географические основы пространственного развития земледельческих постцелинных регионов Урала и Сибири» № 20-17-00069-П.

Список литературы

1. Червонных М.И. Развитие экспортного потенциала зернового рынка Западной Сибири // Проблемы развития АПК региона. 2017. Т. 31. № 3(31). С. 157-166.

2. Ларина Т.Н., Добродомова Л.А., Тутаева Л.А. Экономический анализ экспортного потенциала зернового производства Оренбургской области // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2021. № 5. С. 43-52.
3. Павлова В.Н., Каланка П., Караченкова А.А. Продуктивность зерновых культур на территории Европейской России при изменении климата за последние десятилетия // Метеорология и климатология. 2020. № 1. С. 78-94.
4. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. Rain-fed agriculture in the steppe and forest-steppe zone of the Ural River basin and the adaptation of agricultural technologies to changing moisture availability as a way to preserve surface water resources // South of Russia ecology development. 2023. Vol. 18. No. 1 (66). P. 117-125.
5. Немцев С.Н., Шарипова Р.Б. Оценка агрометеорологических показателей атмосферных засух и урожайности зерновых культур в изменяющихся условиях регионального климата // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 10-17.
6. Каипов Я.З., Сафин Х.М. Оптимизация систем земледелия в условиях повышения засушливости климата в степной зоне Южного Урала // Вопросы степеведения. 2022. № 2. С. 72-80.
7. Xiang K., Wang B., Liu D.L., Chen C., Waters C., Huete A., Yu Q. Probabilistic assessment of drought impacts on wheat yield in south-eastern Australia // Agricultural Water Management. 2023. Vol. 284. P. 108359.
8. Eser C., Soylu S., Ozkan H. Drought responses of traditional and modern wheats in different phenological stages // Field Crops Research. 2024. Vol. 305. P. 109201.
9. Кумратова А.М., Алещенко В.В. Влияние климата на зерновое производство России: региональная специфика // Экономика и предпринимательство. 2021. № 9 (134). С. 429-434.
10. Гулянов Ю.А. Влияние регуляторов роста растений на реализацию ресурсного потенциала агроценозов озимой пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. № 3 (66). С. 150-154.
11. Галеев Р.Р., Самарин И.С. Урожайность и качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от уровня интенсификации производства в лесостепи Приобья // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (46). С. 9-15.
12. Соколова А.В., Мельник В.С., Агеев А.А., Манторова Г.Ф. Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предшественников и обработки почвы в условиях Челябинской области // АПК России. 2021. Т. 28. № 5. С. 608-614.
13. Чибилев А.А., Левыкин С.В., Казачков Г.В. Аграрно-природоохранные перспективы модернизации степного землепользования // Аграрная Россия. 2011. № 2. С. 34-42.
14. Чибилев А.А., Мелешкин Д.С., Григорьевский Д.В. Оценка ландшафтно-экологической устойчивости геосистемы Среднего Поуралья // Успехи современного естествознания. 2019. № 7. С. 133-138.
15. Суховеркова В.Е. Соотношение пашни существующим взглядам на оптимальное соотношение угодий // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 10 (132). С. 35-40.
16. Кирюшин В.И. Научные предпосылки технологической модернизации земледелия в России // Известия международной академии аграрного образования. 2017. № 36. С. 18-22.
17. Утенков Г.Л., Котеев С.В., Власенко А.Н. Управление затратным механизмом инновационных процессов обработки почвы для адаптивно-ландшафтного земледелия России // Экономика и управление: проблемы, решения. 2023. Т. 3. № 6 (138). С. 145-163.
18. Горянин О.И. Испытание современных сортов озимой пшеницы в Среднем Заволжье // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17. № 4-3. С. 565-569.
19. Ярцев Г.Ф., Гулянов Ю.А., Мордвинцев М.П., Батталова Н.Р., Байкасанов Р.К., Безуглов В.В., Титков В.И. Сорта и гибриды полевых культур Оренбуржья (краткие

описания). Оренбург: Издательский центр Оренбургского государственного аграрного университета, 2011. 86 с.

20. Левыкин С.В., Яковлев И.Г., Казачков Г.В., Грудинин Д.А. Консервация малопродуктивной пашни для оптимизации территориальной охраны степей в восточном Оренбуржье // Степной бюллетень. 2015. № 43-44. С. 34-38.

21. Чибилев А.А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Екатеринбург: Наука, 1992. 172 с.

22. Гулянов Ю.А., Чибилев (мл) А.А., Чибилев А.А., Левыкин С.В. Проблемы адаптации степного землепользования к антропогенным и климатическим изменениям (на примере Оренбургской области) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 1. С. 28-40.

23. Температура, относительная влажность воздуха, упругость водяного пара, атмосферные осадки. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (дата обращения: 20.12.2013).

24. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. М.: Колос, 2001. 297 с.

25. Шашко Д.И. Учитывать биоклиматический потенциал // Земледелие. 1985. № 4. С. 19-26.

26. Тихонов В.Е. Биоклиматический потенциал, его использование и устойчивость производства зерна на Южном Урале // Наука – сельскому хозяйству: материалы междунар. конф. по повышению устойчивости сельскохозяйственного производства, Оренбург, 29-30 сентября 1998 г. Оренбург: Изд-во ФГБНУ «Оренбургский НИИСХ», 2000. С. 26-36.

27. Gulyanov Yu.A., Chibilyov A.A., Silantieva M.M., Levykin S.V., Yakovlev I.G., Kazachkov G.V., Ovcharova N.V., Sokolova L.V. Dynamics of the bioclimatic potential of agroecological zones of the Altai territory in the conditions of modern climatic and anthropogenic changes // Acta Biologica Sibirica. 2022. Vol. 8. P. 763-780.

28. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

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

Поступила в редакцию 17.01.2024

Принята к публикации 12.03.2024

THE EFFICIENCY OF THE NATURAL AND CLIMATIC RESOURCES USE IN AGRICULTURE IN THE POST-VIRGIN STEPPE REGIONS OF THE URALS AND SIBERIA

Yu. Gulyanov

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

The article presents the results of an assessment of the effectiveness of the natural and climatic resources use in the field production of the Orenburg Region and the Altai Territory municipalities bordering the Republic of Kazakhstan. The yield potential for the West Kulunda natural-climatic zone of the Altai Territory (3.35 t/ha) was determined on the example of spring wheat. It exceeds the value in the conditions of the Eastern natural-climatic zone of the Orenburg region at 0.41 t/ha. Based on a comparison of the potential BCP and production yields, it was revealed that there is a sufficiently high reserve for its growth in both territories, despite the observed negative trend of BCP. For municipalities of the Eastern natural-climatic zone of the Orenburg region, it is 1.71-1.76 t/ha and

2.40-2.66 t/ha for the West Kulunda natural- climatic zone of the Altai Territory. Based on the results, a conclusion was made about the high scientific and practical importance of developing ways to realize better the potential yield of field crops on arable lands of the post-virgin steppe regions of the Russian Federation in order to optimize land use and withdraw low-yielding lands from agricultural circulation, without damage to the country's food security, including in municipalities bordering with the Republic of Kazakhstan.

