

ISSN 2712-8628



ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ

STEPPE SCIENCE

2022

№ 2

**РЕЦЕНЗИРУЕМОЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЕ
НАУЧНОЕ СЕТЕВОЕ ИЗДАНИЕ**

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

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ

STEPPE SCIENCE

2

2022

ВОПРОСЫ СТЕПЕВЕДЕНИЯ. 2022. № 2

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

Главный редактор академик РАН А.А. Чибилов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Науки о Земле

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

Общая биология

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

Сельскохозяйственные науки

Кулик К.Н., ак. РАН и РЭА, ак. РАСХН, д.с.-х.н.
Савин Е.З., д.с.-х.н.
Гулянов Ю.А., д.с.-х.н.
Часовских Н.П., д.с.-х.н.
Мушинский А.А., д.с.-х.н.
Трофимов И.А., д.г.н., к.б.н.
Христиановский П.И., д.б.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, 2022

Подписано к изданию – 20.06.2022
Дата выхода номера – 22.06.2022

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Тюрин А.М. ВПАДИНА КУРКОЛЬ: ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ	4
---	---

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Гусев А.В., Гусева Е.И. ВОССТАНОВЛЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ СТЕПЕЙ. РЕИНТРОДУКЦИЯ И РЕПАТРИАЦИЯ. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	19
Сикорский И.А. РЕЗУЛЬТАТЫ УЧЕТОВ ГНЕЗДОВОЙ ОРНИТОФАУНЫ ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ОПУКСКИЙ» (ФГБУ «ЗАПОВЕДНЫЙ КРЫМ») И ОКРЕСТНОСТЕЙ	36

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Гулянов Ю.А. АДАПТАЦИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЙ К ИЗМЕНЯЮЩЕМУСЯ КЛИМАТУ В ЗОНЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНЫХ ВОЛГОГРАДСКОГО ПРИХОПЕРЬЯ	47
Волчек А.А., Борушко В.В. ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ОСУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	60
Каипов Я.З., Сафин Х.М. ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЗАСУШЛИВОСТИ КЛИМАТА В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА	72

ВПАДИНА КУРКОЛЬ: ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ

А.М. Тюрин

ООО «ВолгоУралНИПИгаз, Оренбургский государственный университет, Россия, Оренбург
e-mail: amturin1952@bk.ru

По данным геологической съемки, бурения, сейсмо- и гравиразведки, геохимической съемки, дистанционного зондирования и натурных наблюдений автора определена геологическая позиция бессточной впадины Курколь, являющейся геоморфологическим памятником. По терригенным надсолевым отложениям ей соответствует грабен, генетически связанный с процессом формирования Буранчинской соляной гряды. В подпочвенном слое впадины ураганное содержание метана, его гомологов и диоксида углерода. Она ярко проявилась в поле температур поверхности земли. Сформулированы геологические гипотезы генезиса впадины, даны рекомендации по дальнейшему ее изучению.

Ключевые слова: геология, геофизика, геохимия, ландшафтогенез, степь, бессточная впадина, Оренбургская область.

Введение

Специалисты Института степи УрО РАН рассматривают каждое степное урочище как уникальное, применяя целостный подход. Он включает геоморфологический, геологический, биологический, экологический, культурно-исторический, экономический и другие аспекты. Одно из степных урочищ – Курколь приурочено к одноименной впадине (Беляевский район Оренбургской области, координаты 52°29'03" N, 56°04'36" E) (рис. 1).

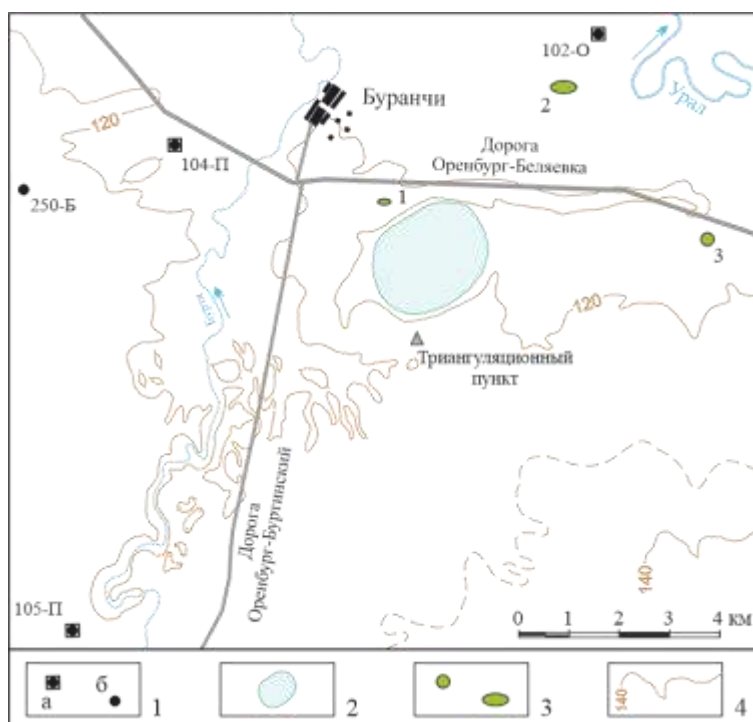


Рисунок 1 – Впадина Курколь. Обзорная схема

Примечание: 1 – скважины на нефть и газ: параметрические (а) и поисковые (б); 2 – уплощенная часть впадины; 3 – проявления карста; 4 – изогипсы

Во влажные годы она заполняется водой на 30-50 см. К середине лета превращается в высокотравный влажный луг [1]. Впадина Курколь является геоморфологическим памятником. Находится в пределах Беляевского лицензионного участка. В 2002-2008 гг. ООО «Газпром добыча Оренбург» выполнило на нем геологоразведочные работы на нефть и газ. По полученным данным представилась уникальная возможность достоверно определить геологическую позицию этого природного объекта. Результаты приведены в настоящей статье.

Материалы и методы

Фактические данные.

Фактические данные, принятые во внимание при определении геологической позиции впадины Курколь, включают результаты:

- геологической съемки масштаба 1:200000 (В.П. Твердохлебов, 2001 г.);
- бурения параметрических и поисковых скважин на нефть и газ;
- сейсморазведки методом общей глубинной точки (МОГТ) (Л.А. Благосмылова, 2004 г., ОАО «Оренбургская ГЭ»);
- гравиразведки масштаба 1:25000 (М.И. Елманов, 2005 г., ОАО НПО «Нафтаком»);
- геохимической съемки (И.Ф. Мясников, 2005 г., ОАО НПО «Нафтаком»);
- дистанционного зондирования (И.Ф. Ефремов, 2006 г. ЗАО «Центр перспективных наукоемких технологий»);
- натурных наблюдений автора.

Ссылки на геологические отчеты даны в круглых скобках.

Рабочие гипотезы.

Озера и бессточные впадины округлой формы являются неотъемлемой частью степных ландшафтов. Это относится и к впадине Курколь. Размеры ее плоской части 1,8×2,2 км. Такие объекты известны и в других природных зонах. Имеется несколько гипотетических моделей их генезиса.

В тектоническом плане впадина Курколь находится в южной части Предуральяского прогиба, характеризующейся контрастным проявлением соляной тектоники. Под соляно-тектоническими структурами мы понимаем соляные купола и гряды, а также муьды. В Волго-Уральском регионе и Прикаспии к ним приурочены озера разных конфигураций, размеров и генезиса [2].

По мнению геологов-съемщиков, впадина Курколь имеет карстовую природу. Связана с гипсами кунгурского яруса нижней перми – кепроком соляной гряды (В.П. Твердохлебов, 2001 г.). Это частный случай впадин, генетически связанных с соляно-тектоническими структурами. В Оренбургской области имеются и суффозионные воронки, обусловленные растворением солей в зоне их ненарушенного залегания.

В конце эпохи плейстоцена территория Оренбургской области находилась в перигляциальной гиперзоне со сплошной многолетней мерзлотой мощностью до 200-400 м [3]. Здесь протекали процессы, наблюдаемые сегодня в тундре. По гипотезе А.Г. Рябухи [3-5], крупные плоскодонные понижения рельефа в Волго-Уральском регионе и Прикаспии, занятые мелководными озерами, образовались в конце эпохи плейстоцена в процессе термокарста. Это относится и к впадине Курколь. Отметим, что это единственный объект этого типа, выделенный в оренбургском сегменте Предуральяского прогиба.

Одна из гипотез формирования плоскодонных впадин основана на «дегазационной парадигме». При самопроизвольных выбросах метана формируются воронки-колодцы диаметром 4-26 м и глубиной до 100 м. В тундре они за 3-4 года становятся неотличимыми от типичных для нее озер. Метан выделяется из газогидратов при деградации многолетней мерзлоты [6]. Он может иметь и глубинное происхождение [7]. Образование взрывных

воронок-колодцев в тундре – установленный факт. Модель формирования из их ассоциаций округлых озерных впадин диаметром 0,5 км и больше основана на термокарсте [6]. Эти процессы могли происходить на территории Оренбургской области в конце эпохи плейстоцена.

В пределах южного промышленного пригорода Ярославля имеется блюдцеобразное углубление в рельефе (диаметр примерно 600 м), предположительно связанное с астроблемой Железный Борок (координаты 57°32'00" N, 39°45'41" E). Мы рассмотрели его геологическую позицию [8]. Похоже, что это действительно астроблема. Вполне возможно астроблемой является и впадина Курколь. В широком геологическом контексте импактные структуры рассмотрены автором публикации [9].

Таким образом, можно обозначить четыре рабочие гипотезы формирования впадины Курколь. Она связана с особенностями формирования соляно-тектонических структур, в том числе проявлениями карста (1), сформирована системой выбросов метана (2) или процессами термокарста (3), является астроблемой (4).

Результаты и обсуждение

Геологическая позиция впадины.

При реконструкции геоморфологической ситуации в урочище Курколь и на сопредельных площадях во внимание приняты результаты геологической съемки (В.П. Твердохлебов, 2001 г.), специальной аэросъемки (И.Ф. Ефремов, 2006 г.) и натурных наблюдений автора, формы рельефа на географических картах, космофотоснимок (КФС) Google Earth.

Впадина Курколь находится на второй надпойменной террасе Урала, сложенной аллювиальными отложениями неоплейстоцена (суглинки, супеси, пески, гравий, галечники, мощность до 35 м). На юго-востоке склон впадины сопрягается со склоном фрагмента третьей террасы, на юге – с зоной развития аллювиальных и озерных отложений эоплейстоцена (глины, суглинки, супеси, пески, мощность до 25 м). Четвертичные отложения залегают на терригенных отложениях плиоцена (глины, алевролиты, пески, галечники). Мощность отложение неогена достигает 200 м.

Впадина имеет блюдцеобразную форму с пологими равнопадающими склонами и плоской центральной частью. Последняя по КФС имеет округлую форму (рис. 2), вытянутую в северо-восточном направлении. Поверхность плоской части горизонтальная за исключением ее западной зоны. По состоянию на 09.04.2022 г. эта часть впадины была заполнена водой (рис. 3). Поверхность западной зоны слабо наклонена к центру впадины. На КФС уверенно просматриваются устойчивые береговые линии озера. То есть, в прошлом, ее глубина достигала 1-2 м. В плоской части впадины имеются локальные неоднородности округлой формы, проявляющиеся на КФС темным цветом.

Если впадина образовалась на моноклинали, то у нее должны быть три естественных водораздела. На севере она отделена водоразделом от поймы Урала. На географической карте он показан изогипсами (рис. 1). Его восточная часть проявилась на КФС как локальное поднятие. С востока и запада впадину оконтуривают водоразделы с временным водотоком и Буртей. Но явно проявилось локальное поднятие к югу от нее, сложенное супесью с умеренным содержанием песка (залегают под пахотным слоем) эоплейстоцена. Песок полимиктовый в основном мелкозернистый. Но имеются и крупные зерна размером до 1 мм. Со стороны поднятия находится единственная крутая часть склона впадины. Его высота достигает 10-12 м. Поперечные размеры собственно бессточной впадины составляют 3,0-3,2 км.

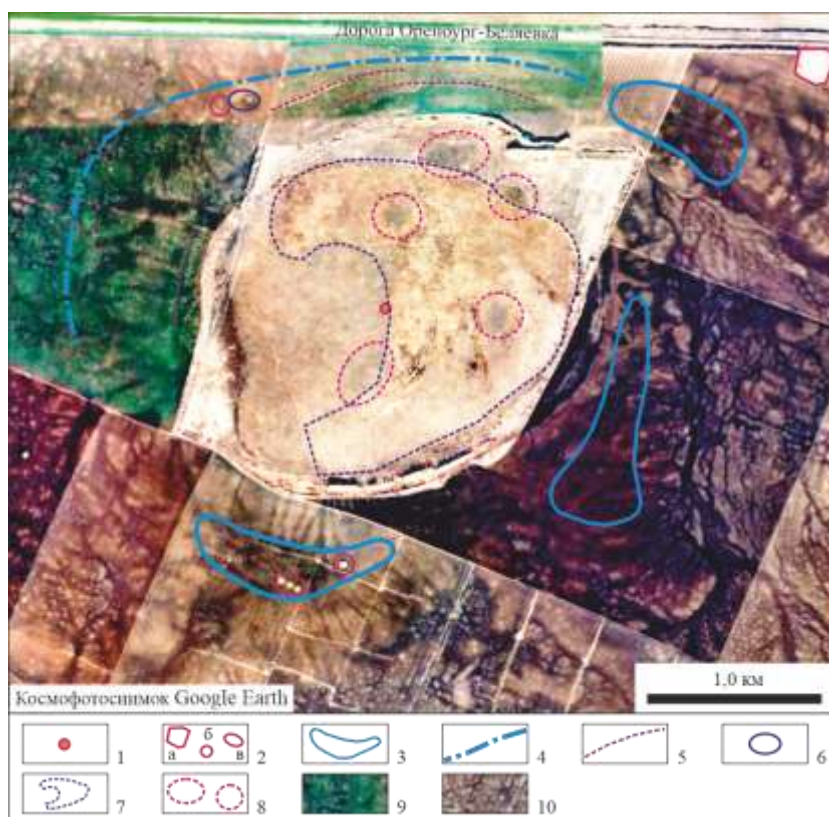


Рисунок 2 – Впадина Куркуль. Геоморфологические элементы на космофотоснимке Google Earth

Примечание: 1 – точка: координаты $51^{\circ}29'03''$ N, $56^{\circ}04'36''$ E; 2 – казахский курганный могильник (а), одиночные курганы (б), группа курганов (в); 3 – локальные поднятия; 4 – линия водораздела; 5 – устойчивые береговые линии озера; 6 – проявление карста; 7 – плоская часть впадины с горизонтальной поверхностью; 8 – локальные неоднородности в плоской части впадины; 9 и 10 – полигонально-блочные формы рельефа.



Рисунок 3 – Центральная часть озера Куркуль. Фото А.М. Тюрина, 09.04.2022 г.

Поднятие южнее впадины может быть генетически связано с ней. В этом случае следует считать, что впадина по периметру околнута кольцевым валом. Но возможно, оно является естественным останцом. Ранжировать эти гипотезы по КСФ и натурным наблюдениям мы не можем. На северо-западном борту впадины выделяется углубление в рельефе. Диаметр 200 м, глубина 3 м. Склоны крутые, но не препятствуют запашке этого участка. По состоянию на 09.04.2022 г. оно частично заполнено водой. Западнее углубления имеется незапаханный провал. По всем признакам это проявления карста. Углубление следует идентифицировать как синклиналь оседания («дизъюнктивная мульда»). В пойме Урала северо-восточнее впадины геологи-съемщики выделяют проявление карста. Еще одно выделяется по КФС к востоку от нее (рис. 1). Генетически это синклинали оседания. Северо-восточная – узкая, ориентированная в широтном направлении. Восточная – округлая, диаметр 150 м, глубина 0,7 м. Похоже, что северо-восточнее поселка Буранчи имеется система небольших карстовых воронок. Имеются они и в пойме Бурты. На водоразделе между Курколем и Буртей, а также южнее локального поднятия, ограничивающего впадину с юга, развит один из типов криогенного микрорельефа, идентифицированный А.Г. Рябухой как полигонально-блочный [4].

На Беляевском участке отмечается контрастное проявление соляной тектоники. Соляные гряды закартированы по плотной сети сейсморазведочных профилей, отработанных МОГТ (Л.А. Благосмылова, 2004 г.) и данным гравиразведки (М.И. Елманов, 2005 г.). Нами уточнены их границы в районе впадины Курколь и скважины 102 Оренбургская.

Соляные гряды имеют меридиональную ориентировку, в плане «изломаны» (рис. 4). Их ширина варьируется от 1,2 до 7,4 км. Сложены галитом с небольшими включениями ангидрита, карбонатов и терригенных пород (кунгурский ярус). По типу относятся к прорванным. Контакт соленосной толщи с вмещающими терригенными отложениями субвертикальный. У гряд имеются соляные карнизы. Отметки залегания их поверхности варьируются от -70 до -600 м. Кровля подсолевых карбонатов девонско-башкирского возраста на Беляевском участке погружается в восточном направлении с отметок -3000 – -3300 до -4800 – -5200 м. Под впадиной Курколь залегает в интервале -4100 – -4300 м.

Ближайшие к впадине скважины – 104 и 105 Предуральские, 250 Буранчинская и 102 Оренбургская (рис. 4). Они находятся в пределах соляных гряд. В разрезах скважин в основании соленосной толщи кунгурского яруса залегает пласт ангидрита филипповского горизонта. Под ним карбонатно-терригенные отложения нижней перми и верейского горизонта московского яруса среднего карбона. Ниже, толща карбонатных пород девонско-башкирского возраста. Подошва собственно солей кунгурского яруса залегает выше кровли карбонатов примерно на 100 м.

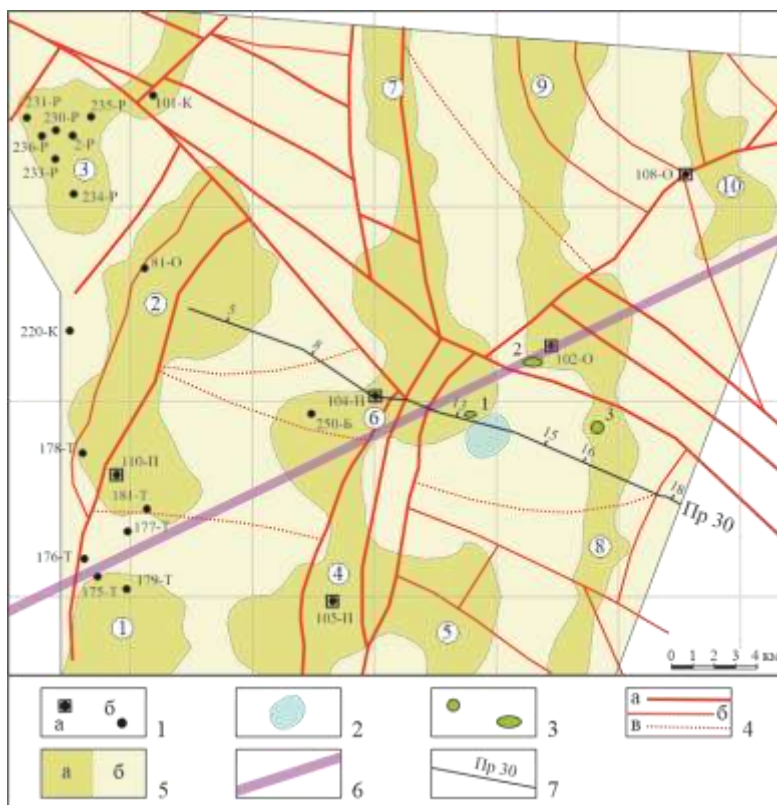


Рисунок 4 – Беляевский участок. Тектонические нарушения и соляные гряды

Примечание: 1-3 – см. рисунок 1; 4 – тектонические нарушения по данным аэросъемки: региональные (а), локальные (б), трещины (в) (И.Ф. Ефремов, 2006 г.); 5 – соляные гряды (а) и мульды (б) (Л.А. Благосмылова, 2004 г.; М.И. Елманов, 2005 г.); 6 – предполагаемое тектоническое нарушение, проявившееся в строении соляных гряд (А.М. Тюрин, 2022 г.); 7 – сейсмразведочный профиль МОГТ 30.

Скважины на нефть и газ: Б – Буранчинская, К – Крючковские, О – Оренбургские, П – Предуральские, Р – Рождественские, Т – Теректинские. Соляные гряды: Ключевская (1), Талдысайско-Крючковская (2), Рождественская (3), Буртинская (4), Богдановская (5), Буранчинская (6), Островненская (7), Кызылобинская (8), Белогорская (9), Елианская (10).

Кепрок в разрезах трех скважин представлен гипсом (мощность от 9 до 20 м). В разрезе скважины 102 на солях залегает сульфатизированная терригенно-карбонатная толща мощностью 33 м. Эта скважина вскрыла зону контакта соленосных отложений Белогорской гряды и красноцветных терригенных пород перми. Разрез сложен их переслаиванием. Верхняя часть соленосной толщи (мощность 1035 м) сложена галитом с подчиненным содержанием ангидрита. По принятой терминологии это соляной карниз.

В разрезе скважины 104 на кепроке (отметка -67 м) залегают терригенные отложения триаса (мощность 99 м), 105 (-90 м) – юры (166 м), 250 (-76 м) – юры (157 м). В разрезе скважины 102 Оренбургская на сульфатизированной толще (-17 м) – терригенные отложения татарского яруса верхней перми (270 м). Отложения юры представлены глинами, преимущественно сероцветными, с прослоями аргиллитов, песчаников и мергелей. Мощность нерасчлененных неоген-четвертичных отложений в разрезах четырех скважин – 15-88 м.

Мульды в пределах Беляевского участка узкие, в центральных частях бессолевые. Выполнены терригенными отложениями перми и триаса (красноцветные глины, алевролиты, песчаники с прослоями известняков, линзами гравелитов и конгломератов), залегающими резко ассиметрично. Неоген-четвертичные отложения залегают на размытой поверхности этой толщи.

Северо-западная граница плоской части впадины находится над субвертикальной стенкой Буранчинской гряды. Проявления карста на северо-западном борту впадины приурочено к ее краевой части. Два других его проявления тоже приурочены к краевым частям гряд. Можно практически однозначно утверждать, что он связан с растворением гипса кепрока соляных гряд.

По результатам геологической съемки тектонические элементы, которые могут быть связаны с впадиной Курколь и проявлениями карста, не выделены (В.П. Твердохлебов, 2001 г.). Нами предполагается наличие вблизи впадины тектонического нарушения, обусловившего особенности строения соляных гряд (рис. 4). Наиболее ярко оно проявилось на карте локальных аномалий силы тяжести при сглаживании в окне 1,5×1,5 км (М.И. Елманов, 2005 г.). Нарушение ограничивает с юга Елшанскую гряду. В его области коленообразно сопрягаются Кзылобинская и Белогорская гряды, а также Буртинская и Островненская, Ключевская и Талдысайско-Крючковская разделены мульдой. К нарушению тяготеют два проявления карста и соляной карниз, вскрытый скважиной 102 Оренбургская. Но с ним впадина прямо не связана.

Аэросъемка Беляевского участка выполнена в 2006 г. – 07.07 (дневная) и 08.07 (ночная) с высоты 5100 м многоспектральным сканером (И.Ф. Ефремов, 2006 г.). Главным ее результатом является тепловое поле поверхности земли, замеренное в ночное время (результаты тепловизионной съемки). Радиус сглаживания 75 м. По этим данным уверенно выделяются линейные зоны, которые трактуются авторами отчета как тектонические нарушения (рис. 4). По зонам с высокой температурой поверхности земли выделены участки, перспективные на нефть и газ. Впадина Курколь и проявления карста с выделенными тектоническими нарушениями не коррелируются. Не входит впадина и в зоны, перспективные на нефть и газ.

Температуропроводность соли $12,0 \times 10^{-7}$ м²/с, теплопроводность – 6,9 Вт/м•К. У терригенных пород, вмещающих соляные купола и гряды, значения этих параметров существенно ниже – $5,0 \times 10^{-7}$ м²/с и 2,3 Вт/м•К соответственно [10]. Теплофизические характеристики соляно-тектонических структур рассмотрены на основе данных термокаротажа в скважинах Каинсайско-Линевской зоны (северо-восток Прикаспийской впадины, Оренбургская область) [11]. Главный вывод – соляные купола и гряды являются проводниками глубинного тепла до поверхности земли. В Предуральском прогибе на глубине 1000 м расчетная температура в пределах зоны соляно-тектонических структур варьируется от 31,5 до 52,4 °С, в интервале 100-1000 м геотермический градиент – от 1,1 до 3,5 °С/100 м [12]. Можно было ожидать, что в результатах тепловизионной съемки

на Беляевском участке проявятся, прежде всего, соляные гряды. Но тепловое поле оказалось мозаичным (рис. 5). Это связано с тем, что гряды узкие. Приуроченный к ним тепловой поток прогревает вмещающие терригенные отложения. Впадине Курколь соответствует яркая тепловая аномалия. Температура поверхности земли в ее плоской части $<12^{\circ}\text{C}$. А вокруг нее достигает 17°C . Разница превышает 5°C . Карст в поле температур не проявился.

В оренбургском сегменте Предуральяского прогиба нефтегазоносными являются подсолевые карбонаты башкирского яруса. Открыты три месторождения: Рождественское нефтегазоконденсатное, Теректинское и Акобинское газоконденсатные. Одним из методов поиска месторождений углеводородов является геохимическая съемка.

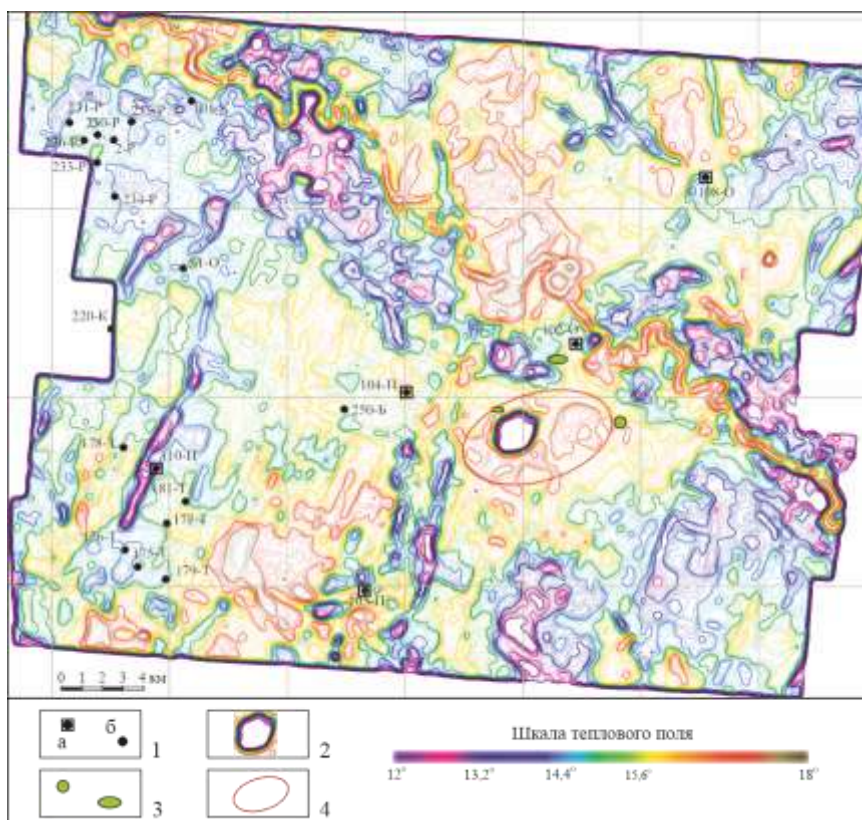


Рисунок 5 – Беляевский участок. Тепловое поле поверхности земли по результатам ночной авиационной тепловизионной съемки (08.07.2006 г.)

Примечание: 1-3 – см. рисунок 1; 4 – тепловая аномалия, соответствующая впадине Курколь.

Ниже почвенного слоя залегают генетически связанные с ним отложения, являющиеся флюидупором, затрудняющим миграцию глубинных газов к поверхности земли. При геохимической съемке пробы грунта отбираются под ним. На Беляевском участке – на глубинах от 0,5 до 2,0 м. По пробам определено содержание метана, его гомологов от этана до гексана, неуглеводородных газов (CO_2 , N_2 , O_2 и H_2) и микроэлементов (Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cr, V, Mo, Ag, Mn, Sn, Ba, Sc, Ti, Li, Nb, Y, Yb, Zr, P, Ga, B, Sr, Hg) (И.Ф. Мясников, 2005 г.).

В подпочвенном слое плоской части впадины Курколь ураганное содержание метана (CH_4) (рис. 6) – до $0,0760$ при фоне $0,0002 \text{ см}^3/\text{кг}$, суммы тяжелых углеводородных газов ($\text{C}_5\text{H}_{12} + \text{C}_6\text{H}_{14}$) – до $0,0025$ при фоне $0,0001 \text{ см}^3/\text{кг}$. Высокое содержание последних отмечается и в районе скважины 102 Оренбургская. Содержание диоксида углерода (CO_2) в подпочвенном газе обычно не превышает $5,0 \%$, среднее на Беляевском участке – $5,8 \%$. Изолиния содержания диоксида углерода 7% примерно соответствует внешним контурам впадины Курколь. В ее плоской части содержание этого газа тоже ураганное – до $55,9 \%$.