Key words: the steppe zone of the Russian Federation, post-virgin border regions, the bioclimatic potential of the territory, the efficiency of the use of BCP, the yield of spring wheat.

References

1. Chervonnykh M.I. Razvitie eksportnogo potentsiala zernovogo rynka Zapadnoi Sibiri. Problemy razvitiya APK regiona. 2017. T. 31. N 3 (31). S. 157-166.
2. Larina T.N., Dobrodomova L.A., Tutaeva L.A. Ekonomicheskii analiz eksportnogo potentsiala zernovogo proizvodstva Orenburgskoi oblasti. Intellekt. Innovatsii. Investitsii. 2021. N 5. S. 43-52.
3. Pavlova V.N., Kalanka P., Karachenkova A.A. Produktivnost' zernovykh kul'tur na territorii Evropeiskoi Rossii pri izmenenii klimata za poslednie desyatiletia. Meteorologiya i klimatologiya. 2020. N 1. S. 78-94.
4. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. Rain-fed agriculture in the steppe and forest-steppe zone of the Ural River basin and the adaptation of agricultural technologies to changing moisture availability as a way to preserve surface water resources. South of Russia ecology development. 2023. Vol. 18. No. 1 (66). P. 117-125.
5. Nemtsev S.N., Sharipova R.B. Otsenka agrometeorologicheskikh pokazatelei atmosferykh zasukh i urozhainosti zernovykh kul'tur v izmenyayushchikhsya usloviyakh regional'nogo klimata. Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2020. N 1. S. 10-17.
6. Kaipov Ya.Z., Safin Kh.M. Optimizatsiya sistem zemledeliya v usloviyakh povysheniya zasushlivosti klimata v stepnoi zone Yuzhnogo Urala. Voprosy stepovedeniya. 2022. N 2. S. 72-80.
7. Xiang K., Wang B., Liu D.L., Chen C., Waters C., Huete A., Yu Q. Probabilistic assessment of drought impacts on wheat yield in south-eastern Australia. Agricultural Water Management. 2023. Vol. 284. P. 108359.
8. Eser C., Soylu S., Ozkan H. Drought responses of traditional and modern wheats in different phenological stages. Field Crops Research. 2024. Vol. 305. P. 109201.
9. Kumratova A.M., Aleshchenko V.V. Vliyanie klimata na zernovoe proizvodstvo Rossii: regional'naya spetsifika. Ekonomika i predprinimatel'stvo. 2021. N 9 (134). S. 429-434.
10. Gulyanov Yu.A. Vliyanie regul'yatorov rosta rastenii na realizatsiyu resursnogo potentsiala agrotsenozov ozimoi pshenitsy v usloviyakh Orenburgskogo Predural'ya. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2007. N 3 (66). S. 150-154.
11. Galeev R.R., Samarin I.S. Urozhainost' i kachestvo zerna sortov yarovoi myagkoi pshenitsy v zavisimosti ot urovnya intensivifikatsii proizvodstva v lesostepi Priob'ya. Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. N 1 (46). S. 9-15.
12. Sokolova A.V., Mel'nik V.S., Ageev A.A., Mantorova G.F. Kachestvo zerna yarovoi pshenitsy v zavisimosti ot predshestvennikov i obrabotki pochvy v usloviyakh Chelyabinskoi oblasti. APK Rossii. 2021. T. 28. N 5. S. 608-614.
13. Chibilev A.A., Levykin S.V., Kazachkov G.V. Agrarno-prirodookhrannye perspektivy modernizatsii stepnogo zemlepol'zovaniya. Agrarnaya Rossiya. 2011. N 2. S. 34-42.
14. Chibilev A.A., Meleshkin D.S., Grigorevskii D.V. Otsenka landshaftno-ekologicheskoi ustoichivosti geositemy Srednego Pural'ya. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2019. N 7. S. 133-138.
15. Sukhoverkova V.E. Sootnoshenie pashni sushchestvuyushchim vzglyadam na optimal'noe sootnoshenie ugodii. Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. N 10 (132). S. 35-40.

16. Kiryushin V.I. Nauchnye predposylki tekhnologicheskoi modernizatsii zemledeliya v Rossii. *Izvestiya mezhdunarodnoi akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2017. N 36. S. 18-22.
17. Utenkov G.L., Koteev S.V., Vlasenko A.N. Upravlenie zatratnym mekhanizmom innovatsionnykh protsessov obrabotki pochvy dlya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya Rossii. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2023. T. 3. N 6 (138). S. 145-163.
18. Goryanin O.I. Ispytanie sovremennykh sortov ozimoi pshenitsy v Srednem Zavolzh'e. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2015. T. 17. N 4-3. S. 565-569.
19. Yartsev G.F., Gulyanov Yu.A., Mordvintsev M.P., Battalova N.R., Baikasenov R.K., Bezuglov V.V., Titkov V.I. Sorta i gibrity polevykh kul'tur Orenburzh'ya (kratkie opisaniya). Orenburg: Izdatel'skii tsentr Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2011. 86 s.
20. Levykin S.V., Yakovlev I.G., Kazachkov G.V., Grudin D.A. Konservatsiya maloproduktivnoi pashni dlya optimizatsii territorial'noi okhrany stepi v vostochnom Orenburzh'e. *Stepnoi byulleten'*. 2015. N 43-44. S. 34-38.
21. Chibilev A.A. *Ekologicheskaya optimizatsiya stepnykh landshaftov*. Ekaterinburg: Nauka, 1992. 172 s.
22. Gulyanov Yu.A., Chibilev (ml) A.A., Chibilev A.A., Levykin S.V. Problemy adaptatsii stepnogo zemlepol'zovaniya k antropogennym i klimaticheskim izmeneniyam (na primere Orenburgskoi oblasti). *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2022. T. 86. N 1. S. 28-40.
23. Temperatura, otnositel'naya vlazhnost' vozdukha, uprugost' vodyanogo para, atmosferye osadki. Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchei sredy [Elektronnyi resurs]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (data obrashcheniya: 20.12.2013).
24. Losev A.P., Zhurina L.L. *Agrometeorologiya*. M.: Kolos, 2001. 297 s.
25. Shashko D.I. Uchityvat' bioklimaticheskii potentsial. *Zemledelie*. 1985. N 4. S. 19-26.
26. Tikhonov V.E. Bioklimaticheskii potentsial, ego ispol'zovanie i ustoichivost' proizvodstva zerna na Yuzhnom Urale. Nauka – sel'skomu khozyaistvu: materialy mezhdunar. konf. po povysheniyu ustoichivosti sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva, Orenburg, 29-30 sentyabrya 1998 g. Orenburg: Izd-vo FGBNU «Orenburgskii NIISKh», 2000. S. 26-36.
27. Gulyanov Yu.A., Chibilyov A.A., Silantieva M.M., Levykin S.V., Yakovlev I.G., Kazachkov G.V., Ovcharova N.V., Sokolova L.V. Dynamics of the bioclimatic potential of agroecological zones of the Altai territory in the conditions of modern climatic and anthropogenic changes. *Acta Biologica Sibirica*. 2022. Vol. 8. P. 763-780.
28. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.

Сведения об авторе:

Гулянов Юрий Александрович

Д.с.-х.н., профессор, ведущий научный сотрудник отдела степеведения и природопользования, Институт степи УрО РАН

ORCID 0000-0002-5883-349X

Gulyanov Yuriy

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

Для цитирования: Гулянов Ю.А. Эффективность использования природно-климатических ресурсов в земледелии постцелинных степных регионов Урала и Сибири // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 101-113. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-101-113

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ОВСА В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКА

В.Д. Василевский

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», Россия, Омск

e-mail: vasilevskiy@anc55.ru

В 2018-2021 гг. в южной лесостепи Западной Сибири на опытном поле отдела семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» было испытано 20 сортов ярового овса с оценкой их адаптивного потенциала по урожайности зерна. По результатам ранжированной оценки параметров зерновой продуктивности, ее пластичности и стабильности лучшими для условий сельскохозяйственного производства в южной лесостепи Западной Сибири в группе пленчатого овса оказались сорта Факел, Уран, Стиплер и Иртыш 33; голозерного овса – Сибирский голозерный.

Ключевые слова: овес яровой (*Avena sativa* L.), сорт, предшественник, урожайность, адаптивность, пластичность, стабильность, стрессоустойчивость.

Введение

Овес является ценной зернофуражной культурой в РФ [1, 2, 3], благодаря высокому содержанию в зерне белка (10-15 %), незаменимых аминокислот, крахмала (40-45 %) и жира (5-6 %). Также в его зерне содержатся витамины (В, В2, РР, Е), микроэлементы, пищевые волокна и другие биологически активные вещества. Поэтому из овса получают крупу, толокно и муку, которые можно использовать, как и в детском, так и в диетическом питании [3]. Для питательных веществ зерна овса характерна высокая переваримость и усвояемость. Овес также широко применяют для получения зеленого корма, сена и силоса, как в чистых посевах, так и в смеси с бобовыми и капустными культурами.

Россия занимает в общемировом производстве зерна овса значительную долю [2]. Данные Росстата свидетельствуют, что овес по объему посевных площадей находится в РФ на четвертом месте в группе зерновых культур. Его посевы в 2020 г. занимали 2,42 млн га. К этому времени площадь его возделывания уменьшилась по сравнению с 2001 г. на 46,5 %. В России овес в основном выращивается в Сибирском, Приволжском, Центральном и Уральском федеральных округах. Валовый сбор зерна овса в 2020 г. в РФ составил 4,13 млн тонн. В производстве зерна овса лидирующими регионами являются Алтайский край, Красноярский край и Республика Башкортостан, где производится, соответственно, 8,9; 8,6 и 6,2 % от общего объема в РФ. Доля зерна овса, производимого в 2020 г. в Омской области, составила 3,4 % от общероссийского производства. Урожайность овса в 2020 г. в среднем в РФ достигла 1,77 т/га, увеличившись по сравнению с 2010 г. на 22,9 %. Рост урожайности овса во многом связан с широким внедрением в производство новых высокопродуктивных и адаптивных сортов.

Значение возделывания новых сортов в повышении урожайности зерновых культур является общеизвестным фактом. Наряду с высокой и стабильной продуктивностью сорт должен характеризоваться высоким уровнем экологической пластичности. Возделываемый сорт должен обеспечивать получение стабильного и максимально возможного в данных условиях урожая высокого качества вследствие наличия у него большей приспособленности к стрессовым факторам окружающей среды [4]. В связи с тем, что продовольственное зерно овса используется для производства биологически полноценных продуктов диетического и детского питания, а фуражное зерно и зеленая масса – на корм сельскохозяйственным животным, анализ адаптивных возможностей новых его сортов имеет определенную значимость. Тем более, что в последние годы усилия селекционеров в значительной степени

направлены на получение сортов, эффективно использующих природные и технологические ресурсы и максимально устойчивых к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды [5].

Для Западной Сибири и Омской области, характеризующихся многообразием природно-климатических условий и значительной вариабельностью метеорологических условий периода вегетации, использование в сельскохозяйственном производстве высокоурожайных сортов с высокими адаптационными возможностями будет способствовать стабильному увеличению производства зерна овса.

Цель наших исследований – оценка параметров пластичности и адаптивности сортов пленчатого и голозерного овса по их зерновой продуктивности в условиях южной лесостепи Западной Сибири в зависимости от размещения по предшественнику.

Материалы и методы

Испытание сортов ярового овса (*Avena sativa* L.) осуществлено в 2018-2021 гг. отделом семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Испытано 20 сортов овса ярового, из них 14 – зернофуражного направления, 4 – зерноукосного и 2 – голозерных сорта. Большинство испытанных сортов овса (12) является результатом селекции ФГБНУ «Омский АНЦ»: Орион, Иртыш 21, Памяти Богачкова, Сибирский геркулес, Тарский 2, Уран и Факел (зернофуражная группа); Иртыш 22, Иртыш 33 и Иртыш 34 (зерноукосная группа); Сибирский голозерный и Тарский голозерный (голозерная группа). Сорта Аргумент и Корифей принадлежат селекции ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Алтай» (ФГБНУ «ФАНЦА»); Всадник, Грум и Кентер – результат совместной селекции ФГБНУ «Самарский федеральный исследовательский центр РАН» и ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; Урал – селекции ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН»; Фома – селекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр СО РАН». Посевы овса размещали после чистого черного пара и зерновых культур третьей культурой после пара. Срок посева – 21-22 мая, норма высева – 4,5 млн всхожих семян/га. Обработка почвы и приемы ухода за посевами были аналогичны общепринятым для возделывания овса в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Уборку овса осуществляли в 3-й декаде августа.

Повторность в опыте – четырехкратная, расположение делянок – систематическое, площадь делянок – по 25 м². Урожай зерна учитывали, руководствуясь методикой государственного сортоиспытания с.-х. культур [6, 7]. Данные по урожайности зерна подвергнуты дисперсионному анализу [8].