По трем отмеченным газам аномалия, соответствующая впадине, ярко выделяется на Беляевском участке. По другим газам аномалий, приуроченных к впадине, не выявлено. Не выявлено их и по комплексным параметрам содержания микроэлементов. Аномальных значений рассматриваемых параметров в областях проявления карста не имеется.

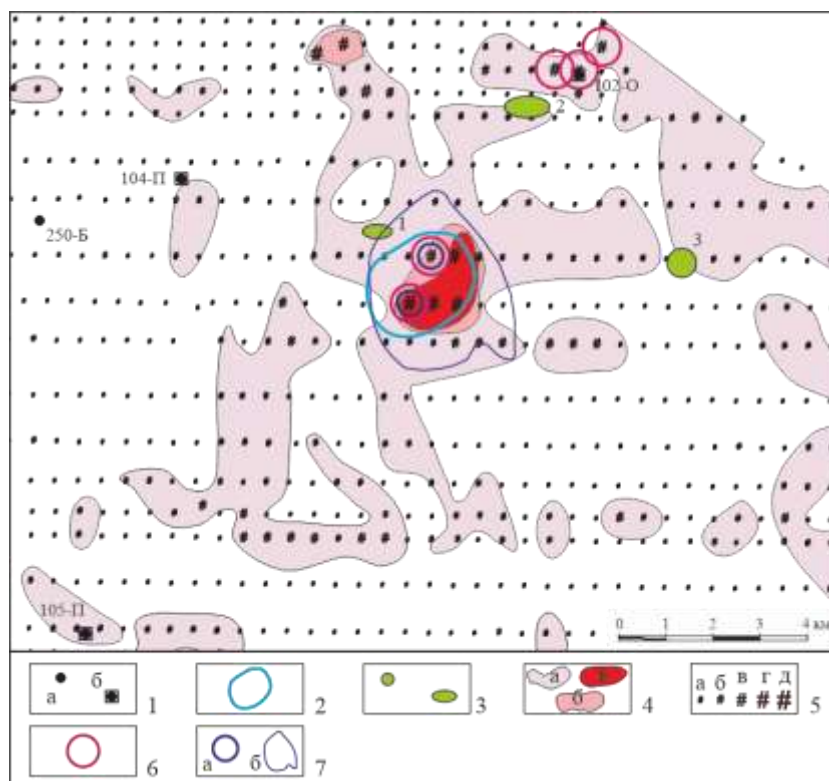


Рисунок 6 – Беляевский участок (его часть в районе урочища Курколь). Содержание в подпочвенном слое метана, тяжелых углеводородных газов и диоксида углерода

Примечание: 1-3 – см. рисунок 1; 4 – аномалии метана (CH_4): 300-1000 (а), 1000-3000 (б), > 3000 (в) $\text{см}^3/\text{кг} \times 10^{-6}$; 5 – содержание метана в точках наблюдения: 9-299 (а), 300-499 (б), 500-999 (в), 1000-2999 (г), > 3000 (д) $\text{см}^3/\text{кг} \times 10^{-6}$; 6 – точки с аномальным содержанием тяжелых углеводородных газов ($\text{C}_5\text{H}_{12} + \text{C}_6\text{H}_{14}$) > 50 $\text{см}^3/\text{кг} \times 10^{-6}$; 7 – точки с аномальным содержанием диоксида углерода (CO_2) > 30 % (а), зона с его содержанием > 7 % (показана только для впадины Курколь).

Аномальное содержание в подпочвенном слое уплощенной части впадины метана, тяжелых углеводородных газов и диоксида углерода интерпретируется однозначно. Метан может формироваться в болотном грунте. Но его ассоциация с гомологами указывает на их глубинное происхождение. Углеводородные газы скапливаются под флюидоупором. Туда вместе с поверхностными водами поступает кислород. Это дает возможность бактериям-метанотрофам питаться углеводородами. Продуктом их жизнедеятельности является диоксид углерода.

Как отмечено выше, на Беляевском участке отработана плотная сеть сейсморазведочных профилей МОГТ (Л.А. Благосмыслова, 2004 г.). Полевые материалы обработаны по углубленному графу специалистами ОАО НПО «Нафтакон» (М.И. Елманов, 2005 г.). Он включал и глубинную миграцию по исходным сейсмограммам.

В практике геологоразведочных работ на нефть и газ в подсолевых отложениях не принято выполнять детальную интерпретацию временных и глубинных разрезов в интервале надпродуктивной толщи. Такая интерпретация осуществлена нами. Получено два методических результата.

1. По глубинным разрезам возможно относительно детально картировать геометрию субвертикальных стенок соляных гряд (по прекращению прослеживания на разрезах осей

синфазности волн, сформированных на отражающих границах в терригенных отложениях перми и триаса).

2. В самой верхней части разреза в мульдах уверенно (но фрагментарно) прослеживается отраженная волна с субгоризонтальной осью синфазности. По геологической ситуации мы привязали ее к кровле терригенных отложений триаса – подошве отложений неогена.

Это позволило практически однозначно определить геологическую позицию впадины Курколь по глубинному разрезу единственного пересекающего ее профиля 30. Его положение показано на рисунке 4, результаты нашей интерпретации – на рисунке 7. Впадина соответствует грабену, который генетически связан с особенностями формирования Буранчинской гряды. На завершающем этапе происходит выжим остатков солей из ее нижней части. Обычно этот процесс приводит к пликативной трансформации толщи надсолевых отложений. Но в данном случае их пригибание вблизи восточной стенки гряды частично компенсировано грабеном. По кровле триаса его глубина 60-70 м. Сформировался грабен не ранее накопления нижней части отложений неогена. В настоящее время процесс его формирования продолжается. Это обуславливает наличие приуроченной к грабену зоны отложений с открытой трещиноватостью. Можно ожидать, что процесс формирования грабена сопровождается сейсмическими событиями. Но их эпицентры в районе впадины Курколь по результатам наблюдений в 2010-2017 гг. не зафиксированы [13].

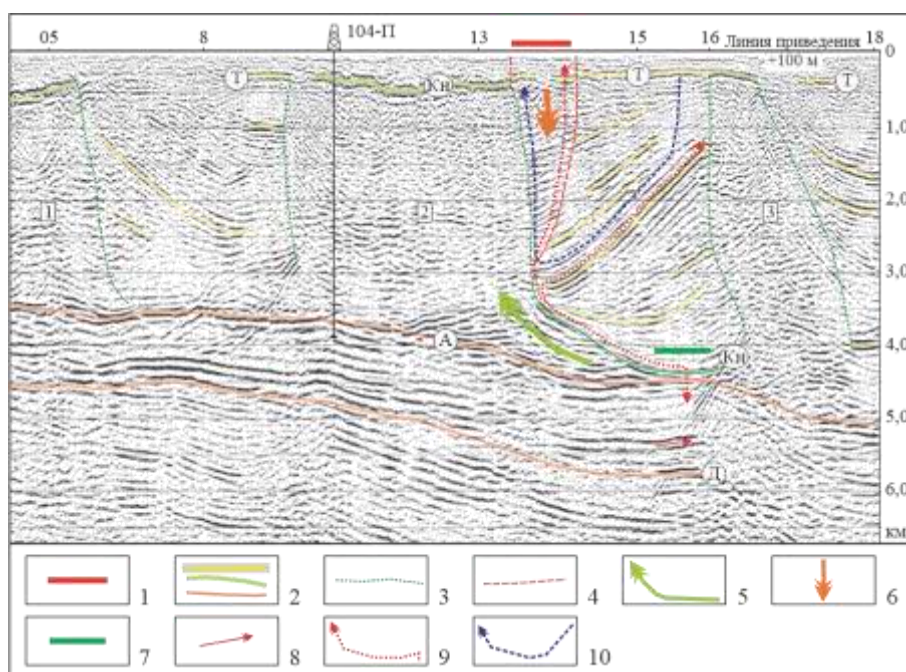


Рисунок 7 – Глубинный сейсмический разрез по профилю 30 (обработка ОАО НПО «Нафтакон», 2005 г.)

Примечание: 1 – уплощенная часть впадины Курколь; 2 – оси синфазности отраженных волн; 3 – субвертикальные стенки соляных куполов; 4 – разломы, ограничивающие грабен; 5 – направление выжимания остатков солей из самой нижней части Буранчинской гряды; 6 – направление проседания терригенных пород в грабене; 7 – бессолевого участка мульды; 8 – северо-западное крыло антиклинального поднятия в подсолевых карбонатах; 9 – путь миграции углеводородных газов из подсолевых карбонатов в нижнюю часть грабена; 10 – тепловая циркуляция пластовых вод. Цифрами над разрезом выборочно показаны пересечения профиля с другими профилями.

Идентифицированные отражающие границы: А и Д – кровля и подошва толщи карбонатов девонско-башкирского возраста; Кн – кровля солей кунгурского яруса; Т – кровля терригенных отложений триаса – подошве отложений неогена.

Волна Кн формируется на кровле соленосных отложений. В мульдах она заметно более высокочастотная, чем волны, сформированные в толще терригенных отложений перми. На плосковершинных куполах и грядах с развитым кепроком волна имеет специфические характеристики. Ее вторая фаза динамически выражена и низкочастотная. В мульдах выше волны Кн динамически выраженные отраженные волны связаны в основном с пластами песчаника. Судя по волновому полю, ими обогащена средняя часть толщи надсолевых отложений.

С целью прогноза перспектив нефтегазоносности Беляевского участка по данным гравиразведки определена микроструктура поля силы тяжести. С залежами нефти и газа связаны ее специфические аномалии. Микроструктура поля отражает и особенности рельефа местности, а также строения самой верхней части разреза (первые сотни метров). В районе впадины Курколь аномалий не выделено.

Модель потоков флюидов.

Авторы публикации [14] на примере Северо-Восточной Германии рассмотрели влияние температурных аномалий, связанных с соляными куполами, на процесс циркуляции в мульдах пластовых вод. Это одно из направлений изучения теплофизических характеристик соляно-тектонических структур. Более сложные модели циркуляции пластовых вод в мульдах для этого же региона рассмотрены в публикации [15]. К склону соляного купола приурочена узкая зона, в которой формируется поток восходящих теплых вод, а холодные воды, на удалении от него, двигаются вниз к подошве надсолевых отложений мульды.

В мульде, примыкающей к Буранчинской соляной гряде с востока, идеальные условия для установления циркуляции пластовых вод по схеме, приведенной в публикациях [14, 15]. Пластовые воды из неоген-четвертичных отложений поступают в проницаемые пласты песчаника триаса и перми. По крутопадающим пластам перми они продвигаются к нижней части Буранчинской гряды (рис. 7), где прогреваются потоком тепла, идущим вверх по солям. Вдоль ее склона формируется восходящий поток прогретых вод. В данном случае он приурочен к зоне отложений с открытой трещиноватостью, связанной с грабеном. Прогретые воды поднимаются до верхнего водоносного горизонта, формируя на поверхности земли тепловую аномалию. Последняя зафиксирована по результатам тепловизионной съемки в районе впадины Курколь (рис. 5). Но плоская часть впадины характеризуется минимальными температурами поверхности земли. Скорее всего, это связано с тем, что здесь в верхний водоносный горизонт каждый год поступают талые воды, характеризующиеся низкой температурой.

На глубинном разрезе по профилю 30 в подсолевых карбонатах под бессолевым участком мульды к востоку от Буранчинской гряды имеются признаки антиклинального поднятия с небольшой амплитудой (рис. 7). По отражающей границе А оно только «угадывается». Северо-западный склон поднятия фиксируется по динамически выраженному отражению в толще карбонатов. Северо-восточный склон соответствует их региональному падению. Предполагается, что поток углеводородных газов, растворенных в пластовых водах, мигрирует по верхней части подсолевых карбонатов в сторону их восстания. В поднятии по их кровле формируется небольшая залежь свободного газа. В бессолевом участке мульды газ проникает в нижнюю часть терригенных надсолевых отложений. Далее вдоль склона соляной гряды по задирам пластов терригенных отложений углеводороды мигрируют в нижнюю часть грабена в приуроченную к нему зону отложений с открытой трещиноватостью. По ней они в прогретых водах мигрируют вверх до верхнего водоносного горизонта, а из него в подпочвенный слой плоской части впадины Курколь.

Часть углеводородных газов через флюидоупор поступает в почвенный слой. Здесь они поедаются бактериями с образованием диоксида углерода (углекислого газа). Он поступает в приповерхностный слой атмосферы. В него же поступает углекислый газ из подпочвенного слоя, где зафиксировано его ураганное содержание. Это приводит к повышенному содержанию этого газа в приповерхностном слое атмосферы, что ведет к

возрастанию скорости накопления растениями биомассы [16]. То есть, высокая биологическая продуктивность впадины Курколь может быть связана и с подпиткой растений дополнительными объемами углекислого газа.

Часть глубинных углеводородных газов в нижней части мульды может мигрировать по восстающим пластам терригенных отложений в сторону Кызылбинской гряды и формировать залежи в пластах песчаника, экранированных солями (рис 7). То есть, восточная часть мульды является перспективной на поиск залежей углеводородов в надсолевых отложениях.

Выводы, гипотезы и рекомендации

1. Бессточная впадина Курколь (поперечный размер 3,0-3,2 км) приурочена ко второй надпойменной террасе Урала. Имеет блюдцеобразную форму с пологими равнопадающими склонами и плоской центральной частью (размеры 1,8×2,2 км).

2. По результатам геологической съемки тектонические элементы, с которыми может быть связана впадина, не выделены. Строение верхней части разреза (первые сотни метров) в районе впадины по данным гравиразведки является однородным.

3. Впадина не коррелируется с системой тектонических нарушений, выделенных по результатам дистанционной съемки.

4. По терригенным отложениям перми, триаса и нижней части неогена впадине по данным сейсморазведки МОГТ соответствует грабен, генетически связанный с процессом формирования Буранчинской соляной гряды.

5. Карстовая природа впадины исключается, и она и не является астроблемой, поскольку имеет глубокие геологические «корни».

6. Самая простая геологическая гипотеза генезиса впадины: она связана с грабеном. При этом необходимо допущение о существовании механизма формирования округлой формы ее плоской части. Вторая гипотеза: геоморфологические особенности впадины, прежде всего геометрия ее плоской части, прямо и непосредственно с грабеном не связаны (связаны опосредствовано).

7. В подпочвенном слое уплотненной части впадины по данным геохимической съемки ураганное содержание метана, его гомологов и диоксида углерода. Ассоциация метана с его гомологами указывает на их глубинное происхождение. Диоксид углерода имеет биогенную природу.

8. Ураганное содержание метана и его гомологов в подпочвенном слое впадины формируется потоком углеводородных газов из подсолевых карбонатов. Они мигрируют вверх по зоне открытой трещиноватости терригенных отложений, связанной с грабеном. Впадина могла быть сформирована выбросами углеводородных газов в конце эпохи плейстоцена. Возможно, локальные неоднородности в ее плоской части связаны с взрывными воронками.

9. Пониженные температуры поверхности земли в ночное время по данным тепловизионной съемки в плоской части впадины являются следствием ежегодного поступления в верхний водоносный горизонт талых вод, характеризующихся низкой температурой. С учетом этого, впадина находится в зоне высоких температур верхней части разреза, связанных с тепловой циркуляцией пластовых вод в терригенных надсолевых отложениях мульды. Они были высокими и в конце эпохи плейстоцена, обусловив формирование локального термокарста.

10. Модель формирования впадины Курколь можно свести только к термокарсту. Но в этом случае возникает одна проблема. В оренбургском сегменте Предуральяского прогиба впадина является единственным объектом этого типа [3, 4]. То есть, это уникальный объект, и он мог сформироваться только при уникальном же сочетании геологических предпосылок. В данном случае это наличие потоков глубинного тепла и углеводородных газов.

11. По авторской модели в формировании впадины Курколь можно выделить пять специфических этапов:

- повышенные температуры в верхней части разреза в зоне будущей впадины сформировали в толще терригенных пород с многолетней мерзлотой ее утонченный участок, под которым образовалась ловушка;
- ловушка была заполнена углеводородными газами потока, который существует и сегодня;
- при высоте ловушки 100-200 м в ее верхней части сформировалось аномально высокое давление газа;
- на первом этапе деградации многолетней мерзлоты в конце эпохи плейстоцена произошло несколько его выбросов;
- система образовавшихся взрывных воронок процессами термокарста преобразована во впадину округлой формы.

12. Генетически впадину Курколь следует идентифицировать как уникальный геологический объект, связанный с особенностями формирования Буранчинской соляной гряды и сопряженной с ней с востока мульды. Потоки углеводородного газа и прогретых пластовых вод по отношению к этим соляно-тектоническим элементам вторичные.

13. В соответствии с авторской моделью поднятие к югу от впадины с ней генетически не связано. Это останец.

14. При планировании работ по уточнению генетической природы впадины Курколь рекомендуется учесть элементы ее геологической позиции и гипотезы формирования, приведенные в настоящей статье.

15. Предположение о подпитке растений дополнительными объемами углекислого газа глубинного генезиса можно проверить. Нужно определить содержание радиоактивного изотопа углерода ^{14}C в однотипных растениях во впадине и на контрольном участке. В случае наличия подпитки содержание ^{14}C в растениях впадины будет пониженным (этого изотопа в глубинных углеводородных газах не имеется). Можно будет определить долю глубинного углерода, вовлеченного в фотосинтез.

16. Ураганное содержание углекислого газа в подпочвенном слое впадины является вопросом промышленной безопасности. В выработках в ее плоской части глубиной более 2,0 м может скапливаться углекислый газ, достигая опасной для человека концентрации.

17. По результатам геохимической съемки на Беляевском участке получены уникальные данные – содержание в подпочвенном слое микроэлементов. Рекомендуется рассмотреть возможности их использования при решении специальных задач изучения степной зоны Оренбуржья.

18. Рекомендуется изучить отложения плоской части впадины Курколь на предмет возможности получения данных для реконструкции в регионе палеоклимата. При этом следует иметь в виду, что радиоуглеродное датирование отложений (по органическим включениям и сапропелю) может давать недостоверные результаты. Углерод из углеводородных газов, не имеющий радиоактивного изотопа ^{14}C , участвует в фотосинтезе (через углекислый газ).

19. Рекомендуется повторно обработать полевые сейсморазведочные данные по профилю 30, в том числе и по технологии AVO, позволяющей выявлять в терригенных отложениях газоносные пласты песчаника. Она дала удовлетворительные результаты в оренбургском сегменте Предуральяского прогиба.

Заключение

По многим площадям западной части Оренбургской области имеются геолого-геофизические данные, позволяющие существенно усилить общегеологическую составляющую комплексного подхода к изучению природных объектов. В статье это показано на примере впадины Курколь.

Список литературы

1. Чибилев А.А. Природное наследие Оренбургской области. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1996. 384 с.
2. Петрищев В.П. Солянокупольный ландшафтогенез: морфоструктурные особенности геосистем и последствия их техногенной трансформации. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 309 с.
3. Рябуха А.Г. К проблеме перигляциального рельефообразования на территории Оренбургской области // Вестник ОГУ. 2015. № 10. С. 352-354.
4. Рябуха А.Г. Реликтовый криогенный микрорельеф Общесыртовско-Предуральской степной провинции // Географические исследования территориальной организации ландшафтов: трансформация, сохранение, восстановление (к 100-летию со дня рождения профессора Ф.Н. Милькова). Оренбург, 2017. С. 44-50.
5. Рябуха А.Г. Роль позднеплейстоценовых перигляциальных условий в развитии ландшафтов Прикаспийской низменности // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. № 3. С. 9.
6. Епифанов В.А. Взрывные воронки-колодцы и актуальность изучения роли дегазации недр в климатических событиях и ландшафтных преобразованиях четвертичного периода // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. 2018. № 76. С. 5-40.
7. Богоявленский В.И., Богоявленский И.В. Формирование залежей углеводородов в верхней части разреза и кратеров выбросов газа // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2019. № 1(85). С. 48-55.
8. Тюрин А.М. Новые свидетельства в пользу предполагаемой астроблемы Железный Борок // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Оренбург: ОГУ, 2021. С. 1127-1132.
9. Савельев Б.Н. Импактные события как фактор генезиса геологических структур // Уральский геологический журнал. 2022. № 2(146). С. 70-81.
10. Хуторской М.Д., Поляк Б.Г. Искажения теплового поля при росте соляных куполов // Тепловое поле Земли и методы его изучения. М.: Изд-во РУДН, 2000. С. 24-32.
11. Тюрин А.М. Теплофизические характеристики соляно-купольных структур как часть феноменологической концепции ландшафтогенеза // Вопросы степеведения. 2022. № 1. С. 12-27. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-1-12-27.
12. Шилов Г.Я., Василенко Е.И. Опыт применения термобарических параметров разреза для оценки перспектив нефтегазоносности разреза площадей Предуральского прогиба // Каротажник. 2013. № 11(233). С. 37-46.
13. Nesterenko M.Y., Nesterenko Y.M. Hydro-geodynamic and geodynamic processes in the platform territories of hydrocarbon production. Modern problems of reservoirs and their catchments. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science321. 2019. 012004. DOI:10.1088/1755-1315/321/1/012004.
14. Canova D.P., Fischer M.P., Jayne R.S. and Pollyea R.M. Advective Heat Transport and the Salt Chimney Effect: A Numerical Analysis. Geofluids. 2018. vol. 18. pp. 1-18.
15. Littke R., Bayer U., Gajewski D., Nelskamp S. Dynamics of Complex Intracontinental Basins: The Central European Basin System. Springer. Berlin. Heidelberg. 2008. 519 p.
16. Акатов П.В. Реакция растений на рост концентрации углекислого газа в атмосфере // Живые и биокосные системы. 2013. № 5. С. 14.

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

Поступила в редакцию 15.05.2022

Принята к публикации 20.06.2022

KURKOL DEPRESSION: GEOLOGICAL POSITION

A. Tyurin

VolgoUralNIPIgaz LLC, Orenburg State University, Russia, Orenburg

e-mail: amturin1952@bk.ru

According to the data of the geological survey, drilling, seismic and gravity exploration, geochemical survey, remote sensing, and author's field observations, the geological position of the drainless Kurkol depression, which is a geomorphological monument, has been determined. According to terrigenous suprasalt deposits, it corresponds to the downthrown block, which is genetically related to the process of formation of the Buranchinsky salt ridge. The subsurface layer of the depression has a top-cut grade of methane, its homologs, and carbon dioxide. It was revealed in the temperature field of the lands' surface. Geological hypotheses of the depression's genesis are formulated; recommendations for its further study are given.

Key words: geology, geophysics, geochemistry, landscape genesis, steppe, drainless depression, Orenburg region.

References

1. Chibilev A.A. Prirodnoe nasledie Orenburgskoi oblasti. Orenburg: Orenburgskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1996. 384 s.
2. Petrishchev V.P. Solyanokupol'nyi landshaftogenez: morfostrukturnye osobennosti geosistem i posledstviya ikh tekhnogennoi transformatsii. Ekaterinburg: UrO RAN, 2011. 309 s.
3. Ryabukha A.G. K probleme periglyatsial'nogo rel'efoobrazovaniya na territorii Orenburgskoi oblasti. Vestnik OGU. 2015. N 10. S. 352-354.
4. Ryabukha A.G. Reliktovyi kriogennyi mikrorel'ef Obshchesyr'tovsko-Predural'skoi stepnoi provintsii. Geograficheskie issledovaniya territorial'noi organizatsii landshaftov: transformatsiya, sokhranenie, vosstanovlenie (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora F.N. Mil'kova). Orenburg, 2017. S. 44-50.
5. Ryabukha A.G. Rol' pozdnepleistotsenovykh periglyatsial'nykh uslovii v razvitii landshaftov Prikaspiiskoi nizmennosti. Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN. 2018. N 3. S. 9.
6. Epifanov V.A. Vzryvnye voronki-kolodtsy i aktual'nost' izucheniya roli degazatsii nedr v klimaticheskikh sobytiyakh i landshaftnykh preobrazovaniyakh chetvertichnogo perioda. Byulleten' Komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda. 2018. N 76. S. 5-40.
7. Bogoyavlenskii V.I., Bogoyavlenskii I.V. Formirovanie zalezhei uglevodorodov v verkhnei chasti razreza i kraterov vybrosov gaza. Delovoi zhurnal Neftegaz.RU. 2019. N 1(85). S. 48-55.
8. Tyurin A.M. Novye svidetel'stva v pol'zu predpolagaemoi astroblemy Zheleznyi Borok. Universitetskii kompleks kak regional'nyi tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury. Orenburg: OGU, 2021. S. 1127-1132.
9. Savel'ev B.N. Impaktnye sobyitiya kak faktor genezisa geologicheskikh struktur. Ural'skii geologicheskii zhurnal. 2022. N 2(146). S. 70-81.
10. Khutorskoi M.D., Polyak B.G. Iskazheniya teplovogo polya pri roste solyanykh kupolov. Teplovoe pole Zemli i metody ego izucheniya. M.: Izd-vo RUDN, 2000. S. 24-32.
11. Tyurin A.M. Teplofizicheskie kharakteristiki solyano-kupol'nykh struktur kak chast' fenomenologicheskoi kontseptsii landshaftogeneza. Voprosy stepevedeniya. 2022. N 1. S. 12-27. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-1-12-27.
12. Shilov G.Ya., Vasilenko E.I. Opyt primeneniya termobaricheskikh parametrov razreza dlya otsenki perspektiv neftegazonosnosti razreza ploshchadei Predural'skogo progiba. Karotazhnik. 2013. N 11(233). S. 37-46.

13. Nesterenko M.Y., Nesterenko Y.M. Hydro-geodynamic and geodynamic processes in the platform territories of hydrocarbon production. Modern problems of reservoirs and their catchments. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 321. 2019. 012004. DOI:10.1088/1755-1315/321/1/012004.
14. Canova D.P., Fischer M.P., Jayne R.S. and Pollyea R.M. Advective Heat Transport and the Salt Chimney Effect: A Numerical Analysis. Geofluids. 2018. vol. 18. pp. 1-18.
15. Littke R., Bayer U., Gajewski D., Nelskamp S. Dynamics of Complex Intracontinental Basins: The Central European Basin System. Springer. Berlin. Heidelberg. 2008. 519 p.
16. Akatov P.V. Reaktsiya rastenii na rost kontsentratsii uglekislogo gaza v atmosfere. Zhivye i biokosnye sistemy. 2013. N 5. S. 14.

Сведения об авторе:

Анатолий Матвеевич Тюрин

К.г.-м.н., заведующий лабораторией промыслово-геофизических исследований ООО «ВолгоУралНИПИгаз», доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра Оренбургского государственного университета

ORCID ID: 0000-0003-4550-2680

Anatoly Tyurin

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the Laboratory of Field and Geophysical Research of "VolgoUralNIPiGaz" LLC, Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre, Orenburg State University

Для цитирования: Тюрин А.М. Впадина Курколь: геологическая позиция // Вопросы степеведения. 2022. № 2. С. 4-18. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-2-4-18

ВОССТАНОВЛЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ СТЕПЕЙ. РЕИНТРОДУКЦИЯ И РЕПАТРИАЦИЯ. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

А.В. Гусев, Е.И. Гусева

Государственный природный заповедник «Белогорье», Россия, Новый Оскол

e-mail: avgusev610@mail.ru

Снижение биологического разнообразия степных сообществ – одна из экологических проблем Белгородской области. В статье представлены методические подходы и предварительные результаты многолетней работы авторов по реинтродукции и репатриации наиболее репрезентативных видов сосудистых растений флоры региона в природные местообитания.

Ключевые слова: степные сообщества, биоразнообразие, восстановление, реинтродукция, репатриация, охраняемые виды.

Введение

В современных условиях антропогенные воздействия на природные объекты приводят к снижению аборигенного биологического разнообразия и устойчивости естественных биотопов. Это является причиной синантропизации флоры, утраты индивидуальных черт растительными сообществами, выработанных природой, как способов самосохранения и выживания [1].

Сохранение биоразнообразия естественных природных комплексов актуально для Белгородской области [2, 3]. Уцелевшие участки степной растительности, при условии реставрации способные значительно увеличить экологический каркас региона, в большинстве своем мелкоконтурны, фрагментированы, приурочены к так называемым «бедлендам», обладают «редуцированной» флорой. Они в большей степени потеряли способность к самовосстановлению, утратили свойства, обеспечивающие естественный ход восстановительной сукцессии [1].

В настоящее время нарушенные природные и природно-антропогенные территории нуждаются в экологической реабилитации, в возвращении видовой полноценности обедненным биотическим сообществам – залогом устойчивости экосистем [2-5].

Проблеме восстановления популяций видов в естественных местообитаниях (реинтродукции) посвящен ряд работ [6-8].