Почвенный покров участка под опытом был представлен лугово-черноземной, слабо выщелоченной почвой с pH почвенного раствора 6,5-6,8 и содержанием гумуса в пахотном горизонте – 6 %. Условия периода вегетации в годы проведения опыта были различными. В течение мая-августа 2018 г. выпало 245,3 мм осадков; 2019 г. – 192,5; 2020 г. – 130,9 и 2021 г. – 133,2 мм при среднемноголетней их сумме за этот период 207 мм. Сумма температур выше 10⁰С за этот период в 2018 г. оказалась равной 1726⁰С, в 2019 г. – 1942⁰С, в 2020 г. – 2234⁰С и в 2021 г. – 2264⁰С. ГТК по Г.Т. Селянинову за период май-август 2018 г. составил 1,42; 2019 г. – 0,99; 2020 и 2021 гг. – по 0,59, что согласно градации засушливости летнего периода по Е.К. Зоидзе и Т.В. Хомяковой [9] соответствует повышенному увлажнению этого периода в 2018 г., недостаточному увлажнению – в 2019 г. и очень низкой степени увлажненности (средней засухе) – в 2020 и 2021 гг. Различия в погодных условиях в годы исследований обеспечили объективную оценку испытываемых сортов овса в различных условиях тепло- и влагообеспеченности.

Для оценки экологической пластичности сортов овса мы использовали следующие показатели: устойчивость к стрессу $Y_{\min}-Y_{\max}$ и компенсаторная способность $(Y_{\min}+Y_{\max})/2$ по А.А. Rossielle, J. Hemblin [10]; коэффициенты вариации (V, %) [11], экологической пластичности (КЭП) и интенсивности (КИ, %) по Р.А. Удачину и А.П. Головоченко [12],

адаптивности (КА, %) по Л.А. Животкову [13]. Агрономическая стабильность (АС) по Л.В. Сазоновой, Э.А. Власовой [14], относительная стабильность (St^2) по Н.А. Соболеву [15], индекс стабильности (ИС) и гомеостатичность (Ном) по В.В. Хангильдину [16], индекс стабильности (L) и показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) по методике Э.Д. Неттевича и др. [17] нами использовались при оценке экологической стабильности сортов. За оптимальные условия (max) мы принимали год с максимальным проявлением урожайности сортов овса, лимитированные (lim) – с минимальным. Стандартное и среднее квадратическое отклонения, которые были необходимы нам для расчетов по определению параметров экологической пластичности и стабильности, определяли согласно методике Б.А. Доспехова [8].

Результаты и обсуждение

Адаптивный потенциал сорта – это его способность противостоять действию неблагоприятных факторов окружающей среды. Поэтому в селекции растений одной из решаемой селекционерами проблем является адаптация сорта к условиям возделывания и использование механизмов саморегуляции продуктивности растений. Взаимодействие генотипа со средой характеризуется такими показателями, как пластичность, стабильность, гомеостаз, устойчивость, которые показывают ответные реакции сорта на изменения условий среды или варьирование модификационной изменчивости в границах нормы реакции генотипа [12, 18].

Самой высокой урожайностью зерна в среднем за годы исследований отличался сорт Факел, обеспечивший при размещении после пара получение 8,29 т зерна с 1 га, зернового предшественника – 7,22 т/га с варьированием урожайности, соответственно, 7,56-9,53 и 5,83-8,38 т/га (табл. 1). Высокую зерновую продуктивность при посеве по пару на уровне 7,84-6,25 т/га также показывали сорта Уран, Мутика 1164, Стиплер, Всадник, Тарский 2, Сибирский геркулес, Иртыш 21, Иртыш 33 (пленчатые) и Сибирский голозерный, а самую низкую (5,58-5,59 т/га) – Аргумент и Урал. При посеве после зернового предшественника в группе пленчатого овса наряду с сортом Факел высокую урожайность зерна (6,98-5,96 т/га) обеспечивали те же самые сорта, что и по пару. Самую низкую урожайность зерна (4,91-5,24 т/га) формировали сорта Урал, Корифей, Орион и Иртыш 22. В группе голозерного овса сорт Сибирский голозерный так же, как и по пару, был более урожайным и при размещении после зерновой культуры, по сравнению с новым сортом Тарский голозерный. Подтвержден эффект использования чистого пара для размещения семенных посевов овса в южной лесостепи Западной Сибири. Урожайность зерна овса при посеве по пару в среднем была на 0,78 т/га выше, чем после зернового предшественника.

Разница ($Y_{\min} - Y_{\max}$) характеризует устойчивость сортов к стрессу: чем ближе значение этого показателя к 0, тем выше устойчивость сорта. При размещении по пару наиболее стрессоустойчивыми оказались сорта Мутика 1164, Стиплер, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (-2,18...-1,39), после зерновых культур – Всадник, Стиплер, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (-1,91...-1,38) (табл. 2). Стрессоустойчивость сортов овса по зерновому предшественнику (-2,45) была в 1,27 раза выше, чем по пару (-3,12).

Компенсаторная способность $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ характеризуется средним значением максимальной и минимальной урожайности сорта в контрастных условиях. При размещении овса по пару самая высокая компенсаторная способность (6,34-8,54 т/га) отмечена нами у сортов Всадник, Иртыш 21, Мутика 1164, Стиплер, Тарский 2, Уран, Факел, Фома, Иртыш 33 и Сибирский голозерный; по зерновому предшественнику – Иртыш 21, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Тарский 2, Уран, Факел и Иртыш 33 (6,30-7,10 т/га). При посеве по пару в среднем компенсаторная способность сортов овса (6,35 т/га) оказалась на 0,52 т/га выше, чем после зерновых культур (5,83 т/га).

Таблица 1 – Зерновая продуктивность сортов овса (2018-2021 гг.), т/га

Название сорта	Предшественник – пар		Предшественник – зерновые	
	Варьирование урожайности ($Y_{\min} \dots Y_{\max}$)	Урожайность зерна	Варьирование урожайности ($Y_{\min} \dots Y_{\max}$)	Урожайность зерна
Орион	4,23...7,02	5,80	4,05...6,64	5,24
Аргумент	2,90...7,06	5,58	3,92...7,30	5,48
Всадник	6,25...9,04	7,23	5,06...6,97	5,96
Грум	3,05...8,18	6,30	3,98...7,08	5,59
Иртыш 21	4,44...8,27	6,74	4,95...7,98	6,08
Кентер	3,36...7,53	6,11	4,46...6,81	5,52
Корифей	2,88...8,16	6,13	4,06...6,70	5,14
Мутика 1164	6,69...8,80	7,56	4,93...7,68	6,49
Памяти Богачкова	4,30...7,75	6,23	4,68...7,56	5,76
Сибирский геркулес	5,61...8,30	6,88	5,07...7,59	6,41
Стиплер	5,91...8,02	7,48	5,43...7,29	6,62
Тарский 2	5,07...8,14	7,00	5,39...7,72	6,06
Уран	6,59...9,07	7,84	5,49...8,13	6,98
Факел	7,56...9,53	8,29	5,83...8,38	7,22
Фома	4,24...8,68	6,43	4,26...6,99	5,56
Урал	3,67...6,24	5,59	3,45...5,91	4,91
Иртыш 22	3,34...7,46	6,04	3,83...6,40	5,24
Иртыш 33	5,25...7,43	6,40	5,63...7,01	6,56
Сибирский голозерный (St.)	5,74...7,13	6,25	4,08...5,62	5,02
Тарский голозерный	4,67...6,37	5,85	3,61...5,31	4,39
<i>Среднее</i>	2,88...9,53	6,59	3,61...8,38	5,81
НСР ₀₅ частных различий	0,43			
НСР ₀₅ по фактору А	0,22			
НСР ₀₅ по фактору В	0,31			
НСР ₀₅ по фактору С	0,16			

Примечание: А – год, В – предшественник, С – сорт.