На первых этапах прикладных исследований по охране биологического разнообразия уделялось внимание видам, исчезнувшим в дикой природе, или тем, численность которых катастрофически сокращалась. При этом преследовалась цель сохранения видовой уникальной генетической информации и таксономического разнообразия. Для восстановления исчезающих и редких видов разрабатывались технологии по размножению растений на специальных плантациях (разведение *ex situ*).

Следующий шаг предусматривал реинтродукцию – восстановление популяций видов в естественных местообитаниях [2]. Восстановление вида в природе означает создание в природных биотопах устойчивых локальных популяций, способных поддерживать себя. Решение такой задачи предполагает внедрение долгосрочных и, как правило, дорогостоящих программ, результаты которых далеко не всегда могут оказаться успешными.

Технология восстановления и сохранения редких видов включает комплекс специальных методов, операций, организационных мер, работ и их последовательности [9].

Первоначально в отечественной научной литературе реинтродукция определялась как «интродукция растений в места, где вид ранее обитал, а затем исчез, как правило, по вине человека» [10].

Со временем содержание термина реинтродукция приобрело более широкое понимание. Реинтродукция включила в себя:

- репатриацию – возвращение видов в местообитания, из которых они исчезли;
- создание локальных популяций в пределах географического ареала, в местах, где вид ранее не обитал, но возникли условия (необходимость) для его «подселения» (например, в охранных зонах особо охраняемых природных территорий для снижения экскурсионной нагрузки на охраняемую территорию);
- реставрацию – возможность (необходимость) усиления новыми жизнеспособными особями имеющихся, но угасающих в природе популяций [7].

Поскольку репатриация и реставрация проводятся в природных биотопах в границах ареала вида, их можно считать частными случаями реинтродукции [2].

К настоящему времени накоплен определенный опыт в получении искусственных популяций дикорастущих растений [11]. Практика показала, что экологически наиболее эффективно возвращать в природу резерв, выращенный на основе природного материала в питомниках. В этом случае природным популяциям наносится минимальный ущерб.

В ходе предварительного размножения в культуре можно повысить генетическое разнообразие особей, усиливая адаптационные возможности вселяемой в природу популяции. Так, для улучшения посадочного материала в питомнике природно-исторического заповедника «Горки» создали коллекцию редких видов растений из удаленных друг от друга подмосковных популяций. Собранные в условиях питомника семена и выращенная из них рассада обладали большим генетическим разнообразием вида в пределах региона [12].

Есть ряд исследований в области реинтродукции растений, целью которых являлась отработка технологических приемов создания искусственных популяций в природных биотопах, выяснение закономерностей успеха или причин неудач.

В 1970-80-х годах в Московской области проводились работы по возвращению лесной флоры в места, где она исчезла. В эксперименте использовали более 100 видов растений. Благодаря выбору агротехнического режима и биогеоценотических условий сформировались микропопуляции некоторых видов [6].

С 1982 г. В.Л. Тихоновой ведутся работы по созданию искусственных популяций охраняемых видов растений в лесопарках Москвы и Подмосковья. Семенной материал для культивирования в питомниках собирался из обособленных друг от друга подмосковных местообитаний. Ими получено свыше 160 искусственных популяций травянистых растений [7].

На территории природно-исторического заповедника «Горки» в естественных растительных сообществах существует около 100 искусственных популяций, созданных на основе материала, полученного в специализированном питомнике [12].

Результаты реинтродукции зависят от подготовки посадочного материала, подбора подходящего местообитания в природе и оптимальных сроков высадки растений (посева семян), проведения мониторинга состояния формируемой искусственной популяции, по результатам которого необходимо принимать решения о дальнейших действиях. Результаты многолетней работы привели к важному выводу: успешность репатриации может быть связана с разными факторами, в том числе с сукцессионными изменениями в биоценозе, произошедшими со времени исчезновения из него вида [2].

Наработанные и применяемые нами методы реинтродукции и репатриации приемлемы для восстановления биоразнообразия обедненных природных комплексов (степных, луговых, лесных), планируемых к включению в экологический каркас

Белгородской области; повышения репрезентативности существующих особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Природные комплексы с восстановленным биоразнообразием могут выполнять функцию «семенных резерватов» и «семенных питомников местной флоры» [1, 4].

Сохранение биологического разнообразия возможно двумя путями: *ex-situ* и *in situ*. Сохранение *ex-situ* – это сохранение компонентов биологического разнообразия вне их естественных мест обитания (в ботанических садах, питомниках) [1].

Сохранение *in-situ* означает сохранение экосистем и мест обитания, поддержание и восстановление жизнеспособных популяций видов в их естественной среде, в той, в которой они приобрели свои отличительные признаки. В этом случае сохранение компонентов биологического разнообразия осуществляется на ООПТ: заповедниках, заказниках, национальных парках, памятниках природы и т. п.

Целью нашей многолетней работы явился поиск и отработка методов реинтродукции (репатриации) видов сосудистых растений в естественные места обитания.

Объектом исследований по реинтродукции являются уязвимые, сокращающиеся в численности, исчезающие виды растений. Как правило, это виды с высоким природоохранным статусом [5, 13].

Предметом исследования является наработка методики реинтродукции конкретных видов растений.

Задачами являются:

- создание коллекции видов в питомнике;
- сбор семян и выращивание посадочного материала;
- выбор конкретных участков для реинтродукции;
- посев семян и высадка выращенных в питомнике растений в природную среду;
- мониторинг за развитием реинтродуцентов, процессом и результатом «вживания» в сообщества, формированием созданных локальных популяций;
- создание фото-видео архива.

Материалы и методы

Работу по сохранению уязвимых видов, восстановлению утраченного биоразнообразия природных комплексов, повышению репрезентативности ООПТ мы ведем в двух направлениях. В питомнике (*ex-situ*) выращиваем и сохраняем небольшую часть видов. Работа с большей частью видов ведется нами в естественных местах обитания (*in-situ*) [1].

Реинтродукцию редких аборигенных исчезнувших видов сосудистых растений в естественных биотопах (степи, луга, обнажения меловых пород, леса) на территории Белгородской области мы начали в 1999 году с репатриации *Paeonia tenuifolia* на территории природного комплекса б. Ханова, расположенного по правобережью р. Беленькая в окрестностях хут. Белый Колодезь Новооскольского района. По сообщениям жителей ранее данное растение массово произрастало на степных склонах оврагов и балок в регионе. В настоящее время значительно сократилась его численность, а во многих местах он исчез. Причинами утраты вида стали: перевыпас и распашка луговых степей, высокие декоративные качества (перенесение населением на приусадебные участки).

В природе с плодоносящих растений собирали семена и высевали осенью и следующей весной на степных участках. Реинтродукция этим способом не оправдала себя. В результате межвидовой конкуренции, ежегодных палов всходы погибали.

Одновременно в окрестностях с. Мозолевка (бассейн р. Беленькая) осенью (в октябре) были высажены взрослые растения *Paeonia tenuifolia*, взятые в природе. Они прижились хорошо. Через год цвели и плодоносили. Однако этот способ восстановления не приемлем, так как приводит к снижению численности особей в естественных природных локальных популяциях.

В связи с этим в дальнейшем мы стали выращивать *Paeonia tenuifolia* в питомнике из семян, полученных от растений, содержащихся с этой целью в питомнике. Одно-трех-пятилетние растения высаживали на степные участки в бассейне р. Оскол (Таволжанский Лог и др.). Лучший результат давала реинтродукция пятилетних растений. В этом возрасте они начинают цвести и плодоносить. Приживаемость составляла до 100 %. Сохранность высаженных растений иногда снижала деятельность кабана. При большой численности и ограниченной кормовой базе, перерывая поверхностный слой почвы в поисках пищи, он наносил ущерб участкам реинтродукции. Вырытые, поврежденные растения пересыхали и гибли.

С 2000 года работы по реинтродукции в Новооскольском районе ведутся нами и на других экспериментальных участках. Это: ООПТ регионального значения «государственный природный заказник «Меловая гора вблизи с. Беломестное»; степные участки в окрестностях с. Слоновка; урочище Колодезное, в окрестностях хут. Колодезный; урочище Сухой Лог в окрестностях с. Шараповка; степные участки с меловыми обнажениями в окрестностях с. Песчанка; меловые обнажения в окрестностях с. Макешкино.

В 2015 году экспериментальные участки были созданы и в других районах Белгородской области:

- Алексеевском (урочище «Кальцефитная степь» в окрестностях с. Варваровка);
- Валуйском (ООПТ регионального значения «государственный природный заказник «Урочище Борки», потенциальный участок Европейской Изумрудной сети «Петровские Борки»);
- Корочанском (потенциальный участок Европейской Изумрудной сети «Меловые обнажения с участками дубрав Хмелевое»);
- Красненском (ООПТ регионального значения государственный природный заказник Урочище «Большой Лог», потенциальный участок Европейской Изумрудной сети Урочище «Большой Лог»).

Целесообразность выбора территорий определялась наличием природоохранных статусов (ООПТ регионального и муниципального значения, потенциальный участок Изумрудной сети) и включением в региональные, муниципальные эколого-туристические маршруты, созданные в рамках экологического туризма и отдыха.

В число реинтродуцируемых входят произрастающие на территории Белгородской области:

- 33 вида, охраняемых на федеральном уровне (из 44 отмеченных для флоры области);
- 49 видов регионального списка Красной книги Белгородской области (из 145 видов, включенных в список);
- 20 видов, требующих повышенных мер охраны – кандидатов на включение в Красную книгу Белгородской области (по состоянию на 2019 г.) (из 159 видов, включенных в список) [5].

Число реинтродуцируемых дополняют 12 видов, не имеющих природоохранных статусов, некоторые из которых могут быть занесены в региональную Красную книгу следующего издания. Таким образом, работы по реинтродукции ведутся нами с 114 видами (таблицы 1-4; рис. 1-6).

В степных сообществах, включая обнажения меловых пород, произрастает 99 видов из 189 занесенных в Красную книгу Белгородской области [5]. В связи с этим приоритет в реинтродукции нами отдан степным и «меловым» видам (68 видов) (таблицы 1-4).



Рисунок 1 – Двухлетние растения *Tulipa schrenkii* в питомнике



Рисунок 2 – Трехлетние растения *Paeonia tenuifolia* в питомнике



Рисунок 3 – Цветение реинтродуцированного *Paeonia tenuifolia* в степном сообществе



Рисунок 4 – Цветение *Crocus reticulatus* и *Bulbocodium versicolor* в питомнике



Рисунок 5 – Цветение реинтродуцированного *Crocus reticulatus* в степном сообществе



Рисунок 6 – Цветение реинтродуцированной *Bulbocodium versicolor* в степном сообществе

Таблица 1 – Реинтродуцируемые (репатрируемые) виды сосудистых растений, занесенных в Красную книгу РФ (2008 г.)

№	Семейство, вид	Оценка успешности реинтродукции
1	2	3
Сем. Pinaceae – Сосновые		
1	(<i>Pinus cretacea</i> (Kalenicz.) Kondr. (<i>P. silvestris</i> var. <i>cretacea</i> Kalenicz.; <i>P. fominii</i> subsp. <i>cretacea</i> (Kalenicz.) L. Orlova) – Сосна меловая	Растения не вживаются в сообщество, гибнут. Нет многолетних наблюдений.
Сем. Ranunculaceae – Лютиковые		
2	<i>Pulsatilla pratensis</i> (L.) Mill. – Прострел луговой	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, самосев отсутствует. Высажено 12 двулетних растений. Прижилось 3 экземпляра (25 %).
Сем. Caryophyllaceae – Гвоздичные		
3	* <i>Dianthus eugeniae</i> Kleopov – Гвоздика Евгении	Вид находится на начальной стадии эксперимента.
4	<i>Silene cretacea</i> Fisch. ex Spreng. – Смолевка меловая	Растения вживаются в сообщество, зимуют, не цветут, вегетируют. Реинтродукция семенами. (Семена высеяны без счета. Вегетирует 280 растений).
Сем. Paeoniaceae – Пионовые		
5	<i>Paeonia tenuifolia</i> L. – Пион тонколиственный	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, дают самосев. (Высажено 3038 экземпляров пятилетних растений. Прижилось 2977 экземпляров (98 %)).
Сем. Fabaceae – Бобовые		
6	* <i>Astragalus pubiflorus</i> DC. – Астрагал опушенноцветковый	Растения не вживаются в сообщество, гибнут.
7	<i>Hedysarum grandiflorum</i> Pallas – Копеечник крупноцветковый	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, дают самосев.
8	<i>Hedysarum ucrainicum</i> Kaschm. – Копеечник украинский	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, дают самосев.
Сем. Rosaceae – Розоцветные		
9	<i>Cotoneaster alaunicus</i> Golitsin – Кизильник алаунский	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, самосев отсутствует. (Высажено 8 растений. Прижилось 8 растений).

1	2	3
Сем. Cruciferae – Крестоцветные		
10	<i>Erucastrum cretaceum</i> Kotov – Рогачка меловая	Вид запланирован для проведения эксперимента.
11	<i>Matthiola fragrans</i> Bunge – Левкой душистый	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, дают самосев. (Семена высевались без счета. Вегетирует, цветет, плодоносит несколько тысяч экземпляров). Реинтродукцию можно считать успешной, образовалась популяция с нормальной онтогенетической структурой: от всходов самосева до взрослых генеративных особей, продуцирующих жизнеспособные семена.
Сем. Thymelaeaceae – Волчниковые		
12	<i>Daphne altaica</i> Pall. s. l. – Волчегодник алтайский, или Софии	Растения не вживаются в сообщество, гибнут. (Высажено 20 растений. Не прижились. Погибли на 2-й-3-й год).
Сем. Primulaceae – Первоцветные		
13	<i>Androsace koso-poljanskii</i> Ovcz. – Проломник Козо-Полянского	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, дают самосев. Реинтродукцию можно считать успешной, образовалась популяция с нормальной онтогенетической структурой: от всходов самосева до взрослых генеративных особей, продуцирующих жизнеспособные семена.
Сем. Dipsacaceae – Ворсянковые		
14	<i>Cephalaria litwinowii</i> Bobr. – Головчатка Литвинова	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, дают самосев. (Высажено 189 одно-трехлетних растений. Прижилось 128 растений (67,7 %)). Реинтродукцию можно считать успешной, образовалась популяция с нормальной онтогенетической структурой: от всходов самосева до взрослых генеративных особей, продуцирующих жизнеспособные семена.
Сем. Compositae – Сложноцветные		
15	<i>Artemisia hololeuca</i> Bieb. ex Bess. – Полынь беловойлочная	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, дают самосев. Реинтродукцию можно считать успешной, образовалась популяция с нормальной онтогенетической структурой: от всходов самосева до взрослых генеративных особей, продуцирующих жизнеспособные семена.
16	<i>Artemisia salsoloides</i> Willd. – Полынь солянковая	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, не плодоносят. (Высажено 24 растения. Прижилось 8 растений).
17	<i>Serratula tanaitica</i> P. Smirnov – Серпуха донская	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, самосев отсутствует.
Сем. Scrophulariaceae – Норичниковые		
18	<i>Scrophularia cretacea</i> Fisch. – Норичник меловой	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, самосев отсутствует.
Сем. Labiatae – Губоцветные		
19	<i>Hyssopus cretaceus</i> Dub. – Иссоп меловой	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, дают самосев. (Высажено 29 растений. Прижилось 7 растений (24,1 %)).

1	2	3
Сем. Colchicaceae – Безвременниковые		
20	<i>Bulbocodium versicolor</i> (Ker-Gawl.) Spreng. – Брандушка разноцветная	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, самосев отсутствует. (Высажено 263 растения. Прижилось 96 растений (36,5 %)).
Сем. Liliaceae – Лилейные		
21	<i>Fritillaria meleagris</i> L. – Рябчик шахматный	Вид находится на начальной стадии эксперимента.
22	<i>Fritillaria ruthenica</i> Wikstr. – Рябчик русский	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, самосев отсутствует.
23	<i>Tulipa schrenkii</i> Regel – Тюльпан Шренка	Вид находится на начальной стадии эксперимента.
Сем. Hyacinthaceae – Гиацинтовые		
24	<i>Bellevia sarmatica</i> (Pallas ex Georgi) Woronow – Бельвалия сарматская	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, самосев отсутствует. (Высажено 346 растений. Прижилось 302 растения (87 %)).
Сем. Iridaceae – Касатиковые		
25	<i>Iris aphylla</i> L. – Касатик безлистный	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, самосев отсутствует. (Высажено 97 растений. Прижилось 91 растение (93,8 %)).
26	<i>Iris pumila</i> L. – Касатик карликовый	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, самосев отсутствует. (Высажено 172 растения. Прижилось 163 растения (94,7 %)).
Сем. Orchidaceae – Орхидные		
27	<i>Cypripedium macranthos</i> Swartz – Башмачок крупноцветковый	Вид находится на начальной стадии эксперимента.
28	<i>Cypripedium calceolus</i> L. – Башмачок настоящий	Вид находится на начальной стадии эксперимента.
Сем. Gramineae – Злаки		
29	<i>Stipa dasyphylla</i> (Lindem.) Trautv. – Ковыль опушеннолистный	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, самосев отсутствует.
30	<i>Stipa zaleskii</i> Wilensky (<i>S. rubens</i> P. Smirnov, <i>S. glabrata</i> (P. Smirn.) Martinovsky) – Ковыль Залесского	Вид находится на начальной стадии эксперимента.
31	<i>Stipa pulcherrima</i> C. Koch – Ковыль красивейший	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, дают самосев. Реинтродукцию можно считать успешной, образовалась популяция с нормальной онтогенетической структурой: от всходов самосева до взрослых генеративных особей, продуцирующих жизнеспособные семена.
32	<i>Stipa pennata</i> L. – Ковыль перистый	Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, дают самосев. Реинтродукцию можно считать успешной, образовалась популяция с нормальной онтогенетической структурой: от всходов самосева до взрослых генеративных особей, продуцирующих жизнеспособные семена.
33	<i>Stipa ucrainica</i> P. Smirn. – Ковыль украинский	Вид находится на начальной стадии эксперимента.

Примечание: * виды Приложения Красной книги РФ (2008 г.).

Таблица 2 – Реинтродуцируемые (репатрируемые) виды сосудистых растений, занесенные в Красную книгу Белгородской области (2019 г.)

№	Семейство, вид
1	2
Сем. Ranunculaceae – Лютиковые	
1	<i>Anemone sylvestris</i> L. – Ветреница лесная
2	<i>Clematis integrifolia</i> L. – Ломонос цельнолистный
3	<i>Delphinium litwinowii</i> Sambuk – Живокость Литвинова (Ж. высокая)
4	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill. – Прострел раскрытый
5	<i>Trollius europaeus</i> L. – Купальница европейская
Сем. Plumbaginaceae – Свинчатковые	
6	<i>Limonium tomentellum</i> (Boiss.) O. Kuntze – Кермек опушенный
Сем. Chenopodiaceae – Маревые	
7	<i>Krascheninnikovia ceratoides</i> (L.) Gueldenst. – Терескен обыкновенный
Сем. Caryophyllaceae – Гвоздичные	
8	<i>Dianthus andrzejowskianus</i> (Zapal.) Kulcz. – Гвоздика Андриеевского
9	<i>Dianthus superbus</i> L. – Гвоздика пышная, или узкокашечная
10	<i>Silene supina</i> Bieb. – Смолевка приземистая
Сем. Fabaceae – Бобовые	
11	<i>Astragalus cretophilus</i> Klokov – Астрагал мелолобный (А. рогатый)
12	<i>Astragalus dasyanthus</i> Pallas – Астрагал шерстистоцветковый
13	<i>Astragalus testiculatus</i> Pallas – Астрагал яйцеплодный
Сем. Rosaceae – Розоцветные	
14	<i>Amygdalus nana</i> L. – Степной миндаль (Миндаль низкий)
15	<i>Potentilla alba</i> L. – Лапчатка белая
Сем. Cruciferae – Крестоцветные	
16	<i>Alyssum gmelinii</i> Jord. – Бурачок Гмелина
17	<i>Alyssum lenense</i> Adams – Бурачок ленский
18	<i>Clausia aprica</i> (Steph.) Korn.-Tr. – Клаузия солнцелюбивая
19	<i>Crambe tataria</i> Sebeok – Катран татарский
20	<i>Schivereckia hyperborea</i> (L.) Berkut. – Шиверекия северная (подольская)
Сем. Rutaceae – Рутовые	
21	<i>Dictamnus gymnostylis</i> Steven – Ясенец голостолбиковый
22	<i>Haplophyllum suaveolens</i> (DC.) G. Don fil. – Цельнолистник душистый
Сем. Umbelliferae – Зонтичные	
23	<i>Laser trilobum</i> (L.) Borkh. – Лазурник трехлопастный
Сем. Valerianaceae – Валериановые	
24	<i>Valeriana dubia</i> Bunge (V. rossica P. Smirn.) – Валериана сомнительная
Сем. Compositae – Сложноцветные	
25	<i>Chartolepis glastifolia</i> (L.) Cass. – Хартолепис вайдолистный
26	<i>Galatella angustissima</i> (Tausch) Novopokr. – Солонечник узколистный
27	<i>Galatella biflora</i> (L.) Nees – Солонечник двухцветковый
28	<i>Inula oculus-christi</i> L. – Девясил око Христа
29	<i>Jurinea multiflora</i> (L.) B. Fedtsch. – Наголоватка многоцветковая
30	<i>Tanacetum millefolium</i> (L.) Tzvelev – Пижма тысячелистная
Сем. Boraginaceae – Бурачниковые	
31	<i>Echium russicum</i> J.F. Gmel. – Синяк русский (С. пятнистый, или Румянка)
32	<i>Onosma polychroma</i> Klokov – Оносма многоцветная
33	<i>Onosma tinctoria</i> Bieb. – Оносма красильная
Сем. Convolvulaceae – Вьюнковые	
34	<i>Convolvulus lineatus</i> L. – Вьюнок узколистный
Сем. Scrophulariaceae – Норичниковые	
35	<i>Linaria cretacea</i> Fisch. – Лянника меловая
Сем. Liliaceae – Лилейные	
36	<i>Lilium martagon</i> L. – Лилия саранка (Л. кудреватая)
37	<i>Tulipa biebersteiniana</i> Schult. et Schult. fil. (<i>T. quercetorum</i> Klokov et Zoz) – Тюльпан Биберштейна

1	2
Сем. Alliaceae – Луковые	
38	<i>Allium paczoskianum</i> Tuzson (<i>A. pulchellum</i> auct. non G. Don fil.) – Лук Пачоского
39	<i>Allium paniculatum</i> L. (<i>Allium podolicum</i> Blocki ex Racib. et Szafer) – Лук метельчатый
40	<i>Allium praescissum</i> Reichenb. – Лук предвиденный
Сем. Iridaceae – Касатиковые	
41	<i>Crocus reticulatus</i> Steven ex Adam. – Крокус сетчатый
42	<i>Gladiolus imbricatus</i> L. (<i>G. tenuis</i> Bieb.) – Шпажник черепитчатый
43	<i>Iris arenaria</i> Waldst. et Kit. (<i>I. pineticola</i> Klokov) – Касатик песчаный (К. боровой)
44	<i>Iris halophila</i> Pallas – Касатик солелюбивый
45	<i>Iris sibirica</i> L. – Касатик сибирский
Сем. Orchidaceae – Орхидные	
46	<i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. – Дремлик темно-красный
Сем. Gramineae – Злаки	
47	<i>Psathyrostachys juncea</i> (Fisch.) Nevski – Ломкоколосник ситниковый
48	<i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr. – Ковыль Лессинга
49	<i>Stipa tirsia</i> Steven (<i>S. stenophylla</i> (Czem. ex Lindem.) Trautv.) – Ковыль узколистый

Таблица 3 – Реинтродуцируемые (репатрируемые) виды сосудистых растений, требующие повышенных мер охраны – кандидаты на включение в Красную книгу Белгородской области (по состоянию на 2019 г.)

№	Семейство, вид
Сем. Ranunculaceae – Лютиковые	
1	<i>Aconitum nemorosum</i> Bieb. ex Reichenb. (<i>Aconitum anthora</i> L.) – Борец дубравный
2	<i>Aconitum lasiostomum</i> Reichenb. ex Bess. – Борец шерстистоустый
3	<i>Thalictrum lucidum</i> L. – Василисник блестящий (светлый)
Сем. Caryophyllaceae – Гвоздичные	
4	<i>Dianthus borbasii</i> Vandas – Гвоздика Борбаша
5	<i>Dianthus pallens</i> Smith (<i>D. lanceolatus</i> Stev. ex Reichenb., <i>D. leptopetalus</i> auct.) – Гвоздика бледноватая (Г. ланцетная, Г. узколистная)
Сем. Fabaceae – Бобовые	
6	<i>Astragalus ucrainicus</i> M. Pop. et Klokov – Астрагал украинский
Сем. Cruciferae – Крестоцветные	
7	<i>Alyssum tortuosum</i> Waldst. et Kit. ex Willd. s. l. (incl. <i>A. gymnopodium</i> P. Smirn., <i>A. savranicum</i> Andr.) – Бурачок извилистый (Бурачок савранский)
Сем. Cistaceae – Ладанниковые	
8	<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill. – Солнцецвет монетолистный
Сем. Polemoniaceae – Синюховые	
9	<i>Polemonium coeruleum</i> L. – Синюха голубая
Сем. Compositae – Сложноцветные	
10	<i>Artemisia armeniaca</i> Lam. – Полынь армянская
11	<i>Artemisia santonica</i> L. s. l. (<i>A. cretacea</i> Kotov, <i>A. monogyna</i> Waldst. et Kit., <i>A. nutans</i> Willd., <i>A. lerceana</i> Web.) – Полынь сантонинная (П. понижающая)
12	<i>Artemisia pontica</i> L. – Полынь понтийская
13	<i>Artemisia sericea</i> Weber ex Bess. – Полынь шелковистая
14	<i>Artemisia latifolia</i> Ledeb. – Полынь широколистная
Сем. Scrophulariaceae – Норичниковые	
15	<i>Pedicularis kaufmannii</i> Pinzger – Мытник Кауфмана
Сем. Labiatae – Губоцветные	
16	<i>Teucrium chamaedrys</i> L. – Дубровник обыкновенный (Д. пурпуровый)
17	<i>Nepeta parviflora</i> Bieb. – Котовник мелкоцветковый
18	<i>Salvia aethiopsis</i> L. – Шалфей эфиопский
Сем. Convallariaceae – Ландышевые	
19	<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt – Майник двулистный
Сем. Gramineae – Злаки	
20	<i>Festuca cretacea</i> T. Pop. et Proskor. – Овсяница меловая

Таблица 4 – Реинтродуцируемые (репатрируемые) виды сосудистых растений, не занесенные в Красную книгу Белгородской области

№	Семейство, вид
Сем. Ranunculaceae – Лютиковые	
1	<i>Clematis recta</i> L. – Ломонос прямой
Сем. Caryophyllaceae – Гвоздичные	
2	<i>Dianthus deltoides</i> L. – Гвоздика травянка
Сем. Rosaceae – Розоцветные	
3	<i>Cerasus fruticosa</i> Pallas – Вишня кустарниковая (Степная вишня)
4	<i>Sanguisorba officinalis</i> L. – Кровохлебка лекарственная
Сем. Cruciferae – Крестоцветные	
5	<i>Sperihedum triste</i> (L.) Beck (<i>Hesperidium triste</i> (L.) Beck, <i>Hesperis tristis</i> L.) – Длинноног печальный
Сем. Compositae – Сложноцветные	
6	<i>Crepis pannonica</i> (Jacq.) C. Koch – Скерда венгерская
7	<i>Trommsdorffia maculata</i> (L.) Bernh. – Тромсдорфия крапчатая (Прозанник крапчатый)
Сем. Boraginaceae – Бурачниковые	
8	<i>Anchusa leptophylla</i> Roem. et Schult. – Воловик тонколиственный
9	<i>Nonea lutea</i> (Desr.) DC. – Нонея желтая
Сем. Liliaceae – Лилейные	
10	<i>Fritillaria meleagroides</i> Patrin ex Schult. et Schult. fil – Рябчик шахматовидный, или малый
11	<i>Tulipa scythica</i> Klokov et Zoz – Тюльпан скифский
Сем. Alliaceae – Луковые	
12	<i>Allium angulosum</i> L. – Лук угловатый

Алгоритм действий при реинтродукции. Для реинтродукции мы используем семена и вегетативные части растений (корневища, луковицы, клубнелуковицы).

Начальным шагом является создание «банка реинтродукции». Для этого на территории административных районов Белгородской области собираем семена с дикорастущих и «маточных» растений, содержащихся в питомнике. Дальнейшие действия включают: выращивание в питомнике посадочного материала; выбор участков в естественных природных сообществах, наиболее соответствующих экологии реинтродуцируемых растений (сообщество, почва, микрорельеф, микроклимат); посев семян и высадка растений в природные сообщества; осуществление мониторинга состояния высаженных растений и всходов семян, оценка жизненности.

Положительным результатом реинтродукции мы считаем переход созданной локальной популяции в состояние самоподдержания на основе самовозобновления (цветение, плодоношение, формирование полноценных семян, появление самосева, формирование новых генеративных особей).

Подготовка семян к посеву. Посев. В камеральных условиях семена наклеиваем на узкие полоски тонкой рыхлой бумаги мучным, крахмальным клейстером или клеем ПВА на некотором расстоянии друг от друга в зависимости от размеров растения (1-5 см) (рис. 7). Посев производим сразу после сбора или осенью в год сбора. В подготовленные на участках бороздки помещаем по одной полоске бумаги с наклеенными на нее семенами. Присыпаем тонким слоем почвы и уплотняем верхний слой. Ставим этикетку с названием вида, количеством семян, датой посадки. Записываем в журнал.

В полевых условиях семена высеем в бороздки или лунки. Присыпаем тонким слоем чернозема. Уплотняем верхний слой. Ставим колышек или этикетку. На обнажениях меловых пород бороздки (лунки) присыпаем рыхлыми мело-мергельными суглинками.

Уход за растениями в питомнике заключается в прополке сорняков и периодической поливке. На экспериментальных участках (в природе) уход за растениями не осуществляем. Ведем периодическое наблюдение.

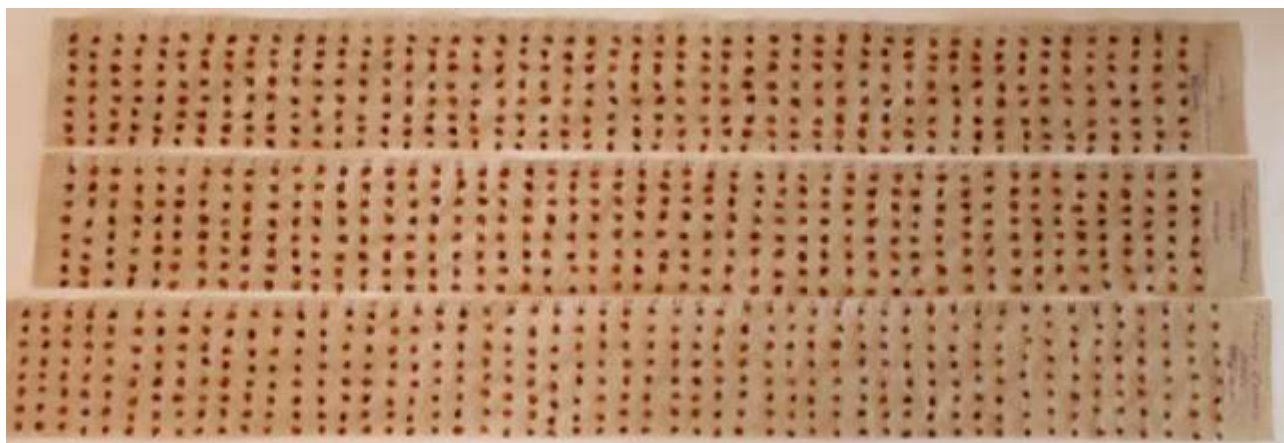


Рисунок 7 – Семена *Tulipa schrenkii*, наклеенные на бумагу перед высадкой в питомник

Результаты и обсуждение

Особенности реинтродукции в степные сообщества. Реинтродукция генеративными особями. В степных сообществах с высокой межвидовой конкуренцией хорошие результаты дает реинтродукция сформировавшимися растениями. Особенно у видов, запасавших в подземных органах ростовые питательные вещества, необходимые растению для восстановления поврежденной при пересадке корневой системы: в корнях (*Cephalaria litwinowii*, *Paeonia tenuifolia*), корневищах (*Iris aphylla*, *I. halophila*, *I. pumila*), луковицах (*Bellevalia sarmatica*, *Tulipa biebersteiniana*, *Tulipa schrenkii*), клубнелуковицах (*Bulbocodium versicolor*, *Crocus reticulatus*).

Посадочный материал мы выращиваем в питомнике. В этих условиях процент всхожести семян и выживаемость молодых растений выше, чем в природных условиях. Процесс развития при отсутствии межвидовой конкуренции и элементарном уходе (удаление сорняков и редкий полив) идет быстрее.

На второй или последующие годы, в зависимости от вида, растения зацветают и могут быть высажены в природные места обитания. Достигнув генеративной стадии развития, они способны вжиться в природное сообщество, преодолеть межвидовую конкуренцию, влияние новых эдафических, микроклиматических и биотических факторов. При реинтродукции корневищных растений для увеличения количества посадочного материала корневище делим на части (деленки).

Дерновинные растения (злаки) можно реинтродуцировать дерновинами, выращенными в питомнике. При этом необходимо учитывать влияние повреждения корневой системы при пересадке на состояние посадочного материала. Дерновины плохо приживаются, поэтому злаки лучше интродуцировать семенами.

Осенью, после вегетации, с наступлением дождливого периода молодые растения двух-пятилетнего возраста из питомника высаживаем в природные сообщества в естественные местообитания. В этом случае растения имеют достаточно времени (а также влаги, тепла), чтобы до наступления холодов частично восстановить поврежденную корневую систему. Пройдя период адаптации (1-2 года), они зацветают и плодоносят.

Реинтродукция семенами. Реинтродукция семенами в степных сообществах менее успешна. Полевая всхожесть семян низкая. Приходится высевать большое количество семян. В условиях высокой межвидовой конкуренции растения растут и развиваются медленно. Достижение генеративной стадии затягивается на десятки лет. Например, выросшие из семян в степном сообществе пятилетние растения *Paeonia tenuifolia* выглядели также как однолетние, выросшие в условиях питомника. Семенное размножение мы применяем при

реинтродукции злаков (*Stipa dasyphylla*, *S. pulcherrima*, *S. pennata* и др.) и одно-двулетников, выращивание которых в питомнике не целесообразно.

Особенности реинтродукции в меловые сообщества. Реинтродукция генеративными особями. Реинтродукция видов, растущих на меловых обнажениях, вегетативными или генеративными особями, взятыми в природе или выращенными в питомнике, не оправдала себя. Растения меловых обнажений, как правило, имеют развитую стержневую корневую систему, глубоко уходящую по трещинам в меловой субстрат. При пересадке поврежденные растения погибали в год посадки или приживались медленно, восстанавливая корневую систему. В этом случае (как исключение) лучше брать молодые растения с небольшой корневой системой.

Нами изучалась возможность реинтродукции *Androsace koso-poljanskii* пересадкой небольших фрагментов куртин, состоящих из вегетативных и генеративных особей. Для этого в местах массового произрастания растения мы брали небольшие куртины и пересаживали на обнажения меловых пород экспериментальных участков. Сверху пересаженную куртину слегка присыпали меловой крошкой. Растения приживались. Зацветали на следующий год. В течение двенадцати лет наблюдений растения сохраняют жизнеспособность. Куртины разрастаются. Растения цветут и плодоносят. На некоторых участках отмечен самосев.

Реинтродукция семенами. Реинтродукцию «меловиков» (*Alyssum lenense*, *A. tortuosum*, *Androsace koso-poljanskii*, *Artemisia hololeuca*, *Hedysarum grandiflorum*, *H. ucrainicum*, *Hyssopus cretaceus*, *Linaria cretacea*, *Matthiola fragrans*, *Scrophularia cretacea*, *Silene cretacea*) осуществляем преимущественно семенами, минуя этап выращивания в питомнике и пересадку. Не смотря на то, что растения развиваются медленно, они сразу формируют не поврежденную корневую систему и имеют характерный облик «меловиков».

Предварительные результаты реинтродукции. Обобщение результатов реинтродукции – необходимый этап в практической деятельности. В научной литературе содержатся сведения об интродукции (акклиматизации), реинтродукции (репатриации) растений в сходные и новые природно-климатические условия [6-8, 11]. Для оценки успешности интродукции, адаптации и возможности выращивания растений в культуре разными исследователями предложены ряд шкал [2].

Наша работа посвящена реинтродукции (репатриации) видов, произраставших или произрастающих в настоящее время в пределах региона в границах ареалов видов. Успешность реинтродукции оцениваем по шкале, включающей 8 градаций (таблица 1):

1. Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, дают самосев.
2. Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют жизнеспособные семена, но в естественной среде в условиях межвидовой конкуренции и других факторов (наличие плотного слоя растительной ветоши, зоофагия и т. д.) самосев отсутствует.
3. Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют нежизнеспособные семена.
4. Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, плодоносят, образуют нежизнеспособные семена, размножаются вегетативно.
5. Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, не плодоносят, размножаются только вегетативно.
6. Растения вживаются в сообщество, зимуют, цветут, не плодоносят.
7. Растения вживаются в сообщество, зимуют, не цветут, вегетируют.
8. Растения не вживаются в сообщество, гибнут.

За основу были взяты схемы оценки интродукции растений, предложенные Е.В. Вульфом и Н.А. Базилевской [2].

Положительные результаты нами получены при реинтродукции следующих видов:

- охраняемых на федеральном уровне: *Androsace koso-poljanskii*, *Artemisia hololeuca*, *Cephalaria litwinowii*, *Fritillaria ruthenica*, *Hedysarum grandiflorum*, *H. ucrainicum*, *Iris aphylla*, *I. pumila*, *Matthiola fragrans*, *Paeonia tenuifolia*, *Serratula tanaitica*, *Stipa pulcherrima*, *S. pennata*;
- регионального списка Красной книги Белгородской области (2019): *Clematis integrifolia*, *Crocus reticulatus*, *Galatella angustissima*, *Inula oculus-christi*, *Iris arenaria*, *I. halophila*, *Linaria cretacea*, *Pulsatilla patens*;
- требующих повышенных мер охраны – кандидатов на включение в Красную книгу Белгородской области (по состоянию на 2019 г.): *Artemisia latifolia*, *A. pontica*, *Teucrium chamaedrys*.

Выводы

Реинтродукция и репатриация повышают природоохранную значимость территорий. Так репрезентативность локальной флоры Таволжанского Лога к началу наших работ определяли 57 видов, из них:

- 6 из Красной книги РФ;
- 27 регионального списка Красной книги Белгородской области;
- 24 требующих повышенных мер охраны – кандидата на включение в Красную книгу Белгородской области (по состоянию на 2019 г.).

В результате работ по восстановлению биоразнообразия репрезентативность природного комплекса увеличилась, ее определяют 88 видов:

- 23 занесенных в Красную книгу РФ;
- 37 регионального списка Красной книги Белгородской области;
- 28 требующих повышенных мер охраны – кандидатов на включение в Красную книгу Белгородской области (по состоянию на 2019 г.).

Об объеме выполненной нами работы говорит то, что с 2004 по 2021 год в Таволжанском Логу высажено 2085 пятилетних экземпляров *Paeonia tenuifolia*, высеяно около 15000 семян (для создания семенного банка). В рамках работ по реинтродукции на всех экспериментальных участках высажено 3038 пятилетних экземпляров *Paeonia tenuifolia* и высеяно более 20000 семян.

Список литературы

1. Тишков А.А., Белоновская Е.А., Царевская Н.Г., Титова С.В., Тохтарь В.К., Чендев Ю.Г. Перспективы восстановления степной растительности Белгородской области // Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны: историкокультурные и природные территории / Ред. О.В. Буровая, Е.М. Волкова, О.В. Швец. Вып. 4. Тула: Государственный музей-заповедник «Куликово поле», РГО, 2018. С. 46-52.
2. Беднова О.В. Реинтродукция, репатриация, реставрация... и урбанизация // Природа. 2014. № 10. С. 27-35.
3. Корнилов А.Г., Кичигин Е.В., Калмыков С.Н., Новых Л.Л., Дроздова Е.А., Петин А.Н., Присный А.В., Лазарев А.В., Колчанов А.Ф. Экологическая ситуация в районах размещения горнодобывающих предприятий региона Курской магнитной аномалии. Белгород: Белгород, НИУ «БелГУ», 2015. 157 с.
4. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Восстановление биоразнообразия степей в Белгородской области // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: материалы XIII Международной ландшафтной конференции, Воронеж, 2018. Т. 2. С. 222-223.

5. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, лишайники, грибы и животные. 2-е издание / ред. Ю.А. Присный. Белгород: ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2019. 668 с.
6. Рысина Г.П. Опыт восстановления популяций охраняемых растений в Подмоскowie // Бюллетень Главного ботанического сада. АН СССР. Вып. 133. 1984. С. 81-85.
7. Тихонова В.Л. Реинтродукция охраняемых видов растений: проблемы, термины, методические подходы // Вопросы охраны редких видов растений и фитоценозов. М., 1987. С. 45-53.
8. Трулевич Н.В. Интродукция растений природной флоры в отделе флоры ГБС РАН // Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные исследования: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 80-летию со дня рождения академика Л.Н. Андреева. М., 2011. С. 659-662.
9. Технологии сохранения редких видов животных // Материалы научной конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 64 с.
10. Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В. Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. М.: Наука, 1982. 145 с.
11. Горбунов Ю.Н., Дзыбов Д.С., Кузьмин З.Е., Смирнов И.А. Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений (для ботанических садов). Тула: Гриф и К, 2008. 56 с.
12. Восстановление и мониторинг природной флоры: сборник статей / отв. ред.: Б.Р. Стриганова, А.А. Маслов. Москва: КМК, 2010. 116 с.
13. Информационно-аналитические материалы по состоянию охраны растений, животных и их местообитаний в странах западной Европы и России (на примере Бернской Конвенции, Директивы по охране птиц и Директивы по охране природных местообитаний и дикой фауны и флоры). М., 2008. 100 с.

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

Поступила в редакцию 09.03.2022
Принята к публикации 20.06.2022

RESTORATION OF STEPPE BIODIVERSITY. REINTRODUCTION AND REPATRIATION. METHODOLOGICAL APPROACHES AND PRELIMINARY RESULTS

A. Gusev, E. Guseva

Belogorye State Nature Reserve, Russia, Novy Oskol
avgusev610@mail.ru

The decline in the biological diversity of steppe communities is one of the environmental problems of the Belgorod region. The article presents methodological approaches and preliminary results of the authors' long-term work on the reintroduction and repatriation of the most representative species of vascular plants of the flora in the region to natural habitats.

Key words: steppe communities, biodiversity, restoration, reintroduction, repatriation, protected species.

References

1. Tishkov A.A., Belonovskaya E.A., Tsarevskaya N.G., Titova S.V., Tokhtar' V.K., Chendev Yu.G. Perspektivy vosstanovleniya stepnoi rastitel'nosti Belgorodskoi oblasti. Problemy izucheniya i vosstanovleniya landshaftov lesostepnoi zony: istorikokul'turnye i prirodnye territorii. Red. O.V. Burovaya, E.M. Volkova, O.V. Shvets. Vyp. 4. Tula: Gosudarstvennyi muzei-zapovednik "Kulikovo pole", RGO, 2018. S. 46-52.
2. Bednova O.V. Reintroduktsiya, repatriatsiya, restavratsiya... i urbanizatsiya. Priroda. 2014. N 10. S. 27-35.
3. Kornilov A.G., Kichigin E.V., Kalmykov S.N., Novykh L.L., Drozdova E.A., Petin A.N., Prisnyi A.V., Lazarev A.V., Kolchanov A.F. Ekologicheskaya situatsiya v raionakh razmeshcheniya gornodobyvayushchikh predpriyatii regiona Kurskoi magnitnoi anomalii. Belgorod: Belgorod, NIU "BelGU", 2015. 157 s.
4. Gusev A.V., Ermakova E.I. Vosstanovlenie bioraznoobraziya stepei v Belgorodskoi oblasti. Sovremennoe landshaftno-ekologicheskoe sostoyanie i problemy optimizatsii prirodnoi sredy regionov: materialy XIII Mezhdunarodnoi landshaftnoi konferentsii, Voronezh, 2018. T. 2. S. 222-223.
5. Krasnaya kniga Belgorodskoi oblasti. Redkie i ischezayushchie rasteniya, lishainiki, griby i zhivotnye. 2-e izdanie. Red. Yu.A. Prisnyi. Belgorod: ID "BelGU" NIU "BelGU", 2019. 668 s.
6. Rysina G.P. Opyt vosstanovleniya populyatsii okhranyaemykh rastenii v Podmoskov'e. Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada. AN SSSR. Vyp. 133. 1984. S. 81-85.
7. Tikhonova V.L. Reintroduktsiya okhranyaemykh vidov rastenii: problemy, terminy, metodicheskie podkhody. Voprosy okhrany redkikh vidov rastenii i fitotsenozov. M., 1987. S. 45-53.
8. Trulevich N.V. Introduktsiya rastenii prirodnoi flory v otdele flory GBS RAN. Botanicheskie sady v sovremennom mire: teoreticheskie i prikladnye issledovaniya: Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi 80-letiyu so dnya rozhdeniya akademika L.N. Andreeva. M., 2011. S. 659-662.
9. Tekhnologii sokhraneniya redkikh vidov zhivotnykh. Materialy nauchnoi konferentsii. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2011. 64 s.
10. Reimers N.F., Yablokov A.V. Slovar' terminov i ponyatii, svyazannykh s okhranoi zhivoi prirody. M.: Nauka, 1982. 145 s.
11. Gorbunov Yu.N., Dzybov D.S., Kuz'min Z.E., Smirnov I.A. Metodicheskie rekomendatsii po reintroduktsii redkikh i ischezayushchikh vidov rastenii (dlya botanicheskikh sadov). Tula: Grif i K, 2008. 56 s.
12. Vosstanovlenie i monitoring prirodnoi flory: sbornik statei. Otv. red.: B.R. Striganova, A.A. Maslov. Moskva: KMK, 2010. 116 s.
13. Informatsionno-analiticheskie materialy po sostoyaniyu okhrany rastenii, zhivotnykh i ikh mestoobitaniy v stranakh zapadnoi Evropy i Rossii (na primere Bernskoi Konventsii, Direktivy po okhrane ptits i Direktivy po okhrane prirodnikh mestoobitaniy i dikoi fauny i flory). M., 2008. 100 s.

Сведения об авторах:

Александр Викторович Гусев

К.г.н., старший научный сотрудник, Государственный природный заповедник «Белогорье»

Alexander Gusev

PhD, Senior Researcher, Belogorye State Nature Reserve

Елена Ивановна Гусева

Младший научный сотрудник, Государственный природный заповедник «Белогорье»

Elena Guseva

Junior Researcher, Belogorye State Nature Reserve

Для цитирования: Гусев А.В., Гусева Е.И. Восстановление биоразнообразия степей. Реинтродукция и репатриация. Методические подходы и предварительные результаты // Вопросы степеведения. 2022. № 2. С. 19-35. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-2-19-35

**РЕЗУЛЬТАТЫ УЧЕТОВ ГНЕЗДОВОЙ ОРНИТОФАУНЫ
ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ОПУКСКИЙ»
(ФГБУ «ЗАПОВЕДНЫЙ КРЫМ») И ОКРЕСТНОСТЕЙ
И.А. Сикорский**

ФГБУ «Объединенная дирекция ООПТ «Заповедный Крым»,
Россия, Республика Крым, Ялта
e-mail: falco72@yandex.ru

В гнездовые периоды с 2011 года по 2021 год на территории государственного природного заповедника «Опукский» (ФГБУ «Заповедный Крым») и в его окрестностях проводились учеты гнездящихся птиц, в ходе которых было отмечено 109 гнездящихся видов птиц. Данные виды – это представители 17 отрядов, из которых 73 (67 % от общего числа гнездящихся птиц) вида – гнездились на территории заповедника, а 102 (94 %) – гнездились в окрестностях заповедника соответственно. Почти треть видов (24 вида) – редкие, включены в Красную книгу РФ и/или в Красную книгу Республики Крым, но многие из них по обилию фоновые.

Ключевые слова: Опук, видовое богатство, маршрут, орнитокомплекс, редкие виды.

Введение

Опукский природный заповедник создан в 1998 году для сохранения и восстановления степных природных комплексов равнинного Крыма и аквакомплексов Черного моря на базе одноименного памятника природы местного значения (с 1947 г.), заповедного урочища (с 1980 г.), а также прибрежно-аквального комплекса Черного моря (62 га), включая острова Скалы-Корабли (Элькен-Кая) – 2 га. Площадь заповедника составляет 1592,3 га, из них 62 га – акватория Черного моря с островами Скалы-Корабли, возвышающимися в море в 4 км от берега.

История изучения орнитофауны г. Опук насчитывает 88 лет. Первые сведения о птицах этого района мы находим в работах И.И. Пузанова [1], Ф. Франка [2], где отражены наблюдения 1925 и 1943 гг. соответственно. Современные исследования, касающиеся гнездящихся птиц степного Крыма, отражены в работах специалистов [3-10]. Одни из последних фундаментальных работ по гнездящимся птицам Опукского заповедника относятся к 2002 [11] и 2011 году [11, 12].

С 30 ноября 2019 года государственный природный заповедник «Опукский» (далее – заповедник) входит состав федерального государственного бюджетного учреждения «Объединенная дирекция особо охраняемых природных территорий «Заповедный Крым». Заповедник находится в границах территории, приоритетной для сохранения биоразнообразия в Крыму «Опук (включая ОПЗ)»: 4 категория – наивысшей приоритетности [13]. На территории заповедника расположен «Аквально-прибрежный комплекс мыса Опук», площадью 775 га, который внесен в перечень водно-болотных угодий международного значения (Рамсарская конвенция) в 2004 году. Учитывая высокую биотопическую разнородность заповедника и его роль как одного из центров разнообразия птиц Степного Крыма, анализ современного состава гнездящихся на его территории птиц является актуальным. Дальнейшее изучение гнездящихся птиц также является важным в связи с разработкой очередного проекта организации территории заповедника и его охранной зоны посредством проведения мониторинга биоразнообразия.

Целью данного исследования было определение современного состава гнездовой орнитофауны, экологических особенностей и оценка численности гнездящихся птиц

заповедника и ближайших его окрестностей. Задачами исследования стали сбор материала по учетам гнездящихся птиц заповедника, анализ видового состава и мест гнездования, оценка численности гнездящихся птиц на территории заповедника и ближайших его окрестностей.

Материалы и методы

Для данной статьи использованы результаты 11-летних наблюдений в весенне-летние периоды на территории заповедника и его окрестностей. Рассматриваемая в работе территория включает гору Опук, Скалы-Корабли, Кояшское озеро, а также степные участки и некоторые водоемы, расположенные к северу от границы заповедника, в пределах земель Марьевского и Заветненского сельских поселений.

Гора Опук сложена сарматскими рифовыми известняками. Ее северные склоны пологие, слабо расчлененные, с небольшими скальными выходами. Вершина г. Опук (184 м н.у.м.) находится на плато, от которого к морю идут скальные обрывистые выступы. С юго-западной стороны плато расположена одна из больших известняковых стен («Большая стена») с крупночешуйчатыми формами выветривания. На ней размещена одна из самых крупных крымских комплексных колоний птиц скально-степного орнитокомплекса. Склерофилы, в том числе и колониальные виды, используют для гнездовых расщелины и ниши у подножья обрывов и скал, старые норы в известняке.

Гиперсоленое озеро Кояшское расположено к западу от горы Опук и отделено от моря песчано-ракушечной пересыпью. Оно имеет приморское происхождение. К юго-западу от центра зеркала озера находится небольшая аккумулятивная коса, шириной до 25 метров. Коса иногда пересыхает, что сказывается на колониях ржанкообразных птиц, которые там располагаются. Солончаковые и гидрофильные виды растений покрывают побережье этого грязевого озера. Псаммофитные сообщества растений широко представлены на песчаных пляжах и пересыпях соленых озер в заповеднике и его окрестностях. Территория к югу и северу от плато горы Опук, ее склоны покрыты степными типчаково-разнотравными и ковыльно-разнотравными сообществами растений. Дендрофильные виды птиц выбирают для гнездования увлажненные участки с древесно-кустарниковой растительностью, которая представлена следующими видами: терн (*Prunus spinosa*), бузина черная (*Sambucus nigra*), шиповник или роза собачья (*Rosa canina*), реже жостер слабительный или крушина (*Rhamnus cathartica*), боярышник крымский (*Crataegus taurica*).

В основу работы положены данные автора по фауне и распространению птиц, которые были зарегистрированы с 2011 года по 2021 год во время количественных учетов в гнездовые периоды [14-16]. На территории заповедника в период с 2011 года по 2021 год были проведены точечные учеты гнездящихся птиц. Для уточнения численности редких видов использовались 4 видовые площадки. Сроки проведения были установлены в период наибольшей встречаемости птиц – с 15 мая по 15 июля. Учеты проводились по 5 ранее установленным постоянным маршрутам, включая рекомендации [11].

Маршрут № 1 включает равнинные участки с водоемами и тростниковыми зарослями возле водоема Ст. Башаул до Восточной бухты заповедника. К нему относятся также антропогенные биотопы села Яковенково, залежи, пресный водоем Яуше-Тыйнак, полоса искусственных лесонасаждений, Чебакская балка и побережье вдоль восточных границ заповедника. Протяженность – 8,5 км.

Маршрут № 2 включает плато горы Опук, ее южный и северный склоны, степные ксерофитные участки, капониры, скальные обрывы на срединном плато Горы Опук и обрывы под плато. Визуальный учет гнезд, глазомерная оценка численности использовались на недоступных участках оползневых склонов. Протяженность – 1,8 км.

Маршрут № 3 включает территории северного склона горы Опук до г. Острая, залежи и территории бывшей застройки, развалины поселений. Протяженность – 3,4 км.

Маршрут № 4 включает береговую линию от Восточной бухты до Западной бухты, береговые клифы, осыпи, источник Кырк-Чокрак. Протяженность – 4,9 км.

Маршрут № 5 включает псаммофитные территории денудационной равнины вокруг Кояшского озера, аккумулятивные косы и островки, участки Кояшской пересыпи (береговая линия, тростниковые заросли). Протяженность – 9 км.

За весь период исследования проведено 67 учетов, пройдено около 950 км по территории заповедника и окрестностям, включая 150 км при учете редких видов вдоль оползневых склонов горы Опук. Исследуемая площадь – 25 км². Для поиска гнезд использовался 12-кратный бинокль БПЦ-40 и фотоаппарат Sony SLT-A65.

Гнездовая численность представляет собой округленное частное количество встреч поющих самцов на исследуемой территории, увеличенное вдвое, или реально встреченные пары гнездящихся птиц, деленное на количество лет всего периода исследований. Этот показатель измеряется в парах.

Плотность гнездования птиц на Большой стене рассчитывалась как количество встреченных гнезд на квадратный метр.

Итоговые материалы о результатах учетов ежегодно вносились в Летописи природы заповедника и изложены в кратком виде [17]. В работе были также использованы данные по фауне и распределению гнездящихся птиц, сведения о видовом составе (включая 59 гнездящихся видов и 76 видов – в окрестностях) [11] и дополнения к аннотированному списку птиц Опускского природного заповедника [14].

Номенклатура, порядок расположения таксонов, названия видов приведены согласно «Состава авифауны» [18].

Результаты и обсуждение

Результаты исследований были получены на основании проведенных количественных учетов на территории заповедника и его окрестностей от села Яковенково на востоке до границ заповедника на западе. Автором представлен современный список гнездящихся видов птиц, зарегистрированных в заповеднике и окрестностях. Он приведен в таблице 1, где собраны данные о видовом составе гнездящихся птиц, указан их статус пребывания, численность и относительное обилие, рассчитанные за весь период исследований. Есть спорные виды, для уточнения статуса которых необходимы дополнительные исследования и наблюдения. Также в списке отмечены буквенным изображением виды, которые не были отмечены предыдущими исследователями, но встречены автором в гнездовое время (список гнездовой орнитофауны пополнился на 20 видов). Также были использованы данные с находками гнезд, встречами слетков и птиц с кормом в гнездовое время в гнездовых биотопах.

Список включает 109 видов птиц (73 видов гнездится в заповеднике) из 17 отрядов, которые отличаются по характеру пребывания и времени регистрации в исследуемом районе (табл. 1). В списке отмечены 24 вида редких птиц из Красной книги РФ и/или Республики Крым, из них 19 видов – гнездится на исследуемой территории.

Таким образом, гнездовая орнитофауна состоит из 109 (45 % от всей авифауны заповедника) видов, которые принадлежат 17 отрядам. Отряд Воробьеобразные характеризуется наибольшим разнообразием и составляет 51 вид (47 % от общего количества гнездящихся птиц). Отряды Ржанкообразные (16 видов) и Соколообразные (9 видов) отличаются наиболее полным набором лимнофильных и склерофильных птиц соответственно.

Анализ размещения кладок и их распределение позволяет выделить пять основных биотопов: скальный массив, открытые степные участки, побережье озера, пересыпи и прибрежные аквальные комплексы. Два последних биотопа отличаются большим разнообразием видов гнездящихся птиц.

Таблица 1 – Статус пребывания и численность гнездящихся птиц природного заповедника «Опукский» и его окрестностей (по состоянию на 01.08.2021 г.)