При размещении овса по пару самыми низкими значениями коэффициента вариации (V,%) урожайности зерна (10,0-15,7 %) отличались сорта Мутика 1164, Стиплер, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный; при размещении после зернового предшественника (9,9-16,1 %) – Всадник, Стиплер, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный. Среднее значение коэффициента вариации урожайности зерна сортов овса по пару (22,0 %) было в 1,2 раза больше, чем по зерновому предшественнику (18,4 %).

При посеве овса после пара наибольшие значения коэффициента экологической пластичности (КЭП) мы наблюдали у сортов Всадник, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (5,65-10,00); после зернового предшественника – Всадник, Кентер, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (5,51-10,14). КЭП сортов овса в среднем при посеве по зерновому предшественнику (5,71) был в 1,06 раза больше, чем по пару (5,36).

Коэффициент адаптивности сорта (КА) определяется как отношение урожайности сорта к средней урожайности всего набора сортов, выраженное в процентах. Высокими значениями коэффициента адаптивности при посеве овса после пара (111,2-128,6 %) характеризовались сорта Всадник, Мутика 1164, Стиплер, Уран и Факел; после зерновых культур (110,2-124,7) – Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Уран, Факел и Иртыш 33.

Таблица 2 – Экологическая пластичность сортов овса (2018-2021 гг.)

Название сорта	$Y_{\min}-Y_{\max}$	$(Y_{\min}+Y_{\max})/2$	V, %	КЭП	КА, %	КИ, %
<i>Предшественник – пар</i>						
Орион	-2,79	5,62	20,7	4,82	87,9	42,3
Аргумент	-4,16	4,98	32,9	3,04	82,8	63,1
Всадник	-2,79	7,64	17,7	5,65	111,2	42,3
Грум	-5,13	5,62	37,0	2,70	93,4	77,8
Иртыш 21	-3,83	6,36	25,7	3,89	101,4	58,1
Кентер	-4,17	5,44	31,8	3,14	91,0	63,3
Корифей	-5,28	5,52	38,0	2,63	90,6	80,1
Мутика 1164	-2,11	7,74	13,7	7,29	116,4	32,0
Памяти Богачкова	-3,45	6,02	25,0	4,00	94,1	52,4
Сибирский геркулес	-2,69	6,96	17,0	5,89	106,2	40,8
Стиплер	-2,11	6,96	14,0	7,16	117,0	32,0
Тарский 2	-3,07	6,60	20,8	4,80	106,1	46,6
Уран	-2,48	7,83	12,9	7,72	121,8	37,6
Факел	-1,97	8,54	10,3	9,68	128,6	29,9
Фома	-4,44	6,46	30,8	3,80	96,9	67,4
Урал	-2,57	4,96	22,9	3,98	84,2	39,0
Иртыш 22	-4,12	5,40	30,6	3,26	90,2	62,5
Иртыш 33	-2,18	6,34	15,7	6,36	98,0	33,1
Сибирский голозерный	-1,39	6,44	10,0	10,00	96,4	21,1
Тарский голозерный	-1,70	5,52	13,4	7,48	85,8	25,8
Среднее	-3,12	6,35	22,0	5,36	100,0	47,4
<i>Предшественник – зерновые</i>						
Орион	-2,59	5,34	20,8	4,82	89,7	44,6
Аргумент	-3,38	5,61	25,8	3,88	93,6	58,2
Всадник	-1,91	6,02	13,3	7,52	102,7	32,9
Грум	-3,10	5,53	22,8	4,38	95,8	53,4
Иртыш 21	-3,03	6,46	21,8	4,57	103,9	52,2
Кентер	-2,35	5,64	17,9	5,59	94,7	40,4
Корифей	-2,64	5,38	21,7	4,61	87,9	45,4
Мутика 1164	-2,75	6,30	17,6	5,68	112,3	47,3
Памяти Богачкова	-2,88	6,12	21,7	4,61	98,7	49,6
Сибирский геркулес	-2,52	6,33	18,1	5,51	110,2	43,4
Стиплер	-1,86	6,36	15,3	6,52	115,0	32,0
Тарский 2	-2,33	6,56	18,3	5,46	104,2	40,1
Уран	-2,64	6,81	16,0	6,23	120,5	45,4
Факел	-2,55	7,10	14,9	6,72	124,7	43,9
Фома	-2,73	5,62	21,8	4,59	95,6	47,0
Урал	-2,46	4,68	21,4	4,66	84,2	42,3
Иртыш 22	-2,57	5,12	20,3	4,92	89,9	44,2
Иртыш 33	-1,38	6,32	9,9	10,14	114,0	23,8
Сибирский голозерный	-1,54	4,85	13,3	7,49	86,8	26,5
Тарский голозерный	-1,70	4,46	16,1	6,21	75,5	29,3
Среднее	-2,45	5,83	18,4	5,71	100,0	42,1

Примечание: $Y_{\min}-Y_{\max}$ – устойчивость к стрессу; $(Y_{\min}+Y_{\max})/2$ – компенсаторная способность; V, % – коэффициент вариации; КЭП – коэффициент экологической пластичности; КА, % – коэффициент адаптивности; КИ, % – коэффициент интенсивности.

При посеве овса по пару наиболее отзывчивыми на улучшение условий возделывания оказались сорта Аргумент, Грум, Иртыш 21, Кентер, Корифей, Фома и Иртыш 22, имеющие самые высокие значения коэффициента интенсивности (58,1-80,1 %); по зерновому предшественнику – Аргумент, Грум, Иртыш 21, Мутика 1164, Памяти Богачкова и Фома (47,0-58,2 %). При размещении овса по пару коэффициент интенсивности его сортов в среднем (47,4 %) был в 1,12 раза выше, чем после зернового предшественника (42,1 %).

Наибольшая агрономическая стабильность (АС) при посеве после пара отмечалась у сортов Всадник, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (90,0-82,3 %); после зерновых культур – сортов Всадник, Кентер, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Тарский 2, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (90,1-81,7 %) (табл. 3). Агрономическая стабильность зерновой продуктивности овса практически мало зависела от предшественника, составляя в среднем по пару 78,0 %, а по зерновому предшественнику – 81,6 %.

Наивысшей относительной стабильностью (S_r^2), максимально близкой к 1, при размещении овса после чистого пара отличались сорта Орион, Всадник, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Тарский 2, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (0,957-0,990); после зернового предшественника – Орион, Всадник, Кентер, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Тарский 2, Уран, Факел, Иртыш 22, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (0,957-0,990). Относительная стабильность сортов овса мало зависела от предшественника, составив в среднем по пару 0,944, по зерновому предшественнику – 0,964.

Наиболее высокими индексами стабильности по В.В. Хангильдину (ИС) при размещении овса по пару выделялись сорта Всадник, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Тарский 2, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (33,6-80,3); по зерновому предшественнику – Всадник, Кентер, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Тарский 2, Уран, Факел, Иртыш 33 и Сибирский голозерный (30,9-66,5). Средняя по сортам стабильность урожайности зерна овса практически не зависела от предшественника, варьируя от 33,6 до 34,7.

По индексу стабильности (L) лучшими при посеве по чистому пару оказались сорта Всадник, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (0,405-0,805); по зерновому предшественнику – те же самые сорта, что и по пару (0,354-0,663), кроме сорта Тарский голозерный. Нами отмечено, что предшественник не оказывал существенного влияния на величину индекса стабильности (L).

Максимальную гомеостатичность (Ном) при размещении овса по пару мы наблюдали у сортов Всадник, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (14,7-45,0); по зерновому предшественнику – Всадник, Кентер, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Тарский 2, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (13,1-48,2). Гомеостатичность сортов овса в среднем по предшественникам оказалась практически одинаковой, составив 15,2 и 15,3.

По показателю уровня и стабильности урожайности сорта (ПУСС) при размещении посевов овса после чистого пара нами выделены сорта Всадник, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Уран, Факел, Иртыш 33, Сибирский голозерный и Тарский голозерный (2,551-6,673), после зерновых культур – Всадник, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Уран, Факел и Иртыш 33 (2,269-4,349). Среднее значение ПУСС у сортов овса, размещенных по пару, составило 2,489, по зерновому предшественнику – 2,003, или в 1,24 раза меньше.

С целью оценки адаптивного потенциала сортов по всей совокупности анализируемых параметров некоторые исследователи используют принцип ранжирования сортов, давая окончательную оценку адаптивности сортов по сумме рангов [18, 20]. При этом принимается во внимание, что, чем меньше общая сумма рангов, тем выше адаптивный потенциал сорта.

Таблица 3 – Экологическая стабильность сортов овса (2018-2021 гг.)

Название сорта	А С, %	S_t^2	ИС	L	Ном	ПУСС
<i>Предшественник – пар</i>						
Орион	79,3	0,957	23,3	0,280	10,0	1,624
Аргумент	67,1	0,892	9,2	0,170	4,1	0,949
Всадник	82,3	0,969	32,0	0,408	14,7	2,950
Грум	63,0	0,863	7,3	0,170	3,3	1,071
Иртыш 21	74,3	0,934	15,2	0,262	6,9	1,766
Кентер	68,2	0,899	9,9	0,192	4,6	1,173
Корифей	62,0	0,856	6,9	0,161	3,1	0,987
Мутика 1164	86,3	0,981	53,1	0,552	26,1	4,173
Памяти Богачкова	75,0	0,938	16,0	0,249	7,2	1,551
Сибирский геркулес	83,0	0,971	34,7	0,405	15,1	2,786
Стиплер	86,0	0,980	51,4	0,534	25,4	3,994
Тарский 2	79,2	0,957	23,0	0,336	11,0	2,352
Уран	87,1	0,983	59,6	0,608	24,4	4,767
Факел	89,7	0,989	93,9	0,805	40,8	6,673
Фома	69,2	0,905	10,6	0,209	4,7	1,344
Урал	77,1	0,947	19,0	0,244	9,5	1,364
Иртыш 22	69,4	0,906	10,7	0,197	4,8	1,190
Иртыш 33	84,3	0,975	40,4	0,408	18,7	2,611
Сибирский голозерный	90,0	0,990	99,9	0,625	45,0	3,906
Тарский голозерный	86,6	0,982	55,9	0,436	25,7	2,551
Среднее	78,0	0,944	33,6	0,363	15,2	2,489
<i>Предшественник – зерновые</i>						
Орион	79,2	0,957	23,2	0,252	9,7	1,320
Аргумент	74,2	0,933	15,0	0,212	6,3	1,162
Всадник	86,7	0,982	56,6	0,448	23,4	2,670
Грум	77,2	0,948	19,2	0,245	7,9	1,370
Иртыш 21	78,2	0,952	20,9	0,279	9,2	1,696
Кентер	82,1	0,968	31,3	0,308	13,1	1,700
Корифей	78,3	0,953	21,3	0,237	9,0	1,218
Мутика 1164	82,4	0,969	32,3	0,369	13,4	2,395
Памяти Богачкова	78,3	0,953	21,2	0,265	9,2	1,526
Сибирский геркулес	81,9	0,967	39,4	0,354	14,0	2,269
Стиплер	84,7	0,976	42,5	0,433	23,2	2,866
Тарский 2	81,7	0,966	29,8	0,331	14,2	2,006
Уран	84,0	0,974	38,9	0,436	16,5	3,043
Факел	85,1	0,978	45,2	0,484	19,0	3,494
Фома	78,2	0,952	21,0	0,255	9,3	1,418
Урал	78,6	0,954	21,8	0,229	9,3	1,124
Иртыш 22	79,7	0,959	24,2	0,258	10,0	1,352
Иртыш 33	90,1	0,990	102,7	0,663	48,2	4,349
Сибирский голозерный	86,7	0,982	56,1	0,377	24,4	1,892
Тарский голозерный	83,9	0,974	38,6	0,273	16,0	1,198
Среднее	81,6	0,964	34,7	0,335	15,3	2,003

Примечание: А С, % – агрономическая стабильность; S_t^2 – относительная стабильность; ИС – индекс стабильности по В.В. Хангильдину; L – индекс стабильности по Э.Д. Неттевичу; Ном – гомеостатичность по В.В. Хангильдину; ПУСС – показатель уровня и стабильности сорта по Э.Д. Неттевичу.

Наименьшей суммой рангов по комплексу показателей пластичности, а, значит, и наиболее высокой пластичностью при размещении овса по обоим предшественникам характеризовались сорта Всадник, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Тарский 2, Уран, Факел, Иртыш 33 и Сибирский голозерный; дополнительно по чистому пару – Тарский голозерный, по зерновому предшественнику – Кентер (табл. 4). Наиболее пластичными (в порядке убывания пластичности) при размещении овса по пару оказались сорта Факел, Уран, Мутика 1164, Стиплер и Сибирский голозерный; по зерновому предшественнику – Факел, Иртыш 33, Уран, Стиплер и Всадник.