№ п/п	Название вида	Статус пребывания вида по результатам учетов до 2021 года (данные автора)		Статус пребывания вида по аннотирован- ному списку 2011 года		Численность гнездящихся птиц
		заповед- ник	окрест- ности	заповед- ник	окрест- ности	
1	2	3	4	5	6	7
1. Отряд Курообразные Galliformes						
1	Серая куропатка <i>Perdix perdix</i>	Г	Г	Г	Г	О
2	Перепел <i>Coturnix coturnix</i>	Н	Г	Г	Г	РР
3	Фазан <i>Phasianus colchicus</i>	Г	Г	Г	Г	О
2. Отряд Гусеобразные Anseriformes						
4	Огарь* <i>Tadorna ferruginea</i>	Г	Г	Г	Г	Р
5	Пеганка <i>T. tadorna</i>	Г	Г	Г	Г	О
6	Кряква <i>Anas platyrhynchos</i>	Г	Г	Н	Г	О
7	Красноносый нырок <i>Netta rufina</i>	Н	Г	-	-	РРР
8	Красноголовый нырок <i>Aythya ferina</i>	Н	Г	Н	Н	О
3. Отряд Пеликанообразные Pelecaniformes						
9	Большой баклан <i>Phalacrocorax carbo</i>	Н	Г	Н	Н	О
10	Хохлатый баклан* <i>P. aristotelis</i>	Г	Н	Г	Н	РР
4. Отряд Аистообразные Ciconiiformes						
11	Большая выпь <i>Botaurus stellaris</i>	Н	Г	Н	Н	РРР
5. Отряд Поганкообразные Podicipediformes						
12	Малая поганка <i>Tachybaptus ruficollis</i>	Н	Г	Н	Г	РР
13	Чомга <i>Podiceps cristatus</i>	Н	Г	Н	Н	О
14	Черношейная поганка <i>P. nigricollis</i>	Н	Г	Н	Н	О
6. Отряд Соколообразные Falconiformes						
15	Степная пустельга* <i>Falco naumanni</i>	Г	Н	Г	Н	РРР
16	Пустельга <i>F. tinnunculus</i>	Г	Г	Г	Г	О
17	Кобчик* <i>F. vespertinus</i>	Н	Г	Н	Г	О
18	Чеглок <i>F. subbuteo</i>	Н	Г	Н	Н	Р
19	Балобан* <i>F. cherrug</i>	Г	Н	Г	Н	Р
20	Сапсан* <i>F. peregrinus</i>	Н	Н	Г	Н	РРР
21	Болотный лунь <i>Circus aeruginosus</i>	Г	Г	Н	Г	Р
22	Луговой лунь* <i>C. pygargus</i>	Н	Г	Н	Н	РР
23	Курганник* <i>Buteo rufinus</i>	Г	Г	-	-	РР
7. Отряд Журавлеобразные Gruiformes						
24	Красавка* <i>Anthropoides virgo</i>	Г	Г	Н	Г	О
25	Камышница <i>Gallinula chloropus</i>	Н	Г	Н	Г	Р
26	Лысуха <i>Fulica atra</i>	Н	Г	Н	Г	Р
27	Дрофа* <i>Otis tarda</i>	Г	Г	Г	Г	О
8. Отряд Ржанкообразные Charadriiformes						
28	Кулик-сорока* <i>Haematopus ostralegus</i>	Г	Г	Г	Г	РРР

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

1	2	3	4	5	6	7
29	Ходулочник* <i>Himantopus himantopus</i>	Г	Г	Н	Г	PP
30	Шилоклювка* <i>Recurvirostra avocetta</i>	Г	Г	Г	Г	PP
31	Чибис <i>Vanellus vanellus</i>	Г	Г	Г	Г	PP
32	Малый зуек <i>Charadrius dubius</i>	Г	Г	Г	Г	PP
33	Морской зуек* <i>C. alexandrinus</i>	Г	Н	Г	Г	PP
34	Травник <i>Tringa tetanus</i>	Г	Г	Г	Г	Р
35	Луговая тиркушка* <i>Glareola pratincola</i>	Г	Г	Н	Г	PPP
36	Хохотунья <i>Larus cachinnans</i>	Г	Г	Г	Г	PP
37	Средиземноморская чайка <i>L. michahellis</i>	Г	Н	-	-	Р
38	Черноголовая чайка <i>L. melanocephalus</i>	Г	Г	Н	Г	PPP
39	Морской голубок <i>L. genei</i>	Г	Г	Г	Г	Р
40	Чайконосная крачка <i>Gelochelidon nilotica</i>	Г	Г	Г	Г	О
41	Пестроногая крачка <i>Thalasseus sandvicensis</i>	Г	Г	Г	Н	ОО
42	Речная крачка <i>Sterna hirundo</i>	Г	Г	Г	Г	PP
43	Малая крачка* <i>S. albifrons</i>	Г	Г	Н	Н	PP
9. Отряд Голубеобразные Columbiformes						
44	Сизый голубь* <i>Columba livia</i>	Г	Г	Г	Г	Р
45	Вяхрь <i>C. palumbus</i>	Н	Г	Н	Г	Р
46	Горлица* <i>Streptopelia turtur</i>	Н	Г	Н	Г	PPP
10. Отряд Кукушкообразные Cuculiformes						
47	Кукушка <i>Cuculus canorus</i>	Н	Г	Н	Н	PP
11. Отряд Совеобразные Strigiformes						
48	Сипуха* <i>Tyto alba</i>	Н	Г	Н	Г	PPP
49	Домовый сыч <i>Athene noctua</i>	Г	Г	Г	Г	Р
50	Ушастая сова <i>Asio otus</i>	Г	Г	?	Г	Р
51	Болотная сова* <i>A. flammeus</i>	Г	Г	Н	Г	PP
12. Отряд Козодоеобразные Caprimulgiformes						
52	Козодой <i>Caprimulgus europaeus</i>	Г	Г	Г	Г	PP
13. Отряд Стрижеобразные Apodiformes						
53	Белобрюхий стриж <i>Apus melba</i>	Н	Н	Г	Н	PPP
54	Черный стриж <i>A. apus</i>	Н	Г	Г	Г	О
14. Отряд Ракшеобразные Coraciiformes						
55	Сизоворонка* <i>Coracias garrulus</i>	Г	Г	Г	Г	PP
56	Золотистая шурка <i>Merops apiaster</i>	Г	Г	Г	Г	Р
15. Отряд Птицы-носороги Bucerotiformes						
57	Удод <i>Upupa epops</i>	Г	Г	Г	Г	Р
16. Отряд Дятлообразные Piciformes						
58	Сирийский дятел <i>Dendrocopos syriacus</i>	Н	Г	-	-	PPP
17. Отряд Воробьеобразные Passeriformes						
59	Степной жаворонок <i>Melanocorypha calandra</i>	Г	Г	Г	Г	ООО
60	Малый жаворонок <i>Calandrella brachydactyla</i>	Г	Г	Г	Г	PP
61	Хохлатый жаворонок <i>Galerida cristata</i>	Н	Г	Г	Г	Р
62	Полевой жаворонок <i>Alauda arvensis</i>	Г	Г	Г	Г	О
63	Береговушка <i>Riparia riparia</i>	Н	Г	Н	Н	ОО
64	Деревенская ласточка <i>Hirundo rustica</i>	Г	Г	Г	Г	ООО
65	Полевой конек <i>Anthus campestris</i>	Г	Г	Г	Г	О
66	Черноголовая трясогузка <i>Motacilla feldegg</i>	Г	Г	Н	Н	Р
67	Белая трясогузка <i>M. alba</i>	Г	Г	Г	Г	PP
68	Черный дрозд <i>Turdus merula</i>	Г	Г	Г	Г	Р

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

1	2	3	4	5	6	7
69	Певчий дрозд <i>T. philomelos</i>	Г	Г	Н	Н	Р
70	Горихвостка-лысушка <i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Г	Г	Г	Г	О
71	Горихвостка-чернушка <i>P. ochruros</i>	Г	Г	Н	Н	О
72	Южный соловей <i>Luscinia megarhynchos</i>	Н	Г	Н	Н	Р
73	Луговой чекан <i>Saxicola rubetra</i>	Н	Г	Н	Н	РР
74	Западный черноголовый чекан <i>S. rubicola</i>	Г	Г	?	Г	РР
75	Каменка <i>Oenanthe oenanthe</i>	Г	Г	Г	Г	О
76	Каменка-плешанка <i>O. pleschanka</i>	Г	Г	Г	Г	Р
77	Черноухая каменка* <i>O. melanoleuca</i>	Г	Г	Г	Г	РРР
78	Серая мухоловка <i>Muscicapa striata</i>	Г	Г	Г	Г	РР
79	Соловьиный сверчок <i>Locustella luscinioides</i>	Н	Г	-	-	РРР
80	Индийская камышевка <i>Acrocephalus agricola</i>	Н	Г	-	-	РРР
81	Болотная камышевка <i>A. palustris</i>	Н	Г	Н	Г	РР
82	Тростниковая камышевка <i>A. scirpaceus</i>	Н	Г	-	-	РРР
83	Дроздовидная камышевка <i>A. arundinaceus</i>	Г	Г	Г	Г	Р
84	Славка-черноголовка <i>Sylvia atricapilla</i>	Г	Г	Н	Г	Р
85	Садовая славка <i>S. borin</i>	Г	Г	Н	Г	РР
86	Серая славка <i>S. communis</i>	Г	Г	Г	Г	Р
87	Усатая синица <i>Panurus biarmicus</i>	Н	Г	-	-	РР
88	Лазоревка <i>Parus caeruleus</i>	Н	Г	Н	Н	О
89	Большая синица <i>P. major</i>	Н	Г	Н	Н	ОО
90	Жулан <i>Lanius collurio</i>	Г	Г	Г	Г	О
91	Чернолобый сорокопуд <i>L. minor</i>	Г	Г	Г	Г	ОО
92	Сорока <i>Pica pica</i>	Г	Г	Г	Г	ОО
93	Галка <i>Corvus monedula</i>	Н	Г	Г	Г	О
94	Грач <i>C. frugilegus</i>	Н	Г	Н	Г	ОО
95	Серая ворона <i>Corvus cornix</i>	Г	Г	Г	Г	Р
96	Ворон <i>C. corax</i>	Г	Г	Г	Г	Р
97	Розовый скворец* <i>Pastor roseus</i>	Г	Г	Г	Г	ООО
98	Скворец <i>Sturnus vulgaris</i>	Г	Г	Г	Г	ООО
99	Домовый воробей <i>Passer domesticus</i>	Г	Г	Г	Г	ОО
100	Черногрудый воробей <i>P. hispaniolensis</i>	Н	Г	-	-	Р
101	Полевой воробей <i>P. montanus</i>	Г	Г	Н	Г	О
102	Зяблик <i>Fringilla coelebs</i>	Г	Г	?	Г	РР
103	Зеленушка <i>Chloris chloris</i>	Г	Г	Н	Г	РР
104	Щегол <i>Carduelis carduelis</i>	Г	Г	Г	Г	О
105	Коноплянка <i>Acanthis cannabina</i>	Г	Г	Г	Г	Р
106	Просянка <i>Miliaria calandra</i>	Г	Г	Г	Г	РР
107	Садовая овсянка <i>Granativora hortulana</i>	Г	Г	Г	Г	Р
108	Черноголовая овсянка* <i>G. melanocephala</i>	Г	Г	Г	Г	РР
109	Камышовая овсянка <i>Schoeniclus schoeniclus</i>	Н	Г	Н	Н	РР

Условные обозначения: статус пребывания: Г – гнездящийся, Н – не гнездится, ? – вероятно гнездится, - – вид не указан в аннотированном списке птиц [12]; численность гнездящихся птиц (пар): РРР – менее 10; РР – от 10 до 50; Р – от 50 до 100; О – от 100 до 200; ОО – от 200 до 1000; ООО – более 1000; * – вид занесен в Красную Книгу Республики Крым и/или Красную книгу РФ.

В составе гнездовой орнитофауны заповедника и окрестностей выделяются четыре из пяти экологических групп по типу гнездования птиц, выделенных В.П. Беликом [19]. Это дендрофилы, лимнофилы, кампофилы и склерофилы. Наличие прибрежно-аквального и

древесно-кустарникового комплексов способствует преобладанию лимнофильной и дендрофильной групп в структуре гнездовой фауны птиц исследуемой территории.

К лимнофилам относятся большее количество видов – 33 (30 % от всей гнездовой авифауны), к дендрофилам – 29 видов (27 %), а кампофилы и склерофилы отличаются меньшей репрезентативностью – 21 (19 %) и 26 (24 %) соответственно (рис. 1).

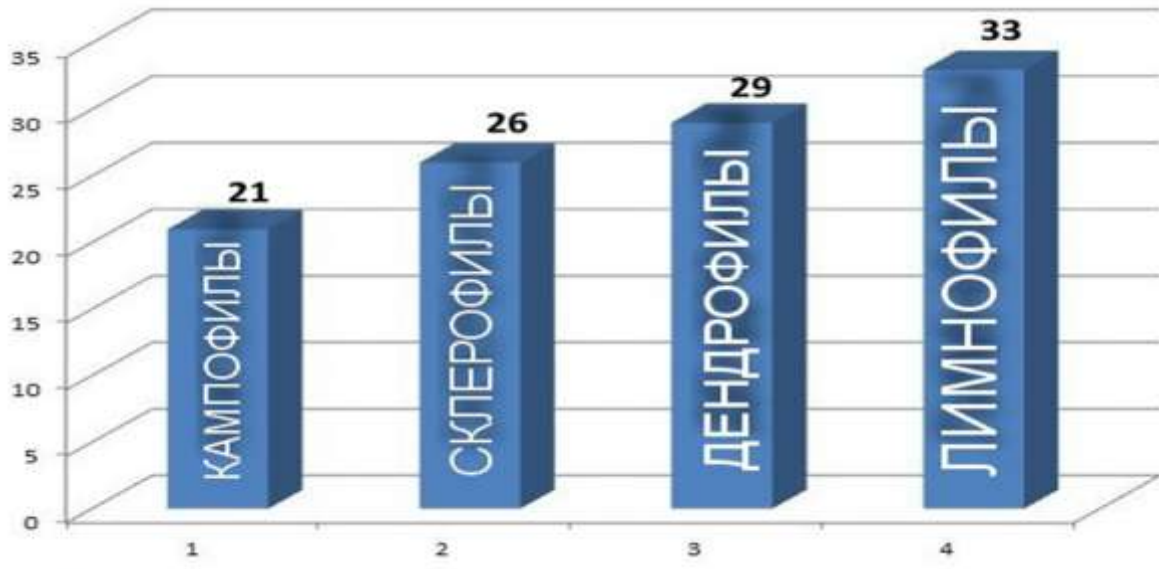


Рисунок 1 – Гистограмма экологических групп гнездовой орнитофауны природного заповедника «Опукский» и его окрестностей по типу гнездования [19]

Преобладающее количество в гнездовой орнитофауне принадлежит лимнофилам, так как значительная площадь и большое разнообразие прибрежных комплексов соленых озер создают хорошие условия для их обитания. Менее распространенными являются виды древесно-кустарникового яруса. Это связано с наличием древесно-кустарниковой растительности в окружении горы Опук. Большое влияние на разнообразие структуры гнездовой орнитофауны оказывают территории пересыпей с участками морского побережья, значительная площадь которых имеет слабо трансформированные участки псаммофитной растительности.

Метеоусловия играют важную роль для формирования популяций редких гнездящихся птиц. В гнездовой период 2011-2014 гг. было зарегистрировано уменьшение количества гнездящихся видов птиц на территории заповедника. В данные годы плотность гнездования птиц на площади Большой стенки (у плато горы Опук) составляло 0,05-0,3 гнезда/кв.м. Например, в 2021 году, после периода обильных кратковременных осадков, плотность гнездования на Большой стенке достигла 2-3 гнезда/кв.м, что бывает в годы массового гнездования розового скворца в этом биотопе. Большинство кладок птиц других экологических групп, особенно кампофилов и лимнофилов, были разрушены непогодой.

Охрана птиц открытых территорий существует только в пределах заповедной территории, где администрация заповедника поддержала организовать периоды «тишины». За пределами заповедника, на территории которого отсутствует буферная зона, происходит постоянное давление на гнездящихся птиц в связи с проводимыми видами деятельности: сельскохозяйственной, рекреационной и охотой. Важную роль для сохранения гнездящихся птиц могут оказать территории запаса бывшего полигона, часть которых может быть отнесена к общему, совместному пользованию, вместо распашки этих вторичных степных угодий.

Выводы

Таким образом, по данным учетов за 11 лет, гнездовой комплекс птиц горы Опук и ее окрестностей включает 109 видов (73 вида – в заповеднике и 102 вида – в окрестностях). В скальном биотопе горы Опук представлен наиболее полный комплекс скально-степных видов птиц в Крыму. Численность гнездящихся птиц на территории заповедника и его окрестностей: 15 видов – менее 10 пар; 30 видов – от 10 до 50 пар; 28 видов – от 50 до 100 пар; 25 видов – от 100 до 200 пар; 8 видов – от 200 до 1000 пар; 3 вида – более 1000 пар.

По типу гнездования экологические группы гнездовой орнитофауны природного заповедника «Опукский» и окрестностей представлены: лимнофилами – 33 (30 % от всей гнездовой авифауны), дендрофилами – 29 видов (27 %), кампофилами и склерофилами – 21 (19 %) и 26 (24 %) соответственно. За период исследования плотность гнездования птиц на площади Большой стенки (у плато горы Опук) составляла от 0,05 до 3 гнезд/кв.м.

Полученные результаты имеют практическую ценность для проведения мероприятий по охране редких гнездящихся птиц заповедника в условиях возрастания рекреационной нагрузки в летнее время, в частности для ограничения посещения мест обитания редких видов, установления режима «тишины» и расчета рекреационной нагрузки на экотропы заповедника.

Список литературы

1. Pusanow I.I. Versuch einer Revision der Taurischen Ornith. Bull. Soc. Nat. Moscou. 1933. vol. 42. no. 1. pp. 3-40.
2. Frank F. Die Vogel von Opuk (Schwarzmeer-Gebiet). Bonner zool. Beitrage. 1950. vol. 1 (2-4). pp. 144-214.
3. Бескаравайный М.М. Особенности биотопического распределения гнездящихся птиц Карадагского природного заповедника (Крым) // Экосистемы. 2021. № 27. С. 102-117.
4. Бескаравайный М.М. Роль и перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий, важных для сохранения орнитологического разнообразия Керченского полуострова (Крым) // Научные труды Государственного природного заповедника «Присурский». 2015. Т. 30. № 1. С. 38-43.
5. Ветров В.В., Милобог Ю.В., Стригунов В.И. Новые данные о редких и малочисленных птицах Крыма (по материалам экспедиций 2004 года) // Русский орнитологический журнал. 2014. Т. 23. № 1024. С. 2182-2185.
6. Волкова Н.А., Малько С.В. Современное состояние охотничьих ресурсов курообразных птиц в Республике Крым // Universum: химия и биология: электрон. науч. журн. 2017. № 4(34). [Электронный ресурс]. URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/4567> (дата обращения: 18.10.2021).
7. Гринченко А.Б. Новые данные о редких и исчезающих птицах Крыма // Русский орнитологический журнал. 2019. Т. 28. № 1740. С. 1034-1041.
8. Карякин И.В., Николенко Э.Г., Шнайдер Е.П. Балобан на полуострове Крым // Пернатые хищники и их охрана. 2015. № 31. С. 103-129.
9. Кучеренко В.Н., Баник М.В., Атемасов А.А., Вергелес Ю.И. Сообщества гнездящихся птиц пресных и слабосоленых водоемов Западного Крыма // Бранта: Сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. 2015. № 18. С. 75-89.
10. Кучеренко В.Н. Роль искусственных лесонасаждений в обеспечении сохранения редких видов птиц Крымского полуострова // Биологическое разнообразие и устойчивость лесных и урбоэкосистем: Первые междунар. чтения памяти Г.Ф. Морозова. Симферополь, 2019. С. 63-67.
11. Костин С.Ю., Бескаравайный М.М. Фауна и распределение гнездящихся птиц Опукского заповедника // Заповідна справа в Україні. 2002. Т. 8. № 1. С. 62-69.

12. Костин С.Ю., Бескаравайный М.М. Аннотированный список птиц Опуцкого природного заповедника // Научные записки природного заповедника Мыс Мартыан. 2011. № 2. С. 234-258.
13. Выработка приоритетов: новый подход к сохранению биоразнообразия в Крыму. Результаты программы «Оценка необходимости сохранения биоразнообразия в Крыму», осуществленной при содействии Программы поддержки биоразнообразия BSP. Вашингтон: BSP, 1999. 258 с.
14. Сикорский И.А. Дополнения к орнитофауне природного заповедника «Опуцкий» и сопредельных территорий // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Т. 6(72). № 3. С. 222-242. DOI: 10.37279/2413-1725-2020-6-3-225-245.
15. Сикорский И.А. К изучению орнитофауны морских гиперсоленых озер Восточного Крыма // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий. Т. 7: сборник статей VII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Сочи: ГКУ КК «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности», Донской издательский центр, 2020. С. 282-296.
16. Сикорский И.А. Современный состав орнитофауны Опуцкого заповедника и его окрестностей // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий. Т. 5: Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции. Сочи: ГКУ КК «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности», Донской издательский центр, 2018. С. 302-312.
17. Летопись природы заповедника «Опуцкий». Т. 21. Феодосия, 2019. С. 1-204.
18. Коблик Е.А., Архипов В.Ю. Фауна птиц стран Северной Евразии в границах бывшего СССР: списки видов // Зоологические исследования. 2014. № 14. 171 с.
19. Белик В.П. Биотопическое распределение и экологическая классификация животных // Чтения памяти профессора В.В. Станчинского. Смоленск, 1992. С. 13-16.

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

Поступила в редакцию 23.11.2021
Принята к публикации 20.06.2022

RESULTS OF NESTING AVIFAUNA CENSUS IN THE OPUKSKY NATURE RESERVE (FSBI “ZAPOVEDNY KRYM”) AND THE SURROUNDINGS

I. Sikorsky

Federal State Budgetary Institution “United Directorate of Protected Areas “Zapovedny Krym”,
Republic of Crimea, Russia, Yalta
e-mail: falco72@yandex.ru

Nesting birds were recorded on the territory of the Opuksky Nature Reserve (FSBI “Zapovedny Krym”) and in its vicinity during the breeding periods from 2011 to 2021. According to the study, 109 nesting bird species were noted. These species are representatives of 17 orders, of which 73 species (67 % of the total number of breeding birds) were nested on the territory of the Reserve, and 102 (94 %) – nested in the vicinity of the Reserve, respectively. Almost a third of the species (24 species) are rare, included in the Red Book of the Russian Federation and/or in the Red Book of the Republic of Crimea, but many of them are background by abundance.

Key words: Opuksky, abundance of bird species, route, ornithological complex, rare species.

References

1. Pusanow I.I. Versuch einer Revision der Taurischen Ornith. Bull. Soc. Nat. Moscou. 1933. vol. 42. no. 1. pp. 3-40.
2. Frank F. Die Vogel von Opuk (Schwarzmeer-Gebiet). Bonner zool. Beitrage. 1950. vol. 1 (2-4). pp. 144-214.
3. Beskaravainyi M.M. Osobennosti biotopicheskogo raspredeleniya gnezdyashchikhsya ptits Karadagskogo prirodnogo zapovednika (Krym). Ekosistemy. 2021. N 27. S. 102-117.
4. Beskaravainyi M.M. Rol' i perspektivy razvitiya seti osobo okhranyaemykh prirodnikh territorii, vazhnykh dlya sokhraneniya ornitologicheskogo raznoobraziya Kerchenskogo poluostrova (Krym). Nauchnye trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Prisurskii". 2015. T. 30. N 1. S. 38-43.
5. Vetrov V.V., Milobog Yu.V., Strigunov V.I. Novye dannye o redkikh i malochislennykh ptitsakh Kryma (po materialam ekspeditsii 2004 goda). Russkii ornitologicheskii zhurnal. 2014. T. 23. N 1024. S. 2182-2185.
6. Volkova N.A., Mal'ko S.V. Sovremennoe sostoyanie okhotnich'ikh resursov kuroobraznykh ptits v Respublike Krym. Universum: khimiya i biologiya: elektron. nauch. zhurn. 2017. N 4(34). [Elektronnyi resurs]. URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/4567> (data obrashcheniya: 18.10.2021).
7. Grinchenko A.B. Novye dannye o redkikh i ischezayushchikh ptitsakh Kryma. Russkii ornitologicheskii zhurnal. 2019. T. 28. N 1740. S. 1034-1041.
8. Karyakin I.V., Nikolenko E.G., Shnaider E.P. Baloban na poluostrove Krym. Pernatye khishchniki i ikh okhrana. 2015. N 31. S. 103-129.
9. Kucherenko V.N., Banik M.V., Atemasov A.A., Vergeles Yu.I. Soobshchestva gnezdyashchikhsya ptits presnykh i slabosolenykh vodoemov Zapadnogo Kryma. Branta: Cbornik nauchnykh trudov Azovo-Chernomorskoj ornitologicheskoi stantsii. 2015. N 18. S. 75-89.
10. Kucherenko V.N. Rol' iskusstvennykh lesonasazhdenii v obespechenii sokhraneniya redkikh vidov ptits Krymskogo poluostrova. Biologicheskoe raznoobrazie i ustoichivost' lesnykh i urboekosistem: Pervye mezhdunar. chteniya pamyati G.F. Morozova. Simferopol', 2019. S. 63-67.
11. Kostin S.Yu., Beskaravainyi M.M. Fauna i raspredelenie gnezdyashchikhsya ptits Opukskogo zapovednika. Zapovidna sprava v Ukraïni. 2002. T. 8. N 1. S. 62-69.
12. Kostin S.Yu., Beskaravainyi M.M. Annotirovannyi spisok ptits Opukskogo prirodnogo zapovednika. Nauchnye zapiski prirodnogo zapovednika Mys Mart'yan. 2011. N 2. S. 234-258.
13. Vyrabotka prioritetov: novyi podkhod k sokhranenyu bioraznoobraziya v Krymu. Rezul'taty programmy "Otsenka neobkhodimosti sokhraneniya bioraznoobraziya v Krymu", osushchestvlennoi pri sodeistvii Programmy podderzhki bioraznoobraziya BSP. Vashington: BSP, 1999. 258 s.
14. Sikorskii I.A. Dopolneniya k ornitofaune prirodnogo zapovednika "Opukskii" i sopredel'nykh territorii. Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya. 2020. T. 6(72). N 3. S. 222-242. DOI: 10.37279/2413-1725-2020-6-3-225-245.
15. Sikorskii I.A. K izucheniyu ornitofauny morskikh gipersolenykh ozer Vostochnogo Kryma. Ustoichivoe razvitie osobo okhranyaemykh prirodnikh territorii. T. 7: sbornik statei VII Vserossiiskoi (natsional'noi) nauchno-prakticheskoi konferentsii. Sochi: GUKU KK "Prirodnyi ornitologicheskii park v Imeretinskoi nizmennosti", Donskoi izdatel'skii tsentr, 2020. S. 282-296.
16. Sikorskii I.A. Sovremennyi sostav ornitofauny Opukskogo zapovednika i ego okrestnostei. Ustoichivoe razvitie osobo okhranyaemykh prirodnikh territorii. T. 5: Sbornik statei V Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Sochi: GUKU KK "Prirodnyi ornitologicheskii park v Imeretinskoi nizmennosti", Donskoi izdatel'skii tsentr, 2018. C. 302-312.
17. Letopis' prirody zapovednika "Opukskii". T. 21. Feodosiya, 2019. S. 1-204.

18. Koblik E.A., Arkhipov V.Yu. Fauna ptits stran Severnoi Evrazii v granitsakh byvshego SSSR: spiski vidov. Zoologicheskie issledovaniya. 2014. N 14. 171 s.
19. Belik V.P. Biotopicheskoe raspredelenie i ekologicheskaya klassifikatsiya zhivotnykh. Chteniya pamyati professora V.V. Stanchinskogo. Smolensk, 1992. S. 13-16.

Сведения об авторах

Игорь Анатольевич Сикорский

Научный сотрудник ФГБУ «Объединенная дирекция ООПТ «Заповедный Крым»

ORCID 0000-0002-6838-6187

Igor Sikorsky

Researcher, Federal State Budgetary Institution «United Directorate of Protected Areas
“Zapovedny Krym”

Для цитирования: Сикорский И.А. Результаты учетов гнездовой орнитофауны природного заповедника «Опукский» (ФГБУ «Заповедный Крым») и окрестностей // Вопросы степеведения. 2022. № 2. С. 36-46. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-2-36-46.

АДАПТАЦИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЙ К ИЗМЕНЯЮЩЕМУСЯ КЛИМАТУ В ЗОНЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНЫХ ВОЛГОГРАДСКОГО ПРИХОПЕРЬЯ

Ю.А. Гулянов

Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург

e-mail: orensteppe@mail.ru

В статье представлены данные, свидетельствующие о нарастающей засушливости климата в зонах озимого хлебосеяния Волгоградского Прихоперья, выражающейся в увеличении сумм активных температур на фоне снижающегося количества атмосферных осадков. Проанализирована динамика валовых сборов зерна за истекший тридцатидвухлетний период (1990-2021 гг.), выявлена его высокая временная изменчивость. Установлена наиболее сильная ($r = 0,90$) связь валовых урожаев с площадью сохранившихся к уборке продуктивных посевов и их урожайностью ($r = 0,77$), в свою очередь тесно связанных с метеорологическими параметрами. Выявлена прямая зависимость жизнеспособности посевов от количества атмосферных осадков, включая осадки холодного периода ($r = 0,54$) и обратная зависимость от сумм активных температур, наиболее выраженная в летний (апрель-июнь) период ($r = -0,63$). Аналогичные данные получены и в отношении урожайности – увеличение количества атмосферных осадков сопровождалось ее ростом ($r = 0,41$), а увеличение ресурсов активных температур – снижением ($r = -0,57$). На черноземах южных в фермерских хозяйствах Кумылженского района проведено сравнение различных технологических решений, направленных на нивелирование отрицательного воздействия на урожай повышающейся засушливости климата. Состояние агроценозов, оцененное по уровню развития биологической массы посредством нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), подтвердило более высокие перспективы реализации биологического потенциала возделываемых сортов при выращивании озимой пшеницы в севообороте, внедрении влагосберегающих приемов обработки почвы и посева на интенсивных минеральных фонах. Мониторинг климатических тенденций и в других регионах степной зоны России, научное обоснование и реализация адаптивных технологических решений, направленных на стабилизацию зернового производства, приобретает особую значимость в условиях современной разбалансированности мировой экономической системы. Эффективное решение этих задач будет способствовать не только поддержанию продовольственной безопасности населения, но и экологической стабильности уникальных степных экосистем.

Ключевые слова: степная зона, разбалансированность климата, продовольственная безопасность, озимая пшеница, адаптация агротехнологий, Волгоградское Прихоперье.

Введение

В юго-западных регионах степной зоны РФ производство продовольственного зерна, наряду с выращиванием овощей и фруктов, традиционно считается одним из приоритетных направлений сельского хозяйства. Здесь большие площади обрабатываемых сельскохозяйственных угодий ежегодно отводятся под посев пшеницы, ячменя, овса и других зерновых культур.

В Волгоградской области наибольшую долю в структуре посевных площадей занимает озимая пшеница, размещаемая ежегодно на площади более 1,0 млн га. Такое предпочтение связано с более эффективным использованием ее посевами позднеосенних и ранневесенних осадков, позволяющим получать весомые урожаи качественного зерна.

Продуктивность яровых культур и экономическая целесообразность их выращивания зачастую существенно лимитируется высоким термическим режимом и скудностью увлажнения летнего периода.

В условиях крайней разбалансированности и возросшей засушливости климата последних десятилетий урожайность и валовые сборы озимой пшеницы на зональных черноземных и каштановых почвах стали характеризоваться высокой изменчивостью.

Ретроспективный анализ истекшего двадцатидвухлетнего периода (2000-2021 гг.) выявил их вариабельность на уровне 20,8 % и 55,1 %. При средней за указанный период урожайности в 2,33 т/га размах ее вариации составил 1,95 т/га – от 1,34 т/га в 2010 г. до 3,29 т/га в 2017 г. Изменчивость валового урожая составила 3854,5 тыс. т – от 517,9 тыс. т в 2003 г. до 4372,4 тыс. т в 2017 г. [1]. Наиболее сильно ($r = 0,90$) валовые сборы зависели от площади сохранившихся к уборке продуктивных посевов (общей выживаемости) и их урожайности ($r = 0,77$), в свою очередь тесно связанных с метеорологическими параметрами.

На жизнеспособность посевов (сохранение площади посева, га) наибольшее прямое влияние оказывали атмосферные осадки, включая осадки холодного периода ($r = 0,54$). Влияние сумм активных температур оказалось обратным, наиболее выраженным в летний (апрель-июнь) период ($r = -0,63$). Аналогичная зависимость от метеорологических параметров выявлена и в отношении урожайности – увеличение количества атмосферных осадков сопровождалось ее ростом ($r = 0,41$), а увеличение ресурсов активных температур – снижением ($r = -0,57$). Примечательно, что и в осенний, и в весенне-летние периоды вегетации зависимость урожайности от метеорологических параметров оказалась близкой, что подтверждает их практически равную значимость в реализации биологического потенциала возделываемых сортов [2].

В обеспечении высокопродуктивной архитектуры пшеничных агроценозов очень важны условия осеннего периода вегетации (август-октябрь), благоприятные для формирования дружных и полных всходов, оптимального кущения и закалки растений [3]. Как мы уже отмечали в своих публикациях, только успешное прохождение осенних этапов органогенеза может способствовать легкой зимовке и высокой жизнеспособности озимой пшеницы [4, 5]. Как правило, такой исход наблюдается при благоприятном сочетании водного и температурного режимов почвы и воздуха при выращивании озимых культур на высоких агротехнических фонах в технологиях, адаптированных к климатическим реалиям [6]. Их внедрение, в отличие от традиционных ресурсозатратных приемов, зачастую оказывается решающим для закладки оптимальной плотности продуктивного стеблестоя и структуры колоса, формирования полновесного качественного зерна [7].

Отмечаемая в настоящее время повсеместно нарастающая засушливость климата [8, 9], выражающаяся в увеличении сумм активных температур на фоне снижающегося количества атмосферных осадков, отчетливо проявляется во многих регионах степной зоны России [10].

На сельскохозяйственных землях Волгоградского Прихоперья, традиционно считающегося территорией успешного озимого хлебосеяния, такие климатические изменения проявляются также регулярно. Это приводит к увеличению относительной доли лет с неблагоприятными гидротермическими условиями (по ГТК Селянинова), особенно в период осенней вегетации. Так, за 1990-2021 гг. (32 года) в 9 лет (28,2 %) гидротермическая характеристика периода август-октябрь соответствовала сухой, в 7 лет (22,0 %) – очень засушливой и в 10 лет (31,2 %) – засушливой. Доля лет с влажными и слабо засушливыми условиями указанного периода (по три года) составила в сумме только 18,6 % (табл. 1).

Таблица 1 – Гидротермическая характеристика наиболее вероятного периода осенней вегетации озимой пшеницы в зоне черноземов южных Волгоградского Прихоперья, 1990-2021 гг.

Период вегетации	Число лет, дифференцированных по величине ГТК Селянинова в осенний период / доля лет за анализируемый период (%)				
	Влажные (1,6-1,3)	Слабо засушливые (1,3-1,0)	Засушливые (1,0-0,7)	Очень засушливые (0,7-0,4)	Сухие (меньше 0,4)
август	1 / 3,1		3 / 9,3	10 / 31,2	18 / 56,4
сентябрь	8 / 25,0	2 / 6,3	6 / 18,7	3 / 9,3	13 / 40,7
октябрь	12 / 37,7	3 / 9,3	3 / 9,3	8 / 25,0	6 / 18,7
август - октябрь	3 / 9,3	3 / 9,3	10 / 31,2	7 / 22,0	9 / 28,2

Наиболее сухими месяцами осенней вегетации являются август и сентябрь с долей гидротермических условий, характеризующихся как засушливые, очень засушливые и сухие, на уровне 96,9-68,7 %. Как правило, именно в этот период осуществляется посев озимой пшеницы, появляются всходы, проходит закалка растений и происходит закладка репродуктивных органов, т.е. формируется основа будущего урожая. Недостаток почвенной влаги в этот период на фоне высокой солнечной инсоляции может значительно снизить дружность и полноту всходов, привести к высокой гетерогенности фитомассы, запозданию в развитии растений на особенно иссушенных участках поля, ухудшить их подготовку к зиме и значительно повысить гибель в зимний период.

Вполне очевидно, что вышедшие из зимовки ослабленные или изреженные посевы будут способны обеспечить только очень низкий уровень реализации биологического потенциала, а в отдельные годы, с особенно засушливым летом, могут не сформировать зерна совсем. Чаще всего ощутимые потери урожая происходят при игнорировании очевидных законов земледелия и климатических изменений, применении технологий, основанных на традиционных влагорасточительных подходах (глубокая обработка почвы, оголенная поверхность поля), нарушении севооборотов, использовании низкокачественных семян и неустойчивых к засухе сортов, исключении удобрений, применении устаревшей сельскохозяйственной техники и отсутствии элементарного агрономического сопровождения (рис. 1).



Рисунок 1 – Чрезвычайно низкая полнота всходов (октябрь, 2020 г.) и изреженность стеблестоя (апрель, 2021 г.) озимой пшеницы при традиционных влагорасточительных приемах обработки черноземов южных в условиях засухи, Кумылженский район, Волгоградская область

В этой связи определение направленности и степени влияния климатических изменений на продукционный процесс и реализацию биологического потенциала озимой пшеницы является актуальным научным направлением, а разработка технологических приемов, нивелирующих это влияние и повышающих стабильность зернового производства, имеет стратегическое значение для укрепления продовольственной безопасности населения.

Основная цель исследований заключалась в актуализации климатических изменений осеннего периода вегетации озимой пшеницы, их влияния на продуктивность фитомассы и выявлении влагосберегающих технологических подходов, направленных на повышение устойчивости пшеничных агроценозов в условиях дефицита влаги на черноземах южных Волгоградского Прихопья.

Для достижения намеченных результатов были сформулированы следующие задачи:

- провести ретроспективный анализ (1990-2021 гг.) гидротермических условий наиболее вероятного периода осенней вегетации озимой пшеницы, выявить тенденции изменения (тренд) атмосферного увлажнения и термического режима воздуха;
- оценить вариабельность урожайности и валовых сборов зерна и определить их связь с гидротермическими условиями вегетационного периода;
- актуализировать основные проблемы, связанные с формированием оптимальной архитектоники пшеничных агроценозов в осенний период, снижающие их устойчивость и продуктивность;
- оценить перспективность различных технологических решений, направленных на нивелирование отрицательного воздействия на урожай повышающейся засушливости климата, по уровню развития биомассы современными инструментальными методами.

Материалы и методы

Предметом исследований выступали сведения о площадях посева, уборки, урожайности и валовых сборах зерна озимой пшеницы в административных районах Волгоградской области за 1990-2021 гг., размещенные в Единой информационно-статистической системе РФ (ЕМИСС) [1].

В качестве наземной метеорологической информации использовали данные метеорологической станции Росгидромета, расположенной в населенном пункте Серафимович [11, 12]. Они представляют собой временные ряды среднесуточных и среднемесячных значений температуры воздуха, суточных и месячных сумм осадков за каждый анализируемый год.

Объектом полевых исследований, проведенных в 2017-2021 гг. на черноземах южных Кумылженского района Волгоградской области, служили различные технологические подходы, практикуемые фермерскими хозяйствами при выращивании озимой пшеницы, включающие структуру посевных площадей, особенности построения севооборотов и подготовки почвы, представляющие определенный интерес для нивелирования отрицательного воздействия на урожай повышающейся засушливости климата.

Адаптивность различных технологических решений к условиям меняющегося климата оценивали по уровню развития биологической массы озимой пшеницы в различные периоды вегетации, начиная с осеннего. Контроль за ходом формирования фитомассы осуществляли путем измерения нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) портативным ручным сенсором Green Seeker, Model HCS-100 с активным оптическим датчиком по фиксированному маршруту, закрепленному точками.

Математическую обработку статистических и аналитических данных проводили стандартными методами корреляционного и регрессионного анализа [13]. Для оценки силы связи между данными отдельных массивов, имеющими нормальное распределение, использовали коэффициент корреляции Пирсона (r) [14]. Для более точной оценки силы

корреляционной связи пользовались интерпретацией абсолютных значений r по Чеддоку [15]. При значениях коэффициента корреляции (r) от 0,1 до 0,3 корреляционную зависимость считали слабой, от 0,3 до 0,5 – средней умеренной, от 0,5 до 0,7 – средней заметной, от 0,7 до 0,9 – сильной высокой и от 0,9 до 0,99 – сильной весьма высокой.

Результаты и обсуждение

Территория Кумылженского района представляет из себя преимущественно сельскохозяйственную зону области, ориентированную на производство зерновых и технических культур, с приоритетом озимой пшеницы. Под урожай 2022 года ею засеяно 46,5 тыс. га. Из культур ярового сева, размещенных на площади 34,3 тыс. га, 10,9 тыс. га отведено под зерновые культуры, 22,9 тыс. га – под технические (преимущественно подсолнечник) и 550 га – под овощи и бахчевые культуры.

При благоприятном сочетании технологических приемов и метеорологических условий озимая пшеница нередко формирует урожай, приближающийся к 5,0 т/га. При традиционном для этих мест преимущественном выпадении осадков в теплый период года, в отличие от регионов Южного Урала, даже при близком годовом количестве атмосферных осадков (380-420 мм), риски «списания» озимых полей ввиду формирования экономически нецелесообразной продуктивности здесь значительно ниже.

В то же время коснувшееся и этих территорий глобальное изменение климата требует совершенствования технологических подходов, направленных прежде всего на более рациональное расходование влаги на формирование урожая.

Климатические изменения коснулись как количества и периодичности выпадения атмосферных осадков, так и температурного режима воздуха (табл. 2).

Таблица 2 – Современное состояние метеорологических параметров в Волгоградском Прихоперье, 1990-2021 гг.

Метеорологические параметры	Абсолютные значения (А), коэффициент вариации (V) и изменение (тренд) абсолютных значений метеорологических параметров					
	август-октябрь		август		сентябрь	
	А / V, %	тренд	А / V, %	тренд	А / V, %	тренд
Атмосферные осадки, мм	96/50,6	-21	28/69,2	-19	43/88,4	-12
Температура воздуха, °С	15,6/14,1	+2,6	22,5/9,3	+4,1	15,7/12,7	+2,6
Сумма активных температур, °С	1397/9,4	+248	696/9,3	+123	471/12,6	+77
ГТК Селянинова	0,69/55,4	-0,28	0,41/75,1	-0,37	0,92/95,6	-0,51

В среднем за тридцатидвухлетний период наблюдений (1990-2021 гг.) среднегодовое количество осадков составило 429 мм и характеризовалось высокой изменчивостью, с коэффициентом вариации 26,0 %. Большая их часть (255 мм или 59,4 %) выпадала в период активных температур (период со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С), этот же период отличался и более высокой нестабильностью атмосферного увлажнения, с коэффициентом вариации 34,5 %. Доля осадков, отмеченных в холодный период года, составила 40,6 % (174 мм), а их изменчивость по годам оказалась равной 30,8 %.

Особенностью климатических тенденций данного периода стал положительный тренд атмосферных осадков, составивший 84 мм в целом за год, из которых только 21 мм (25,0 %) отмечен в период активных температур и 63 мм (75,0 %) – в холодный период года. При этом атмосферное увлажнение наиболее вероятного периода осенней вегетации озимой пшеницы еще более ухудшилось. Этот период характеризовался сравнительно скудными осадками,

составившими только 22,3 % от их годового количества, а их изменчивость по годам оказалась самой высокой. В дополнение к этому выявлена отрицательная направленность их изменения, составившая 21 мм или 21,8 %, что значительно снизило благоприятность климата для высокой реализации биологического потенциала полевых культур.

Следует подчеркнуть еще, что самое значительное сокращение количества атмосферных осадков, составившее 19 мм (40,4 %) отмечено в августе, на 12 мм (21,8 %) их стало меньше выпадать в сентябре, и только в октябре наметилась тенденция их заметного роста – на 10 мм или 28,5 %.

Термический режим исследуемого периода характеризовался значительным ростом среднегодовой температуры воздуха. При средних значениях 8,7 °С ее прирост составил 2,3 °С. В наиболее вероятный период осенней вегетации озимой пшеницы увеличение среднемесячной температуры воздуха составило 2,6 °С. Месяцем с самой высокой среднесуточной температурой воздуха (22,5 °С) и самым высоким ее увеличением (на 4,1 °С) стал август. Положительный тренд среднесуточной температуры воздуха наблюдался и в октябре (+1,2 °С) и даже в ноябре (+2,0 °С), с положительной среднемесячной температурой (8,6 и 1,0 °С соответственно).

Следствием увеличившейся среднесуточной и среднемесячной температуры воздуха стало достаточно существенное повышение сумм активных температур, составившее в целом за август-октябрь 248 °С (17,7 %), из которых прирост в 123 °С наблюдался в августе, 77 °С – в сентябре и 48 °С – в октябре.

Отмеченное совокупное изменение метеорологических параметров, выразившееся в уменьшении ресурсов атмосферного увлажнения и нарастании ресурсов тепла, сопровождалось снижением общей гидротермической оценки условий осеннего периода вегетации. Так ГТК Селянинова в целом за август-октябрь в среднем за исследуемый период оказался равен 0,69 единиц, что характеризует условия увлажнения как пограничные, между засушливыми и очень засушливыми. Его снижение за 32 года составило 0,28 единиц. Самое существенное снижение ГТК отмечено в сентябре (на 0,51 единицу), а самые низкие его значения – в августе (0,41 единица), условия увлажнения которого вплотную приблизились к оценке сухие (при ГТК ниже 0,4 единиц).

Как показали наши наблюдения, отмеченные климатические тенденции значительно усложняют получение полноценных всходов озимых культур и повышают требовательность к подбору технологических приемов, способствующих более рациональному расходованию влаги за счет сведения к минимуму ее непродуктивных потерь, связанных, прежде всего, с испарением с незащищенной поверхности поля. Неоспоримо возделывание озимой пшеницы в севообороте, использование мелких обработок почвы без оборота пласта, как можно долгое содержание почвы под пологом культурных растений или пожнивными остатками, использование высококачественных семян засухоустойчивых сортов, компенсация выноса элементов минерального питания внесением минеральных удобрений, внедрение инновационных приемов контроля с элементами цифровых технологий.

В наших исследованиях наиболее дружные и полные всходы озимой пшеницы за период, характеризовавшийся достаточно изменчивыми метеорологическими условиями (рис. 2), получены при возделывании озимой пшеницы в четырехпольном зернопаровом севообороте (пар – озимая пшеница – яровая пшеница твердая – яровая пшеница мягкая).

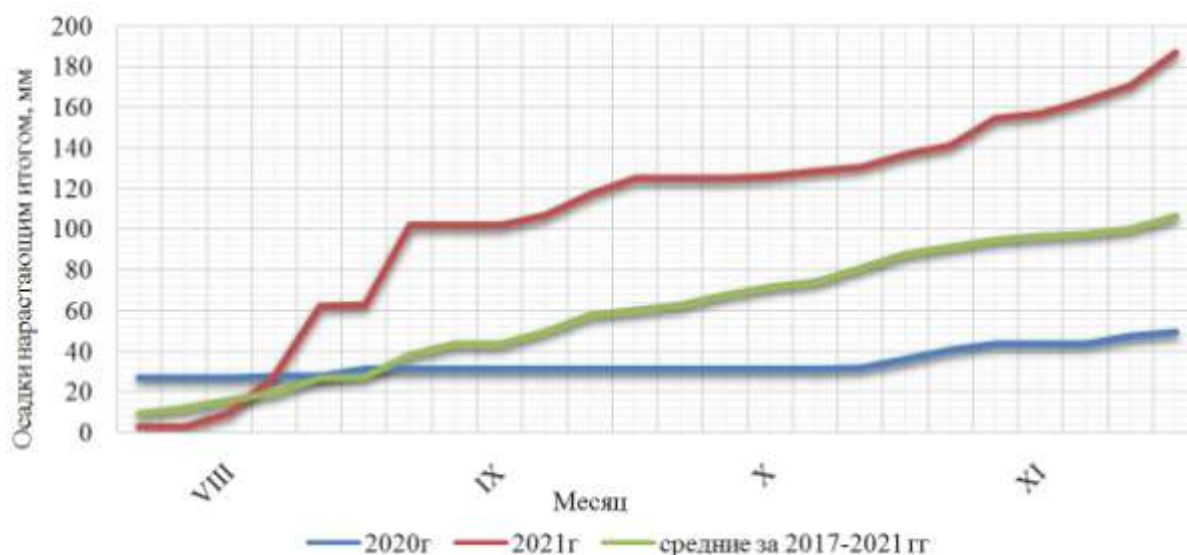


Рисунок 2 – Динамика атмосферного увлажнения осеннего периода вегетации озимой пшеницы в период исследований, 2017-2021 гг.

Эксперимент предполагал уборку на высоком срезе, покрытие поверхности поля соломой и пожнивными остатками, поверхностную обработку почвы дисковыми орудиями (на 5-7 см) с созданием почвенно-соломенного мульчирующего слоя, посев сеялками прямого посева (с анкерными или дисковыми сошниками) нормой 500 всхожих семян/м² с одновременным внесением 100 кг/га комплексных минеральных удобрений (NPK) в физическом весе и раннюю весеннюю подкормку мочевиной (озимая пшеница), в дозе 30 кг/га действующего вещества (рис. 3).



а

б

Рисунок 3 – Состояние поверхности поля после уборки яровой пшеницы мягкой (а, октябрь 2020 г.) и начальное развитие озимой пшеницы осенью 2021 г. (б)

В фазу полного осеннего кущения в среднем за пять лет наблюдений полнота всходов составила 92,8 %, на каждом квадратном метре посева насчитывали от 440 до 460 растений, имеющих по 3-5 полноценных побега кущения.

При размещении озимой пшеницы в четырехпольном зернопаровом севообороте с подсолнечником (пар – озимая пшеница – яровая пшеница мягкая – подсолнечник) результаты оказались ниже. И хотя эксперимент также предполагал уборку озимой и яровой пшеницы на высоком срезе, покрытие поверхности поля их соломой и пожнивными

остатками, аналогичную поверхностную обработку почвы дисковыми орудиями (на 5-7 см) с созданием почвенно-соломенного мульчирующего слоя и аналогичный посев сеялками прямого посева такой же нормой всхожих семян с использованием минеральных удобрений, дружность, полнота всходов и плотность кущения к завершению осенней вегетации уступали первому варианту (рис. 4).



а

б

Рисунок 4 – Состояние поверхности поля после уборки подсолнечника и поверхностной обработки почвы дисковыми орудиями (а, октябрь 2020 г.) и осеннее развитие озимой пшеницы (б, октябрь 2021 г.)

В данном эксперименте полнота всходов составила в среднем 85,8 %. Число растений на каждом квадратном метре посева изменялось от 410 до 430 штук, имеющих до трех-четырех побегов кущения. Самые изреженные и недружные всходы были получены при глубокой осенней обработке отведенного под пар поля яровой пшеницы мягкой (в севообороте с яровой пшеницей твердой) и подсолнечника (в севообороте с подсолнечником), многократной послойно-поверхностной обработке парового поля в течение лета, посеве дисковыми сеялками при аналогичных нормах семян и удобрений. Полнота всходов в среднем за пять лет составила только 60,2-56,8 %. К завершению осенней вегетации на этих полях насчитывали по 280-300 практически не раскустившихся растений. Их всходы очень сильно затягивались, переходили на конец сентября – начало октября и чаще всего приурочивались к выпадению осадков, поскольку влаги в корнеобитаемом слое почвы к моменту посева в большинстве лет было недостаточно для активного старта. В отдельные крайне засушливые годы, такие как 2020 год, когда за период август-октябрь отмечено только 49,1 мм осадков, из которых 27,3 мм (55,6 %) выпало одномоментно в виде ливня 1 августа и 0,8 мм 2 августа, а в последующем до конца ноября не отмечалось ни одного агрономически ценного (не менее 10 мм) дождя, для прорастания семян при таком наборе технологических приемов сложились крайне неблагоприятные условия. Всходов не было получено практически совсем (рис. 1), поскольку перепадавшие с интервалами в 10-53 дня несущественные осадки по 0,4-3,4 мм общим количеством 21,8 мм (рис. 2) существенного повышения влажности почвы не обеспечили.

Представляется целесообразным отметить практикуемое в зоне исследований в годы с достаточной влагообеспеченностью почвы к моменту посева и оптимистичными прогнозами осеннего увлажнения размещение (на небольших площадях) озимой пшеницы по непаровым предшественникам (по яровой пшенице или подсолнечнику), после обработки почвы дисковыми орудиями и врезания в почву семян сеялками с анкерными сошниками ближе к октябрю, когда на полях августовского или сентябрьского посева растения озимой пшеницы находятся уже в фазе кущения (рис. 5).



а



б

Рисунок 5 – Визуализация поверхности поля после разделки растительных остатков подсолнечника и посева озимой пшеницы (а, октябрь 2021 г.) и его состояние весной следующего года (б, май 2022 г.)

Такие посевы, «по припашке», формирующие очень поздние и зачастую недостаточно жизнеспособные всходы, не отличающиеся высокой продуктивностью, подразумеваются, прежде всего, как экономическое подспорье и выступают в роли полупара, обрабатываемого и засеваемого повторно озимой пшеницей уже по традиционной схеме. Широкое распространение таких технологических упрощений сдерживается непредсказуемостью осеннего увлажнения, высокими рисками неполучения всходов и высокой засоренностью посевов, в том числе падалицей подсолнечника, предполагающей дополнительные затраты на гербицидные обработки.

Весеннее состояние агроценозов, оцененное по уровню развития биологической массы посредством нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), подтвердило более высокие перспективы реализации биологического потенциала возделываемых сортов при выращивании озимой пшеницы в севообороте, внедрении влагосберегающих приемов обработки почвы и посева на интенсивных минеральных фонах (рис. 6).



Рисунок 6 – Динамика нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) по элементарным участкам агроценоза озимой пшеницы при различных технологических подходах, средние за 2017-2021 гг.

Урожайные данные подтвердили результаты наших предшествующих исследований, проведенных и в других регионах степной зоны России [5], свидетельствующие, что при значениях NDVI в период максимального развития надземной биомассы (фазы выхода в трубку – колошения) на уровне 0,84-0,86 единиц полнота реализации биологического потенциала возделываемых сортов и биоклиматического потенциала территории может составить 80-90 %. На черноземах южных Волгоградского Прихоперья при использовании высокопродуктивных сортов это может соответствовать урожайности зерна в 5,0-6,0 т/га.

В заключение следует отметить, что мониторинг климатических тенденций в степной зоне России, научное обоснование и реализация адаптивных технологических решений, направленных на стабилизацию зернового производства, приобретает особую значимость в условиях современной разбалансированности мировой экономической системы. Эффективное решение этих задач будет способствовать не только поддержанию продовольственной безопасности населения, но и экологической стабильности уникальных степных экосистем.

Выводы

Зона озимого хлебосеяния Волгоградского Прихоперья характеризуется высокой разбалансированностью и нарастающей засушливостью климата, сопровождающейся высокой изменчивостью валовых сборов зерна. В большей степени их величина зависит от площади сохранившихся к уборке продуктивных посевов и их урожайности, тесно связанных с метеорологическими параметрами. Перспективы стабилизации производства зерна и более высокой реализации биологического потенциала возделываемых сортов в сложившихся условиях могут быть связаны с выращиванием озимой пшеницы в севообороте, внедрении влагосберегающих приемов обработки почвы и посева на интенсивных минеральных фонах.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках НИР ОФИЦ УрО РАН (ИС УрО РАН) «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» № ГР АААА-А21-121011190016-1.

Список литературы

1. ЕМИСС. Государственная статистика. Валовой сбор сельскохозяйственных культур. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30950> (дата обращения: 03.06.2022).
2. Толстопятова О.С., Голованова Е.В., Толстопятов С.Н. Зависимость урожайности основных сельскохозяйственных культур Белгородской области от климатических показателей // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 11(21). С. 141-147.
3. Хрипунов А.И., Общия Е.Н., Морозов Н.А. Влияние агрометеорологических условий осеннего периода на начальный рост, развитие и урожайность озимой пшеницы по различным предшественникам в засушливой зоне Ставрополья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3(77). С. 64-67.
4. Гулянов Ю.А. Адаптация приемов возделывания озимой пшеницы к климатическим особенностям // Земледелие. 2004. № 4. С. 28-29.
5. Гулянов Ю.А. Возможности интеллектуальных цифровых технологий в экологизации ландшафтно-адаптивного земледелия степной зоны // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 4(78). С. 8-11.

6. Крохмаль А.В., Грабовец А.И. Показатели адаптивности сортов озимого тритикале в условиях усиления аридности климата на северо-западе Ростовской области // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 44-48.
7. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A., Levykin S.V., Silantieva M.M., Kazachkov G.V., Sokolova L.V. Ecological-based adaptation of agriculture to the soil and climatic conditions in Russian steppe // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. vol. 9(3). pp. 393-398.
8. Arora N.K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions // Environmental Sustainability. 2019. no. 2. pp. 95-96.
9. Powell J.P., Reinhard S. Measuring the effects of extreme weather events on yields // Weather and climate Extremes. 2016. no. 12. pp. 69-79.
10. Поварницына А.В., Савин М.И. Влияние изменения климата на мировое сельское хозяйство // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 84-1. С. 152-167.
11. Специализированные массивы для климатических исследований. [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (дата обращения: 05.06.2022).
12. Погода и климат. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 03.06.2022).
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
14. Pearson K. Note on regression and inheritance in the case of two parents // Proceedings of the Royal Society of London. 1895. vol. 58. no. 347-352. pp. 240-242.
15. Chaddock R.E. Principles and Methods of Statistics. Houghton Mifflin, 1925. [Электронный ресурс]. URL: https://books.google.ru/books/about/Principles_and_methods_of_statistics.html?id=otVfAAAAIAAJ&redir_esc=y (дата обращения: 15.05.2022).