Таблица 4 – Результаты ранжирования сортов овса по параметрам их пластичности и стабильности в зависимости от предшественника

Название сорта	Сумма рангов					
	По пластичности		По стабильности		Общая	
	Предшественник					
	Пар	Зерновые	Пар	Зерновые	Пар	Зерновые
Орион	68	77	64	83	132	160
Аргумент	91	83	108	111	199	194
Всадник	47	43	47	18	94	61
Грум	82	79	109	97	191	176
Иртыш 21	64	64	75	78	139	142
Кентер	81	61	100	57	181	118
Корифей	87	81	115	97	202	178
Мутика 1164	37	48	24	43	61	91
Памяти Богачкова	67	68	76	80	143	148
Сибирский геркулес	47	51	48	48	95	99
Стиплер	40	37	31	28	71	65
Тарский 2	54	51	60	52	114	103
Уран	30	35	20	26	50	61
Факел	26	29	9	17	35	46
Фома	67	75	90	85	157	160
Урал	81	85	77	97	158	182
Иртыш 22	81	75	91	75	172	150
Иртыш 33	53	33	44	6	97	39
Сибирский голозерный	41	61	12	27	53	88
Тарский голозерный	49	73	33	59	41	132

Наибольшей стабильностью по сумме рангов независимо от предшественника также характеризовались сорта Всадник, Мутика 1164, Сибирский геркулес, Стиплер, Тарский 2, Уран, Факел, Иртыш 33 и Сибирский голозерный; по пару – дополнительно еще Тарский голозерный, по зерновому предшественнику – Кентер. В целом по общей сумме рангов при размещении овса после пара наибольшей стабильностью (в порядке убывания) отличались сорта Факел, Сибирский голозерный, Уран, Мутика 1164 и Стиплер; после зерновых культур – Иртыш 33, Факел, Всадник, Уран и Сибирский голозерный.

Установлено, что наибольшим адаптивным потенциалом к варьирующим условиям среды (по суммарной рейтинговой оценке пластичности и стабильности) при размещении овса по чистому пару обладают сорта Факел, Тарский голозерный, Уран, Сибирский голозерный и Мутика 1164; по зерновому предшественнику – Иртыш 33, Факел, Уран, Всадник и Стиплер.

Для сельскохозяйственного производства, где овес размещают, главным образом, после непаровых предшественников, лучше всего подходят сорта овса, сочетающие высокую урожайность зерна при посеве после зернового предшественника с широкими возможностями пластичности и адаптивности, – Факел, Уран, Стиплер, Мутика 1164 и Сибирский геркулес

(зернофуражная группа); Иртыш 33 (зерноукосная группа) и Сибирский голозерный (голозерная группа).

Выводы

Сильно варьирующие по годам условия летнего периода южной лесостепи Западной Сибири оказывали значительное влияние на изменчивость зерновой продуктивности испытываемых сортов овса: коэффициенты вариации их урожайности изменялись в интервале 9,9-38,0 %.

Самыми пластичными при размещении овса по обоим предшественникам (пар и 2-я культура после пара) по ранговой оценке оказались сорта Факел и Уран, выделившиеся наиболее высокими значениями компенсаторной способности и коэффициента адаптивности, соответственно, по пару 7,83-8,54 т/га и 121,8-128,6 %, зерновому предшественнику – 6,81-7,10 т/га и 120,5-124,7 %. При размещении овса по пару хорошую пластичность также проявлял сорт Мутика 1164, зерновому предшественнику – Иртыш 33 и Стиплер.

Самой высокой стабильностью урожайности зерна вне зависимости от предшественника по результатам ранжирования характеризовались сорта Факел, Уран и Сибирский голозерный, отличаясь при этом самыми высокими индексами стабильности по Э.Д. Неттевичу. При посеве овса по пару высокую стабильность получения урожая зерна обеспечивали сорта Мутика 1164 и Стиплер, зерновому предшественнику – Всадник, Иртыш 33 и Стиплер.

Ранжирование сортов по всей совокупности параметров пластичности и стабильности при размещении овса после традиционного в сельскохозяйственном производстве зернового предшественника показало, что самыми лучшими оказались сорта Иртыш 33, Факел, Уран, Всадник и Стиплер.

При размещении овса по зерновому предшественнику наиболее высокой урожайностью зерна отличались сорта Факел, Уран, Стиплер и Иртыш 33. Таким образом, по параметрам зерновой продуктивности, ее пластичности и стабильности лучшими для использования в южной лесостепи Западной Сибири следует признать сорта Факел, Уран, Стиплер и Иртыш 33. В группе голозерного овса самым урожайным, пластичным и стабильным оказался сорт-стандарт Сибирский голозерный.

Список литературы

1. Лоскутов И.Г. Овес (*Avena L.*) распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. Санкт-Петербург: ГНЦ РФ ВИР, 2007. 336 с.
2. Баталова, Г.А. Овес. Технология возделывания и селекция. Киров, 2000. 205 с.
3. Буданова А.Д., Белкин Р.И. Овес – ценная продовольственная культура (обзор) // Мир инноваций. 2021. № 1. С. 3-7.
4. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) теория и практика. Т. 2. М.: Агрорус, 2009. 1098 с.
5. Асеева Т.А., Трифунтова И.Б. Сравнительная оценка новых генотипов овса в Дальневосточном регионе // Координационный совет по селекции и семеноводству зернофуражных культур: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары: Изд-во: ООО «Изд. дом «Среда», 2019. С. 22-29.
6. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. М., 1985. 268 с.
7. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. М., 1989. 194 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 308 с.
9. Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В. Моделирование формирования влагообеспеченности на территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности // Метеорология и гидрология. 2006. № 2. С. 98-105.

10. Rossielle A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Science. 1981. Vol. 21. No. 6. P. 943-946.
11. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Недорезков В.Д., Исмагилов Р.Р., Кадиков Р.К., Исламгулов Д.Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа, 2005. 99 с.
12. Удачин Р.А., Головоченко А.П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы // Селекция и семеноводство. 1990. № 5. С. 2-6.
13. Животков Л.А., Морозова З.А., Секутаева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайность // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3-6.
14. Сазонова Л.В., Власова Э.А. Корнеплодные растения: морковь, сельдерей, петрушка, пастернак, редис, редька. Л.: Агропромиздат, 1990. 296 с.
15. Соболев Н.А. Методика оценки экологической стабильности сортов и генотипов // Проблемы отбора и оценки селекционного материала. Киев: Наукова думка, 1980. С. 100-106.
16. Хангильдин В.В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытаниях колосовых культур // Науч.-техн. бюл. Всесоюзного селекционно-генетического ин-та. 1986. № 2(60). С. 36-41.
17. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качества зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66-73.
18. Поползухина Н.А., Паршуткин Ю.Ю., Поползухин П.В., Василевский В.Д., Гайдар А.А. Адаптивный потенциал сортов твердой яровой пшеницы по урожайности зерна в зависимости от предшественника в южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского ГАУ. 2019. № 4(36). С. 40-52.
19. Поползухин П.В., Василевский В.Д., Гайдар А.А., Паршуткин Ю.Ю. Адаптивность сортов твердой яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири // Актуальные проблемы научного обеспечения земледелия Западной Сибири: Сб. науч. статей, посвящ. 70-летию акад. РАН Храмцова И.Ф., 95-летию основания отдела земледелия ФГБНУ «Омский АНЦ». (г. Омск, 5 февр. 2020 г.). Омск: Изд-во Макшеевой Е.А., 2020. С. 291-299.
20. Аниськов Н.И., Сафонова И.В., Хорева И.В. Адаптивный потенциал сортов озимой ржи селекции ВИР по показателю «содержание белка в зерне» в условиях Ленинградской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180 (1). С. 44-51.