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

Поступила в редакцию 03.06.2022

Принята к публикации 20.06.2022

ADAPTATION OF AGRICULTURAL TECHNOLOGIES TO A CHANGING CLIMATE IN THE CHERNOZEM ZONE OF THE SOUTHERN VOLGOGRAD KHOPER REGION

Yu. Gulyanov

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

The article presents data that testify to the growing aridity of the climate in the winter grain sowing zones of the Volgograd Khoper region, which is expressed in an increase in the sums of active temperatures on the background of a decreasing amount of precipitation. The dynamics of gross grain harvests over the past thirty-two years (1990-2021) have been analyzed, and its high temporal variability has been revealed. The strongest ($r = 0.90$) relationship between gross yields and the area of productive crops preserved for harvesting and their productivity ($r = 0.77$) was revealed, which, in turn, is closely related to meteorological parameters. Direct dependence of the viability of crops on the amount of precipitation, including precipitation of the cold period ($r = 0.54$) and an inverse dependence on the sum of active temperatures, more expressed in the summer (April-June) period ($r = -0.63$), was revealed. Similar data were obtained concerning productivity – an increase in the amount of precipitation was accompanied by its raise ($r = 0.41$), and an increase in active temperature resources was accompanied by a decrease ($r = -0.57$). On the southern chernozems in farms of the Kumylzhensky district, various technological solutions aimed

at leveling the negative impact of increasing aridity on the crop were compared. The state of agrocenoses, assessed by the level of development of biological mass using the normalized difference vegetation index (NDVI), confirmed higher prospects for realizing the biological potential of cultivated varieties under growing winter wheat in crop rotation, introducing moisture-saving methods of tillage, and sowing on intensive mineral backgrounds. Monitoring climate trends in other regions of the steppe zone of Russia, scientific substantiation, and implementation of adaptive technological solutions aimed at stabilizing grain production, is of particular importance in the current imbalance of the world economic system. The effective solution to these problems will contribute not only to maintaining the food security of the population but also to the ecological stability of the unique steppe ecosystems.

Key words: steppe zone, climate imbalance, food security, winter wheat, adaptation of agricultural technologies, Volgograd Prikhopye.

References

1. EMISS. Gosudarstvennaya statistika. Valovoi sbor sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30950> (data obrashcheniya: 03.06.2022).
2. Tolstopyatova O.S., Golovanova E.V., Tolstopyatov S.N. Zavisimost' urozhainosti osnovnykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur Belgorodskoi oblasti ot klimaticheskikh pokazatelei. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2019. N 11(21). S. 141-147.
3. Khripunov A.I., Obshchiya E.N., Morozov N.A. Vliyanie agrometeorologicheskikh uslovii osennego perioda na nachal'nyi rost, razvitie i urozhainost' ozimoi pshenitsy po razlichnym predshestvennikam v zasushlivoi zone Stavropol'ya. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. N 3(77). S. 64-67.
4. Gulyanov Yu.A. Adaptatsiya priemov vozdeleyvaniya ozimoi pshenitsy k klimaticheskim osobennostyam. *Zemledelie*. 2004. N 4. S. 28-29.
5. Gulyanov Yu.A. Vozmozhnosti intellektual'nykh tsifrovyykh tekhnologii v ekologizatsii landshaftno-adaptivnogo zemledeliya stepnoi zony. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. N 4(78). S. 8-11.
6. Krokhmal' A.V., Grabovets A.I. Pokazateli adaptivnosti sortov ozimogo tritikale v usloviyakh usileniya aridnosti klimata na severo-zapade Rostovskoi oblasti. *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2022. N 3. S. 44-48.
7. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A., Levykin S.V., Silantieva M.M., Kazachkov G.V., Sokolova L.V. Ecological-based adaptation of agriculture to the soil and climatic conditions in Russian steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. vol. 9(3). pp. 393-398.
8. Arora N.K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*. 2019. no. 2. pp. 95-96.
9. Powell J.P., Reinhard S. Measuring the effects of extreme weather events on yields. *Weather and climate Extremes*. 2016. no. 12. pp. 69-79.10.
10. Povarnitsyna A.V., Savin M.I. Vliyanie izmeneniya klimata na mirovye sel'skoe khozyaistvo. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2022. N 84-1. S. 152-167.
11. Spetsializirovannyye massivyy dlya klimaticheskikh issledovaniy. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (data obrashcheniya: 05.06.2022).
12. Pogoda i klimat. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (data obrashcheniya: 03.06.2022).
13. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
14. Pearson K. Note on regression and inheritance in the case of two parents. *Proceedings of the Royal Society of London*. 1895. vol. 58. no. 347-352. pp. 240-242.

15. Chaddock R.E. Principles and Methods of Statistics. Houghton Mifflin, 1925. [Elektronnyi resurs]. URL: https://books.google.ru/books/about/Principles_and_methods_of_statistics.html?id=otVfAAAAIAAJ&redir_esc=y (data obrashcheniya: 15.05.2022).

Сведения об авторах:

Юрий Александрович Гулянов

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

ORCID 0000-0002-5883-349X

Yuriy Gulyanov

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. Адаптация агротехнологий к изменяющемуся климату в зоне черноземов южных Волгоградского Прихоперья // Вопросы степеведения. 2022. № 2. С. 47-59. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-2-47-59.

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ОСУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.А. Волчек, В.В. Борушко

УО «Брестский государственный технический университет», Беларусь, Брест

e-mail: vadim79@tut.by

В статье приведены результаты моделирования распространения тепла в минеральных почвах при различных нормах осушения. Предложенная методика позволяет, используя математическое моделирование, получить температурный профиль почв, что положено в основу оценки изменения температурного и теплового режимов естественных и осушенных почв Белорусского Полесья. Полученные в работе результаты могут быть использованы при управлении водным режимом мелиорированных земель.

Ключевые слова: Белорусское Полесье, лесостепь, дерново-подзолистая почва, мелиорация, температура, теплоемкость, количество теплоты.

Введение

Белорусское Полесье в силу своего географического положения характеризуется самой высокой в Беларуси теплообеспеченностью и продолжительностью вегетационного периода. В данном регионе, как и на всей территории страны, с конца 1980-х гг. отмечаются заметные изменения климата [1, 2], связанные в первую очередь с ростом температуры воздуха. Это приводит к изменению агроклиматических показателей. Среди них прежде всего следует отметить трансформацию границ агроклиматических областей: Северная агроклиматическая область распалась, Центральная и Южная агроклиматические области сместились на север, а на юге Полесья образовалась более теплая Новая агроклиматическая область [3, 4], с некоторыми элементами лесостепной зоны, в частности изменился гидротермический коэффициент, появились новые представители фауны и флоры, ранее не встречавшиеся на данной территории. Появилась возможность выращивать новые теплолюбивые сельскохозяйственные культуры, что требует пересмотра структуры севооборотов, внедрения новых сельскохозяйственных технологий и т.д.

Уменьшение количества осадков за последние десятилетия на станции Полесская, расположенной на территории Лунинецкого болотного массива, и на близлежащих станциях позволяет сделать вывод, что проведение мелиоративных работ на больших площадях (Лунинецкий болотный массив, станция Полесская), повлекшее уменьшение лесистости и шероховатости подстилающей поверхности, приводит к увеличению скорости ветра и снижению количества осадков, особенно в холодный период [5].

Проведенные крупномасштабные мелиорации Белорусского Полесья во второй половине XX века успешно решили задачу комплекса организационно-хозяйственных и технических мероприятий для обеспечения производства сельскохозяйственной продукции и оптимизации водно-воздушного режима. Как показала практика, проведенные мелиоративные мероприятия в целом решили поставленные перед ними задачи, но оказали существенное влияние на природные экосистемы, в том числе, и на тепловой режим территорий.

Тепловой режим, наряду с водно-воздушным, определяет, главным образом, сельскохозяйственную продуктивность земель. По этой причине изучение закономерностей формирования теплового режима почв является одной из актуальных задач земледелия.

Целенаправленное регулирование данного процесса будет способствовать повышению урожайности и улучшению качества возделываемых сельскохозяйственных культур.

Несмотря на то, что микроклимат оказывает существенное влияние на рост сельскохозяйственных культур и их урожайность, в настоящее время недостаточно внимания уделяется этому фактору. Как правило, рассматриваются вопросы о внесении удобрений, об использовании новых сортов, средств борьбы с сорной растительностью и т. д. [6-8].

В пределах Белорусского Полесья осушенные земли занимают 8731,4 тыс. га, что составляет примерно 19 % всех земель рассматриваемого региона [9].

В ближайшее время расширение сельскохозяйственных угодий не представляется возможным, поэтому одна из основных задач видится в интенсификации урожайности. Безусловно, главным фактором ее повышения, помимо качества семян и внесения удобрений, является количество теплоты, которое приходится на поверхность почвы, а также влагообеспеченность корнеобитаемого слоя.

Характер изменения теплового режима осушенных и неосушенных территорий имеет различную структуру и определяется как климатическими факторами, так и степенью мелиорированности [10, 11]. В первую очередь, меняется коэффициент теплопроводности, который варьируется от 0,1 Вт/(м°K) для сухого торфа и до 0,5 Вт/(м°K) для увлажненного [12]. За счет лучшей теплопроводности нижние слои влажной почвы сильнее прогреваются и дольше удерживают тепло при уменьшении температуры атмосферного воздуха.

Влажная почва обладает большей теплоемкостью по сравнению с неувлажненной и требует большего количества теплоты для нагревания, и в тоже время медленнее отдает тепло при остывании.

Основным источником тепла является лучистая энергия Солнца. Поглощаемая почвой, она превращается в тепловую, которая передается в нижние горизонты либо возвращается в атмосферу соответственно посредством явления теплопроводности или теплового излучения и отражения [13]. Разность поглощаемой и излучаемой энергий представляет собой энергию, которая идет на нагревание земной поверхности. При возрастании градиента температур между верхними и нижними слоями почвы, большее количество тепла уходит вниз [14].

В зависимости от теплоемкости почва может поглотить только определенное количество теплоты. В силу того, что процесс теплопередачи от верхних слоев к нижним идет довольно медленно, избыточная энергия будет дополнительно отражаться в окружающую среду. В результате приземный воздух нагревается сильнее, что приводит к его перемещению в области более низкого давления. Таким образом, эти воздушные массы уносят с собой тепловую энергию с осушенных территорий [15].

Целью настоящего исследования является оценка изменения теплового режима мелиорированных дерново-подзолистых почв Белорусского Полесья.

Материалы и методы

В основу исследования положено решение уравнения радиационного баланса, который формирует тепловой режим почв. Радиационный баланс является интерпретацией закона сохранения энергии с ее изменениями и превращениями применительно к конкретному участку почвы. На рисунке 1 приведена схема теплообмена между земной поверхностью и окружающей средой [16].

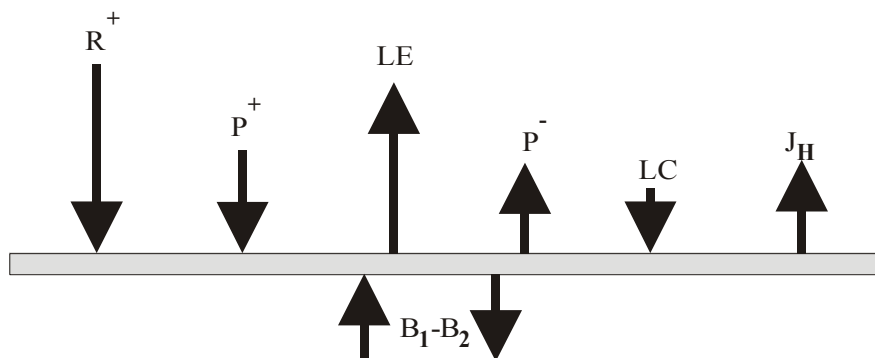


Рисунок 1 – Схема теплообмена

В соответствии с вышеприведенной схемой радиационный баланс имеет вид [16, 17]:

$$R^+ + P^+ + B_1 - B_2 = L \cdot E + P^- + J_H - L \cdot C, \quad (1)$$

где R^+ – радиационный баланс – разность между поглощенной коротковолновой (прямой и рассеянной) радиацией Солнца и балансом длинноволнового излучения (излучения земной поверхности за минусом противоизлучения атмосферы) в дневные и частично в сумеречные часы суток; P^+ – положительная составляющая турбулентного теплообмена – тепло, которое поступает на участок суши в связи с движением воздуха – адвентивное тепло; $B_1 - B_2$ – изменение запасов тепла в деятельном слое почвогрунта – теплообмен в почве; $L \cdot E$ – расход тепла на суммарное испарение; P^- – расход тепла на нагревание воздуха – турбулентный теплообмен; J_H – длинноволновое (эффективное) излучение земной поверхности в ночные часы суток; $L \cdot C$ – тепло конденсации; L – скрытая теплота испарения воды.

Уравнение (1) значительно упрощается, если принять следующие обозначения:

- теплоэнергетические ресурсы

$$L \cdot E_0 = R^+ + P^+ + B_1 - B_2, \quad (2)$$

- суммарный теплообмен

$$T = P^- + J_H - L \cdot C. \quad (3)$$

Тогда оно примет вид:

$$L \cdot E_0 = L \cdot E + T. \quad (4)$$

Величина E_0 является эквивалентом теплоэнергетических ресурсов процесса теплообмена (испаряемость) и выражается в толщине слоя воды, который может испариться при воздействии на данный процесс всех тепловых ресурсов. Величина T представляет собой суммарный теплообмен на нагревание приземного воздуха и на ночное эффективное излучение земной поверхности, частично компенсируемое противоизлучением атмосферы и теплом конденсации водяных паров воздуха на охлажденных элементах земной поверхности [16, 17].

Сброс воды при осушении прямо либо косвенно влияет на все составляющие радиационного баланса. Исключение составляет величина среднегодового радиационного баланса R^+ , которая является устойчивой для данной местности.

Для описания закономерностей формирования температурного профиля почв использовано уравнение теплопроводности [18-20]:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (5)$$

где ρ – плотность, кг/м³; C_p – теплоемкость, Дж/(моль °К); k – теплопроводность, Вт/м°К; T – температура, °К; ∇ – гамильтониан.

Численное моделирование теплового режима почв [21] сводится к вычислениям профильного распределения их температур [22].

Для этого использован метод математического моделирования, который позволяет, используя начальные климатические условия, рассчитывать температурный профиль почвы и вычислять количество теплоты, аккумулированной ею.

Для количественной оценки изменения теплоемкости почв проведен численный эксперимент по следующей схеме: в качестве условного объема принята почва в 5 м³ с размерами 1 м – ширина, 1 м – длина и 5 м – глубина; выбранное значение глубины с запасом соответствует уровню, на котором прекращаются колебания температуры, связанные со степенью прогревания воздуха солнечными лучами [23].

В исследовании рассматривалась модель дерново-подзолистой, как наиболее распространенной на Белорусском Полесье и занимающей более 35 % всей территории [24]. Структура почвы выбиралась следующей: верхний слой песка, глубиной 1 м, и нижний слой крупнозернистого песка, глубиной 4 м. Расчеты производились для различных уровней грунтовых вод (УГВ): 0 м, 0,4 м, 0,8 м и 1 м.

Численное решение математической модели получено методом конечных элементов [25]. На базе специализированного программного обеспечения создана модель переноса тепла в почве и исследована динамика ее прогрева в естественных условиях [26].

Исходными данными послужила метеорологическая информация по метеостанции Полесская, которая находится в центре Белорусского Полесья и является репрезентативной для данного региона [27]. Температура воздуха принималась равной среднему многолетнему значению для данного дня в 19:00, что соответствует среднему значению температуры в рассматриваемый день.

С использованием приведенной выше методики выполнен численный эксперимент по построению температурного профиля почв для следующих граничных условий:

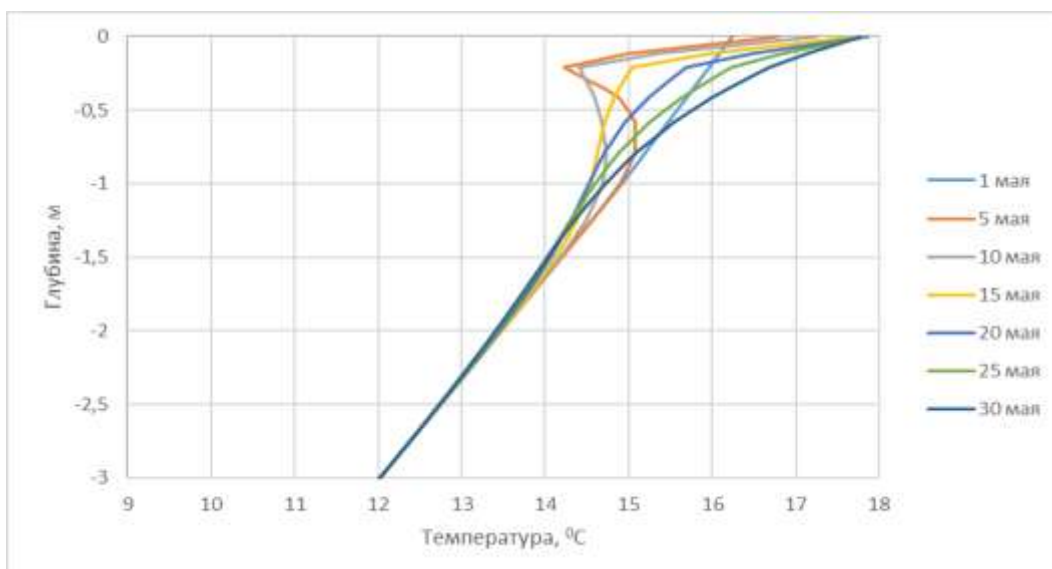
1. На верхней поверхности почвы задавался поток теплоты, равный среднемесячному потоку солнечного излучения, падающего на единицу площади горизонтальной поверхности.
2. На нижней поверхности почвы задавалось условие термостабилизации при температуре 9,1 °С [28], равной среднегодовой температуре воздуха над поверхностью [29].
3. На поверхности почвы также задавалось условие конвективного теплообмена [17]: $-\nabla(-k\nabla T) = 0$.
4. На боковых границах выделенного объема применялись условия теплоизоляции.
5. Испарение с поверхности почвы определялось как изменение внутренней энергии воды при испарении по формуле [30]:

$$Q = Lm - \nu RT, \quad (6)$$

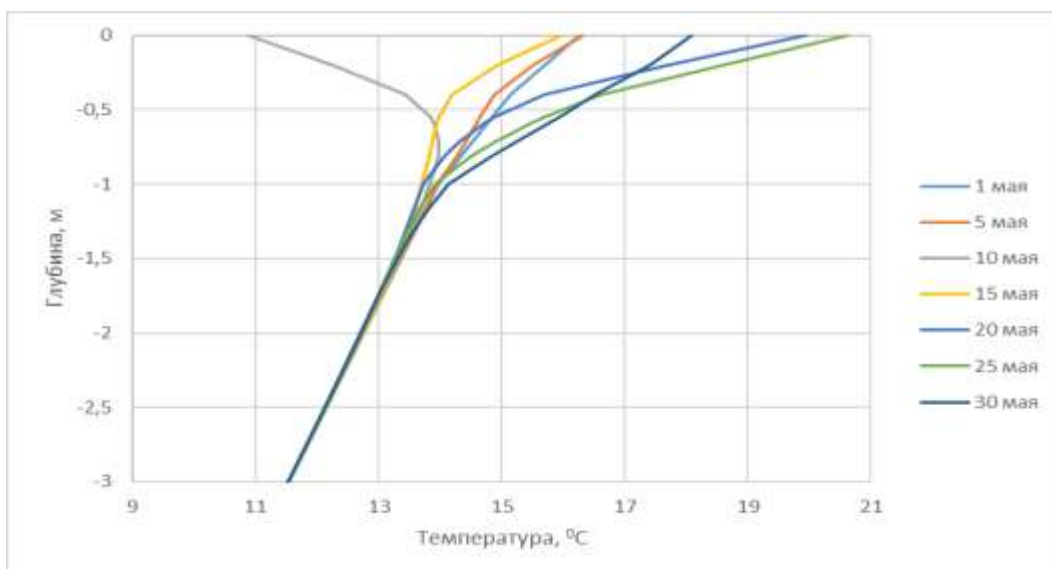
где L – удельная теплота парообразования, Дж/кг; m – масса испарившейся воды, кг; ν – количество вещества испарившейся воды, моль; T – температура воздуха, °К; R – молярная газовая постоянная, Дж/моль°К.

Результаты и обсуждение

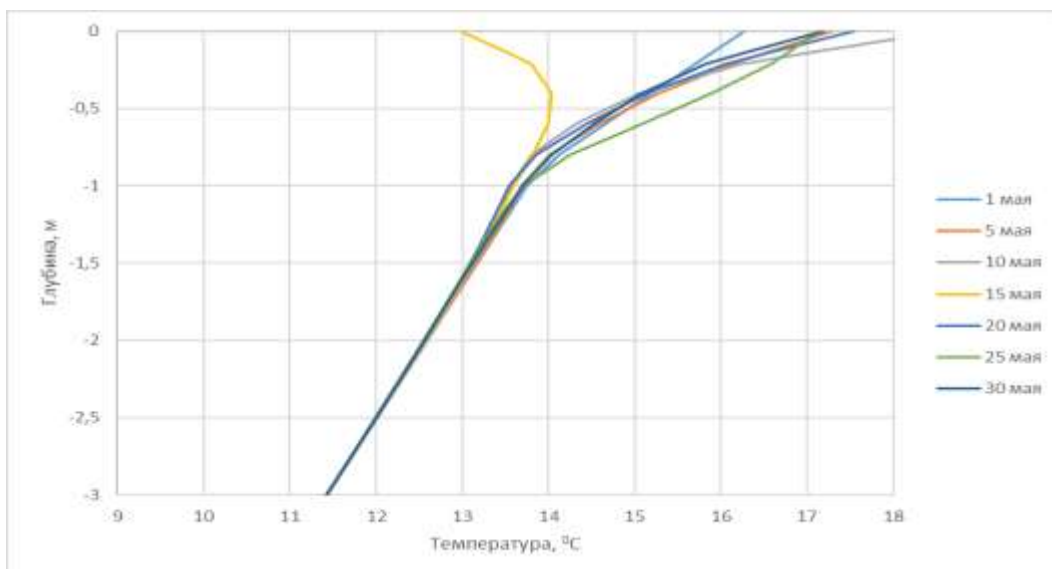
В результате численного эксперимента получено распределение температуры почвы по всей толщине моделируемой системы с интервалом осреднения за сутки с мая месяца по октябрь включительно. В качестве примера на рисунке 2 приведены графики зависимостей для мая месяца.



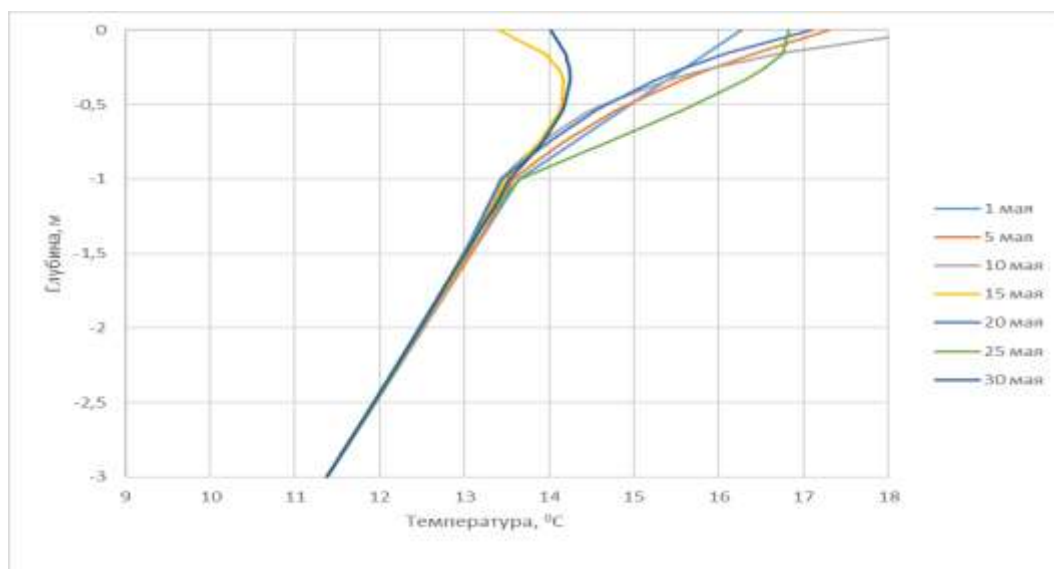
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2 – Распределение температуры дерново-подзолистой почвы по глубине для выбранных дней: а) без осушения, б) с осушением на 0,4 м, в) с осушением на 0,8 м, г) с осушением на 1 м

Из приведенных графиков видно, что для осушенных земель степень зависимости нагрева почвы в поверхностном слое достаточно сильно зависит от температуры атмосферного воздуха. Для почв без осушения разброс температурных величин на протяжении месяца составляет 4°C; для осушенных почв температура достигает величины около 8°C. Это вызвано сбросом воды из корнеобитаемого слоя почвы, которая обладает большей теплоемкостью по сравнению с воздухом.

На графике для неосушенной почвы колебания температур практически не наблюдаются на глубине около 1,5 м, а для осушенной это происходит уже на глубине около 0,8 м. Аналогичная картина наблюдается и для остальных рассматриваемых месяцев.

Обратимся к графикам, представленным на рисунке 3, на которых показано распределение температуры почвы по глубине для одного дня. В качестве примера взяли 1 мая. Из них следует, что в осушенном слое почвы при приближении к поверхности температура растет с большей скоростью, чем в почве без осушения. Изменение скорости возрастания температуры, как видно, происходит на верхнем уровне грунтовых вод.

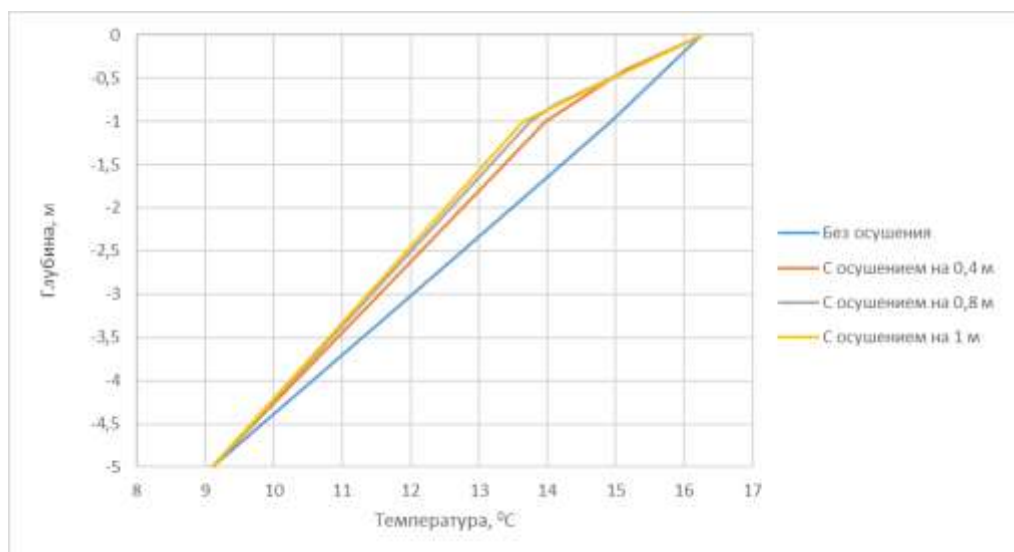


Рисунок 3 – Распределение температуры почвы по глубине для 1 мая

В слое почвы без осушения колебания температур начинают происходить примерно на глубине 2,5 м. С приближением к поверхности температура равномерно возрастает. На глубине 2,5 м в исследуемой модели лежит слой постоянной температуры. А вот ее скачки, которые наблюдаются в отдельные дни на глубине около 0,2 м, связаны с инертностью процесса нагревания почвы.

При снижении УГВ на 0,8 м колебания температуры атмосферного воздуха оказывают существенное влияние на температуру почвы уже на глубине верхнего уровня воды.

В процессе осушения, как видно из диаграммы (рис. 4), количество теплоты, аккумулированной почвами, понижается с уменьшением УГВ. Для дерново-подзолистых почв разность энергий до сброса воды и с осушением на 0,8 м достигает максимума в августе и составляет $1,53 \cdot 10^{10}$ Дж.