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

Поступила в редакцию 12.12.2023

Принята к публикации 12.03.2024

THE ADAPTIVE POTENTIAL OF GRAIN PRODUCTIVITY OF OATS VARIETIES IN THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA DEPENDING ON THE PREDECESSOR

V. Vasilevsky

Omsk Agrarian Scientific Center, Russia, Omsk

e-mail: vasilevskiy@anc55.ru

In 2018-2021, in the southern forest-steppe of Western Siberia, 20 varieties of spring oats were tested in the experimental field of the Seed Production Department of the Omsk Agrarian Scientific Center with an assessment of their adaptive potential for grain yield. According to the results of a ranked assessment of the parameters of grain productivity, its plasticity and stability, the

best varieties for agricultural production conditions in the southern forest-steppe of Western Siberia in the group of filmy oats were Fakel, Uran, Stipler and Irtysh 33; naked oats – Siberian naked.

Key words: spring oats (*Avena sativa* L.), variety, precursor, yield, adaptability, plasticity, stability, stress resistance.

References

1. Loskutov I.G. Oves (*Avena* L.) rasprostraneniye, sistematika, evolyutsiya i selektsionnaya tsennost'. Sankt-Peterburg: GNTs RF VIR, 2007. 336 s.
2. Batalova, G.A. Oves. Tekhnologiya vozdel'yvaniya i selektsiya. Kirov, 2000. 205 s.
3. Budanova A.D., Belkin R.I. Oves – tsennaya prodovol'stvennaya kul'tura (obzor). Mir innovatsii. 2021. N 1. S. 3-7.
4. Zhuchenko A.A. Adaptivnoye rasteniyevodstvo (ekologo-geneticheskie osnovy) teoriya i praktika. T. 2. M.: Agrorus, 2009. 1098 s.
5. Aseeva T.A., Trifuntova I.B. Sravnitel'naya otsenka novykh genotipov ovsa v Dal'nevostochnom regione // Koordinatsionnyi sovet po selektsii i semenovodstvu zernofurazhnykh kul'tur: Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Cheboksary: Izd-vo: OOO "Izd. dom "Sreda", 2019. S. 22-29.
6. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Vyp. 1. M., 1985. 268 s.
7. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Vyp. 2. M., 1989. 194 s.
8. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1985. 308 s.
9. Zoidze E.K., Khomyakova T.V. Modelirovaniye formirovaniya vlagooobespechennosti na territorii Evropeiskoi Rossii v sovremennykh usloviyakh i osnovy otsenki agroklimaticheskoi bezopasnosti. Meteorologiya i gidrologiya. 2006. N 2. S. 98-105.
10. Rossielle A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science. 1981. Vol. 21. No. 6. P. 943-946.
11. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Nedorezkov V.D., Ismagilov R.R., Kadikov R.K., Islamgulov D.R. Metodika rascheta i otsenki parametrov ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii. Ufa, 2005. 99 s.
12. Udachin R.A., Golovochenko A.P. Metodika otsenki ekologicheskoi plastichnosti sortov pshenitsy. Seleksiya i semenovodstvo. 1990. № 5. S. 2-6.
13. Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekutaeva L.I. Metodika vyyavleniya potentsial'noi produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoi pshenitsy po pokazatelyu urozhainost'. Seleksiya i semenovodstvo. 1994. N 2. S. 3-6.
14. Sazonova L.V., Vlasova E.A. Korneplodnye rasteniya: morkov', sel'derei, petrushka, pasternak, redis, red'ka. L.: Agropromizdat, 1990. 296 s.
15. Sobolev N.A. Metodika otsenki ekologicheskoi stabil'nosti sortov i genotipov. Problemy otbora i otsenki selektsionnogo materiala. Kiev: Naukova dumka, 1980. S. 100-106.
16. Khangil'din V.V. Parametry otsenki gomeostatichnosti sortov i selektsionnykh linii v ispytaniyakh kolosovykh kul'tur. Nauch.-tekhn. byul. Vsesoyuznogo selektsionno-geneticheskogo inta. 1986. N 2(60). S. 36-41.
17. Nettevich E.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I. Povysheniye effektivnosti otbora yarovoi pshenitsy na stabil'nost' urozhainosti i kachestva zerna. Vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 1985. N 1. S. 66-73.
18. Popolzukhina N.A., Parshutkin Yu.Yu., Popolzukhin P.V., Vasilevskii V.D., Gaidar A.A. Adaptivnyi potentsial sortov tverdoi yarovoi pshenitsy po urozhainosti zerna v zavisimosti ot predshestvennika v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri. Vestnik Omskogo GAU. 2019. N 4(36). S. 40-52.
19. Popolzukhin P.V., Vasilevskii V.D., Gaidar A.A., Parshutkin Yu.Yu. Adaptivnost' sortov tverdoi yarovoi pshenitsy v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri. Aktual'nye problemy nauchnogo obespecheniya zemledeliya Zapadnoi Sibiri: Sb. nauch. statei, posvyashch. 70-letiyu akad. RAN

Khramtsova I.F., 95-letiyu osnovaniya otдела zemledeliya FGBNU «Omskii ANTs». (g. Omsk, 5 fevr. 2020 g.). Omsk: Izd-vo Maksheevoy E.A., 2020. S. 291-299.

20. Anis'kov N.I., Safonova I.V., Khoreva I.V. Adaptivnyi potentsial sortov ozimoi rzhii seleksii VIR po pokazatelyu «soderzhanie belka v zerne» v usloviyakh Leningradskoi oblasti. Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii. 2019. N 180 (1). S. 44-51.

Сведения об авторе:

Василевский Василий Дмитриевич

К.с-х.н., доцент, ведущий научный сотрудник отдела семеноводства, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»

ORCID: 0000-0003-0339-3383

Vasilevsky Vasily

Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Leading Researcher of the Department of Seed Production, FSBSI "Omsk Agrarian Scientific Center"

Для цитирования: Василевский В.Д. Адаптивный потенциал зерновой продуктивности сортов овса в южной лесостепи Западной Сибири в зависимости от предшественника // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 114-125. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-114-125

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, 2024