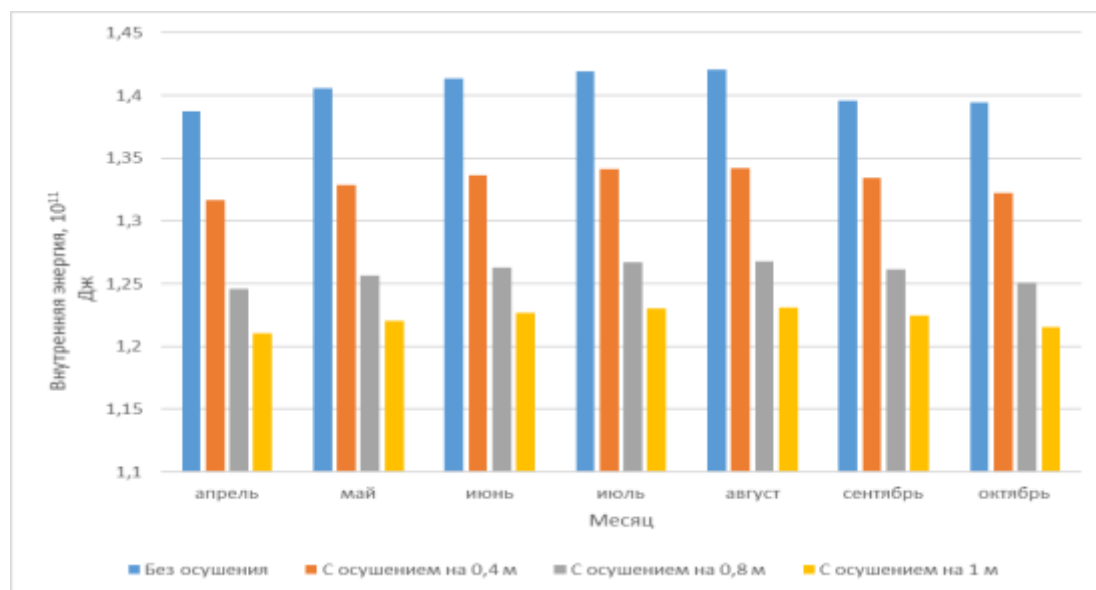


Рисунок 4 – Аккумулируемая энергия дерново-подзолистыми почвами

Таким образом, при осушении болот вместе с водой уходит большое количество энергии, которое составляет порядка 10^{10} Дж с 1 м^2 или 10^6 Дж с га. Если учесть, что Белорусское Полесье, площадь которого около 5 млн га [14], осушено полностью, то количество теплоты, что недополучает почва региона за вегетационный период, будет порядка 10^{16} Дж. Для сравнения: установленная мощность генерирующих энергоисточников Республики Беларусь составляет 10 073,99 МВт, что равно $8,7 \cdot 10^{14}$ Дж в сутки или $2,4 \cdot 10^{12}$ Дж в год [31].

Выводы

Уменьшение средней теплоемкости и теплопроводности почвы вследствие уменьшения ее влажности ведет к снижению количества тепла, аккумулируемого почвой. Это может приводить к поздним заморозкам весной и ранней осенью, что также не способствуют росту урожайности сельскохозяйственных культур. В тоже время происходит переосушка верхнего слоя почвы, и создаются неблагоприятные условия для произрастания растений.

Поэтому при разработке планов управления мелиоративными системами, проектировании севооборотов, подбора агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур, необходимо учитывать процессы перераспределения тепла в почве.

Список литературы

1. Мельник В.И., Комаровская Е.В., Парташенко И.С., Кравцова С.М. Изменение климата и водных ресурсов на территории Полесья // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: сб. докл. Междунар. науч. конф. Минск, 2016. С. 399-403.
2. Мельник В.И., Комаровская Е.В., Кравцова С.М. Современные изменения климата на мелиорированных торфяных почвах Белорусского Полесья // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: Зборнік навуковых прац VIII Міжнароднай навукавай канферэнцыі «Природнае асяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання». Беларусь, 2018. С. 74-77.
3. Оценка агроклиматических ресурсов и новое агроклиматическое районирование территории Беларуси с учетом изменения климата: отчет о НИР (заключительный). № ГР 20171431. Минск: Белгидромет, 2017. 132 с.
4. Мельник В.И., Данилович И.С., Кулешова И.Ю., Комаровская Е.В., Мельчакова Н.В. Оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период 1989-2015 гг. // Природные ресурсы. 2018. № 2. С. 88-101.
5. Оценка пространственно-временных особенностей роли мелиорации земель в современных изменениях климата и продуктивности экосистем Беларуси с использованием статистических методов и математического моделирования: отчет о НИР (промежуточный). № ГР 20160128. Минск, 2018. 163 с.
6. Журавлев М.З. Плодородие низинных болот подтаежной зоны Иртыш-Ишимского междуречья и некоторые вопросы их сельскохозяйственного использования // Науч. тр. ОмСХИ. Омск, 1963. Т. 1. С. 61-70.
7. Моторин А.С. Плодородие торфяных почв Западной Сибири // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 1. С. 16-22.
8. Курчевский С.М., Поднебесная Э.И. Сравнительная оценка пескования и глинования для повышения продуктивности торфяных почв // Агрохимический вестник. 2013. № 2. С. 27-28.
9. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник: [2014-2020]. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2021. 202 с.
10. Мажайский Ю.А., Курчевский С.М. Повышение продуктивности мелкозалежных торфяных почв при внесении минеральных добавок // Агрохимический вестник. 2015. № 1. С. 15-17.
11. Игловиков А.В., Моторин А.С. Физико-химические свойства и питательный режим нарушенных грунтов Крайнего Севера при биологической рекультивации // Аграрный вестник Урала. 2012. № 7(99). С. 66-72.
12. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. Петрофизика (Физика горных пород): Учеб. для вузов. 2-ое изд. перераб. и доп. под ред. Д.А. Кожевникова. М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. 368 с.
13. Кормилицына О.В., Мартыненко О.В., Карминов В.Н., Сабо Е.Д., Бондаренко В.В. Почвоведение: учебное пособие. М.: Лесная промышленность, 2006. 272 с.
14. Мажайский Ю.А., Рокочинский А.Н., Волчек А.А., Мешик О.П., Езнах Е. Природообустройство Полесья. Т. 2. Кн. 1. Рязань: ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2019. 503 с.
15. Хабутдинов Ю.Г., Шанталинский К.М., Николаев А.А. Учение об атмосфере: учебное пособие. Казань: гос. ун-т, 2010. 257 с.
16. Волчек А.А., Шведовский П.В., Шешко Н.Н. Гидравлика, гидрология, гидрометрия: учебное пособие. М.: Изд-во Кнорус, 2021. 520 с.

17. Мезенцев В.С., Белоненко Г.В., Карнацевич И.В., Лоскутов В.В. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях: учебное пособие. Ч. 1. Омск: Омский СХИ, 1980. 81 с.
18. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Изд-во МГУ, 1999. 799 с.
19. Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Терлеев В.В., Топаж А.Г. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. СПб.: Изд-во С-Петербург. ун-та, 2006. 396 с.
20. Хворова Л.А., Топаж А.Г. Динамическое моделирование и прогнозирование в агрометеорологии. Барнаул: Изд-во Алтайского гос. ун-та, 2010. 262 с.
21. Шеин Е.В. Курс физики почв. М.: Из-во МГУ, 2005. 432 с.
22. Хворова Л.А., Жариков А.В. Численное моделирование составляющих теплового режима почв Алтайского Приобья // Известия АГУ. 2013. № 1. Т. 1. С. 126-130.
23. Волчек А.А., Борушко В.В. Оценка влияния осушения на тепловой режим почв Полесья // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Научный и практический подходы к развитию и реализации технологий безопасности: сб. тезисов по материалам XVII Междун. науч.-практ. конф. Воронеж, 2021. С. 57-58.
24. Мажайский Ю.А., Рокочинский А.Н., Волчек А.А., Мешик О.П., Езнах Е. Природообустройство Полесья. Т. 1. Кн. 1. Рязань: Мещер. ф-л ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2018. 408 с.
25. Дульнев Г.Н., Парфенов В.Г., Сигалов А.В. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена. М.: Высшая школа, 1990. 208 с.
26. Борушко В.В., Волчек А.А., Гладковский В.И. К вопросу о влиянии осушения на тепловой режим мелиорированных земель Белорусского Полесья // Актуальные проблемы наук о земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды: Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году науки в Республике Беларусь. Брест: БрГУ имени А.С. Пушкина, 2017. Ч. 2. С. 6-9.
27. Волчек А.А., Борушко В.В. Оценка влияния осушения на тепловой режим почв Полесья // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Научный и практический подходы к развитию и реализации технологий безопасности: сб. статей по материалам XVII Междун. науч.-практ. конф. Воронеж, 2021. С. 368-374.
28. WeatherOnline Ltd. - Meteorological Services [Электронный ресурс]. URL: [https://www.weatheronline.co.uk/Temperature/Brest/Climate Robot Belarus/](https://www.weatheronline.co.uk/Temperature/Brest/Climate%20Robot%20Belarus/) (дата обращения: 10.12.2020).
29. Зубашенко Е.М., Шмыков В.И., Немыкин А.Я., Полякова Н.В. Региональная физическая география. Климаты Земли: учебно-методическое пособие. Ч. 1. Воронеж: ВГПУ, 2007. 183 с.
30. Михайлюк Ю.И., Мазитова А.К., Кудоярова Р.Р. Ориентировочная основа действий при изучении химии элементов в курсе общей химии: учебное пособие. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2004. 197 с.
31. ГПО «Белэнерго» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energo.by/content/deyatelnost-obedineniya/osnovnye-pokazateli/> (дата обращения: 22.12.2021).

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

Поступила в редакцию 25.04.2022

Принята к публикации 20.06.2022

THE THERMAL REGIME OF SOD-PODZOLIC SOILS OF DRAINED TERRITORIES

A. Volchak, V. Barushka

Brest State Technical University, Republic of Belarus, Brest

e-mail: vadim79@tut.by

The article presents the modeling results of the heat distribution in mineral soils under various rates of drainage. Using mathematical modeling, the proposed method makes it possible to obtain the temperature profile of soils, which is the basis to estimate changes in the temperature and thermal regimes of natural and drained soils of Belarusian Woodland. The results obtained in the work can be used in the management of the water regime of reclaimed lands.

Key words: Belarusian Woodland, forest-steppe, sod-podzolic soil, land reclamation, temperature, heat capacity, amount of heat.

References

1. Mel'nik V.I., Komarovskaya E.V., Partasenok I.S., Kravtsova S.M. *Izmenenie klimata i vodnykh resursov na territorii Poles'ya. Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya prirodnkh resursov i ustoychivoe razvitie Poles'ya: sb. dokl. Mezhdunar. nauch. konf. Minsk, 2016. S. 399-403.*
2. Mel'nik V.I., Komarovskaya E.V., Kravtsova S.M. *Sovremennye izmeneniya klimata na meliorirovannykh torfyanykh pochvakh Belorusskogo Poles'ya. Pryrodnae asyaroddze Palessya: asablivasts i perspektyvy razvitsiya: Zbornik navukovykh prats VIII Mizhnarodnai navukovai kanferentsyi «Pryrodnae asyaroddze Palessya i navukova-praktychnyya aspekty ratsyyanal'naga resursakarystannya». Belarus', 2018. S. 74-77.*
3. *Otsenka agroklimaticheskikh resursov i novoe agroklimaticheskoe raionirovanie territorii Belarusi s uchetom izmeneniya klimata: otchet o NIR (zaklyuchitel'nyi). № GR 20171431. Minsk: Belgidromet, 2017. 132 s.*
4. Mel'nik V.I., Danilovich I.S., Kuleshova I.Yu., Komarovskaya E.V., Mel'chakova N.V. *Otsenka agroklimaticheskikh resursov territorii Belarusi za period 1989-2015 gg. Prirodnye resursy. 2018. N 2. S. 88-101.*
5. *Otsenka prostranstvenno-vremennykh osobennostei roli melioratsii zemel' v sovremennykh izmeneniyakh klimata i produktivnosti ekosistem Belarusi s ispol'zovaniem statisticheskikh metodov i matematicheskogo modelirovaniya: otchet o NIR (promezhutochnyi). № GR 20160128. Minsk, 2018. 163 s.*
6. Zhuravlev M.Z. *Plodorodie nizinnnykh bolot podtaezhnoi zony Irtysh-Ishimskogo mezhdurech'ya i nekotorye voprosy ikh sel'skokhozyaistvennogo ispol'zovaniya. Nauch. tr. OmSKhI. Omsk, 1963. T. 1. S. 61-70.*
7. Motorin A.S. *Plodorodie torfyanykh pochv Zapadnoi Sibiri. Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo. 2020. N 1. S 16-22.*
8. Kurchevskii S.M., Podnebesnaya E.I. *Sravnitel'naya otsenka peskovaniya i glinovaniya dlya povysheniya produktivnosti torfyanykh pochv. Agrokhimicheskii vestnik. 2013. N 2. S. 27-28.*
9. *Okhrana okruzhayushchei sredy v Respublike Belarus'. Statisticheskii sbornik: [2014-2020]. Natsional'nyi statisticheskii komitet Respubliki Belarus'. Minsk: Natsional'nyi statisticheskii komitet Respubliki Belarus', 2021. 202 s.*
10. Mazhaiskii Yu.A., Kurchevskii S.M. *Povyshenie produktivnosti melkozaleznykh torfyanykh pochv pri vnesenii mineral'nykh dobavok. Agrokhimicheskii vestnik. 2015. N 1. S. 15-17.*
11. Iglovikov A.V., Motorin A.S. *Fiziko-khimicheskie svoistva i pitatel'nyi rezhim narushennykh gruntov Krainego Severa pri biologicheskoi rekul'tivatsii. Agrarnyi vestnik Urala. 2012. N 7(99). S. 66-72.*

12. Dobrynin V.M., Vendel'shtein B.Yu., Kozhevnikov D.A. Petrofizika (Fizika gorn'nykh porod): Ucheb. dlya vuzov. 2-oe izd. pererab. i dop. pod red. D.A. Kozhevnikova. M.: FGUP Izd-vo «Nef't' i gaz» RGU nef'ti i gaza im. I.M. Gubkina, 2004. 368 s.
13. Kormilitsyna O.V., Martynenko O.V., Karminov V.N., Sabo E.D., Bondarenko V.V. Pochvovedenie: uchebnoe posobie. M.: Lesnaya promyshlennost', 2006. 272 s.
14. Mazhaikii Yu.A., Rokochinskii A.N., Volchek A.A., Meshik O.P., Eznakh E. Prirodoobustroistvo Poles'ya. T. 2. Kn. 1. Ryazan': VNIIGiM im. A.N. Kostyakova, 2019. 503 s.
15. Khabutdinov Yu.G., Shantalinskii K.M., Nikolaev A.A. Uchenie ob atmosfere: uchebnoe posobie. Kazan': gos. un-t, 2010. 257 s.
16. Volchek A.A., Shvedovskii P.V., Sheshko N.N. Gidravlika, gidrologiya, gidrometriya: uchebnoe posobie. M.: Izd-vo Knorus, 2021. 520 s.
17. Mezentshev V.S., Belonenko G.V., Karnatsevich I.V., Loskutov V.V. Gidrologicheskie raschety v meliorativnykh tselyakh: uchebnoe posobie. Ch. 1. Omsk: Omskii SKhI, 1980. 81 s.
18. Tikhonov A.N., Samarskii A.A. Uravneniya matematicheskoi fiziki. M.: Izd-vo MGU, 1999. 799 s.
19. Poluektov R.A., Smolyar E.I., Terleev V.V., Topazh A.G. Modeli produktsionnogo protsessa sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. SPb.: Izd-vo S-Peterb. un-ta, 2006. 396 s.
20. Khvorova L.A., Topazh A.G. Dinamicheskoe modelirovanie i prognozirovanie v agrometeorologii. Barnaul: Izd-vo Altaiskogo gos. un-ta, 2010. 262 s.
21. Shein E.V. Kurs fiziki pochv. M.: Iz-vo MGU, 2005. 432 s.
22. Khvorova L.A., Zharikov A.V. Chislennoe modelirovanie sostavlyayushchikh teplovogo rezhima pochv Altaiskogo Priob'ya. Izvestiya AGU. 2013. N 1. T. 1. S. 126-130.
23. Volchek A.A., Borushko V.V. Otsenka vliyaniya osusheniya na teplovoi rezhim pochv Poles'ya Kompleksnye problemy tekhnosfernoi bezopasnosti. Nauchnyi i prakticheskii podkhody k razvitiyu i realizatsii tekhnologii bezopasnosti: sb. tezisov po materialam XVII Mezhdun. nauch.-prakt. konf. Voronezh, 2021. S. 57-58.
24. Mazhaikii Yu.A., Rokochinskii A.N., Volchek A.A., Meshik O.P., Eznakh E. Prirodoobustroistvo Poles'ya. T. 1. Kn. 1. Ryazan': Meshcher. f-l FGBNU «VNIIGiM im. A.N. Kostyakova», 2018. 408 s.
25. Dul'nev G.N., Parfenov V.G., Sigalov A.V. Primenenie EVM dlya resheniya zadach teploobmena. M.: Vysshaya shkola, 1990. 208 s.
26. Borushko V.V., Volchek A.A., Gladkovskii V.I. K voprosu o vliyani osusheniya na teplovoi rezhim meliorirovannykh zemel' Belorusskogo Poles'ya. Aktual'nye problemy nauk o zemle: ispol'zovanie prirodnykh resursov i sokhranenie okruzhayushchei sredy: Sb. materialov mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. Godu nauki v Respublike Belarus'. Brest: BrGU imeni A.S. Pushkina, 2017. Ch. 2. S. 6-9.
27. Volchek A.A., Borushko V.V. Otsenka vliyaniya osusheniya na teplovoi rezhim pochv Poles'ya. Kompleksnye problemy tekhnosfernoi bezopasnosti. Nauchnyi i prakticheskii podkhody k razvitiyu i realizatsii tekhnologii bezopasnosti: sb. statei po materialam XVII Mezhdun. nauch.-prakt. konf. Voronezh, 2021. S. 368-374.
28. WeatherOnline Ltd. – Meteorological Services [Elektronnyi resurs]. URL: [https://www.weatheronline.co.uk/Temperature/Brest/Climate Robot Belarus/](https://www.weatheronline.co.uk/Temperature/Brest/Climate%20Robot%20Belarus/) (data obrashcheniya: 10.12.2020).
29. Zubashchenko E.M., Shmykov V.I., Nemykin A.Ya., Polyakova N.V. Regional'naya fizicheskaya geografiya. Klimaty Zemli: uchebno-metodicheskoe posobie. Ch. 1. Voronezh: VGPU, 2007. 183 s.
30. Mikhailyuk Yu.I., Mazitova A.K., Kudoyarova R.R. Orientirovochnaya osnova deistvii pri izuchenii khimii elementov v kurse obshchei khimii: uchebnoe posobie. Ufa: Izd-vo UGNTU, 2004. 197 s.
31. GPO «Belenergo» [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.energo.by/content/deyatelnost-obedineniya/osnovnye-pokazateli/> (data obrashcheniya: 22.12.2021).

Сведения об авторах:

Александр Александрович Волчек

Д.г.н. РФ и РБ, профессор, декан, УО «Брестский государственный технический университет»

ORCID 0000-0002-8838-797X

Alexander Volchak

Doctor of Geographical Sciences of the Russian Federation and the Republic of Belarus, Professor, dean, Brest State Technical University

Вадим Васильевич Борушко

Магистр физико-математических наук, аспирант, УО «Брестский государственный технический университет»

ORCID 0000-0003-4481-3620

Vadim Barushka

Master of Physical and Mathematical Sciences, post-graduate student, Brest State Technical University

Для цитирования: Волчек А.А., Борушко В.В. Тепловой режим дерново-подзолистых почв осушенных территорий // Вопросы степеведения. 2022. № 2. С. 60-71. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-2-60-71.

**ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ
ЗАСУШЛИВОСТИ КЛИМАТА В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА****Я.З. Каипов, Х.М. Сафин**

Башкирский НИИ сельского хозяйства

Уфимского федерального исследовательского центра РАН

e-mail: akaipov@mail.ru

Была поставлена цель – на основе обобщения литературы и собственных исследований выработать принципы построения систем земледелия в условиях усиливающейся засушливости климата степной зоны Южного Урала. Полевые опыты проводились в степной зоне на черноземе обыкновенном. В 2011-2021 гг. изучали влияние культур лугопастбищного севооборота и биологизированных севооборотов с 4-5-ю полями зерновых и зернобобовых культур и 2-мя полями многолетних трав (люцерны) на плотность пахотного и подпахотного горизонтов почвы и содержание продуктивной влаги в динамике за вегетационный период. Установлено, что многолетние травы в лугопастбищном севообороте снижают плотность почвы, повышают водопроницаемость и способствуют накоплению большей продуктивной влаги по сравнению с полями, занятыми однолетними культурами. Повышение накопления влаги осенне-зимних осадков в почве происходит также в биологизированных полевых севооборотах. Улучшающим водный режим фактором в этих севооборотах является возделывание люцерны и оставление в поле соломы после уборки зерновых культур. Таким образом, к основным принципам оптимизации систем земледелия в условиях обострения засушливости климата в степной зоне Южного Урала относится освоение биологизированных кормовых и полевых севооборотов, в которых улучшение водного режима достигается влиянием многолетних трав и мульчи из соломы зерновых культур.

Ключевые слова: степная зона, засуха, севообороты, улучшение водного режима.

Введение

Последние десятилетия изменений климата настораживают усиливающейся засушливостью, в основном, в географических областях, отдаленных от морей и океанов. В Национальном докладе (2018) отмечается, что уменьшение летних осадков в Приволжском федеральном округе (ФО) за 1976-2016 гг. происходило со скоростью 9,8 мм / 10 лет [1]. Расчетная урожайность яровых зерновых культур на юге Европейской части России (ЕЧР) и в степной зоне Приволжского ФО имеет отрицательную тенденцию, вызванную ростом засушливости в весенне-летний период и снижением запасов влаги в почве, а также высокими температурами [2]. Особенно обостряется положение в степи восточных предгорий Южного Урала. В Зауральской степи Республики Башкортостан, где мы проводим исследования, изменения климата даже более отрицательные, чем в целом по Российской Федерации (РФ). Этому способствует, скорее всего, влияние меридионально расположенных горных хребтов Урала, перекрывающих поступление влажных воздушных масс с запада континента. По данным местных метеостанций, за 2006-2015 гг. (20 лет), сумма осадков вегетационного периода (май-сентябрь) в степном Зауралье составила 166 мм, вместо 192 мм по среднемноголетним показателям, или уменьшилась на 16 %. За последние шесть лет (2016-2021 гг.) обстановка еще более ухудшилась: среднегодовое уменьшение осадков составило уже 39 %.

В специальной литературе, освещающей исследования в засушливой степи в последние годы, выдвигаются принципы построения научно обоснованной системы земледелия, направленные на проектирование оптимальных севооборотов, систем обработки почвы и удобрений [3-5]. Углубляется научное обоснование и расширяется применение технологий с нулевой обработкой почвы с целью влаго- и энергосбережения, повышения плодородия почвы в степной зоне. Однако, для проявления эффективности системы No-till требуется несколько лет с начала ее применения. Это связано с необходимостью накопления минимально достаточного слоя соломенной мульчи на поверхности почвы, что в условиях формирования низких урожаев при ежегодном дефиците влаги в засушливой степи очень затруднительно. Неполное покрытие мульчпокровом не обеспечивает разрыхление почвы и улучшение ее водного режима [6]. Требуется расширение исследований возможностей биологических факторов регулирования агрофизических свойств почвы, например, биологизированных севооборотов. В наших исследованиях, проведенных в 2010-2021 гг., показана роль севооборотов и обработки почвы в регулировании агрофизических свойств и влажности почвы в засушливой степи Южного Урала.

Была поставлена цель – на основе обобщения литературы и собственных исследований выработать принципы построения систем земледелия в условиях усиливающейся засушливости климата степной зоны Южного Урала.

Материалы и методы

Материалом исследования были литературные источники и свои исследования за 2010-2021 годы, проведенные в Зауральской степи Республики Башкортостан. В экспериментальной части применяли полевой метод, в сочетании с лабораторными анализами. Место проведения опытов характеризовалось условиями, типичными для степи восточных предгорий Южного Урала. Почва – чернозем обыкновенный среднесуглинистый, среднемощный. Содержание гумуса в пахотном слое 7,4-8,0 %, подвижного фосфора – 9-14 мг, обменного калия – 20-25 мг на 100 г почвы. Реакция почвенной среды – близкая к нейтральной (рН 5,7-5,8). В опытном поле был заложен лугопастбищный севооборот: 1-4 поля, многолетние травы (кострец безостый + люцерна изменчивая) на сено; 5, ячмень на зерно; 6, рапс на зеленый корм; 7, суданская трава на зеленый корм + многолетние травы. Полевые опыты и лабораторные анализы почвы проводились по общепринятым методикам. Определение плотности почвы – методом режущего цилиндра по Качинскому. Плотность почвы определялась в середине вегетации культур севооборотов – в июле. Средняя плотность пахотного слоя почвы рассчитывалась как среднеарифметическое от показателей по слоям через каждые 10 см. Среднегодовая плотность почвы – от показателей в отдельные годы в определенном поле севооборота. В 2011-2015 гг. изучали влияние культур лугопастбищного севооборота на плотность пахотного и подпахотного горизонтов почвы и содержание продуктивной влаги в динамике за вегетационный период. С 2019 г. начали осваивать и изучать биологизированные севообороты двух типов – с чистым паром и беспаровые, 4-5-ю полями зерновых и зернобобовых культур и 2-мя полями многолетних трав (люцерны). В полях, занятых зерновыми и зернобобовыми культурами севооборотов, применяли малые дозы азотно-фосфорного удобрения – $N_{30} P_{20}$. Внесение азотного минерального удобрения в малой дозе осуществляется, в основном, как источник питания целлюлозоразлагающих микроорганизмов, осуществляющих перевод органических остатков растений в минеральные составляющие. Создавался также фон органического удобрения путем оставления соломы зерновых культур в поле при уборке урожая. Средняя урожайность соломы составляла 1,5-2 т/га и лимитировалась засушливыми метеорологическими условиями в годы проведения полевых опытов. Климатические условия за годы исследований, в среднем, были значительно более засушливые, чем ранее зафиксированные многолетние показатели, о чем говорилось выше.

Результаты и обсуждение

В опытах, проведенных в целом за 2011-2015 гг. среднегодовая плотность 0-30 см (пахотного) слоя почвы составила: под многолетними травами 1,02 и под однолетними культурами – ячменем и рапсом 1,09 г/см³ (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние культур севооборота на плотность почвы в пахотном слое

Культура	Слой почвы, см	Плотность, г/см ³					Разница	
		2011	2012	2014	2015	Среднее за 2011-2015 гг.		
							г/см ³	%
Многолетние травы	0-10	0,96	---	1,06	0,99	1,00	—	—
	10-20	0,97	---	1,16	1,06	1,06	—	—
	20-30	1,05	---	0,88	1,11	1,01	—	—
	30-40	1,19	---	1,28	1,23	1,23	—	—
	Ср. 0-30	0,99	---	1,03	1,05	1,02	—	—
Ячмень на зерно, рапс	0-10	1,08	1,10	0,83	0,98	1,00	0	0
	10-20	1,17	1,12	1,19	1,16	1,16	+0,10	+10
	20-30	1,19	1,17	1,12	0,99	1,12	+0,11	+11
	30-40	1,17	1,22	1,26	1,10	1,19	-0,04	+3,2
	Ср. 0-30	1,15	1,13	1,05	1,04	1,09	+0,07	+6,9

Таким образом, среднегодовая плотность пахотного слоя почвы под многолетними травами в севообороте оказалась на 6,9 % ниже, чем под однолетними культурами севооборота. Плотность подпахотного слоя 30-40 см в почве обоих агрофонов была примерно одинаковая – 1,19-1,23 г/см³. Более рыхлое сложение пахотного слоя почвы под многолетними травами предопределяет ее более высокую водопроницаемость, влагоемкость на этом агрофоне с одной стороны, и благоприятное влияние травяного поля на агрофизические свойства почвы в масштабе всего севооборота с другой стороны. В исследованиях, проведенных нами ранее, были уже получены результаты, подтверждающие вышеизложенное влияние многолетних трав на агрофизические свойства почвы. Сообщалось о повышении водопроницаемости степных черноземов в севооборотах с многолетними травами [7]. В опытах, проведенных на черноземах выщелоченных лесостепи Поволжья, плотность пахотного слоя почвы в поле озимой пшеницы по предшественнику многолетние травы составила 1,09 г/см³, что на 0,09 единиц (на 8 %) ниже, чем в таком же поле по предшественнику зерновые и пар [8]. Исследования, проведенные в условиях Каменной степи, показали, что плотность сложения пахотного слоя чернозема обыкновенного под многолетней бобовой культурой в зернотравянопропашном севообороте составила 1,00 г/см³. Это значительно ниже показателя, зафиксированного под ячменем, того же севооборота. Под многолетними травами также отмечено увеличение наименьшей влагоемкости (НВ) до 38-42 %, в то время как под однолетней культурой – горохом это свойство имело значения 28-30 % [9]. Водопроницаемость чернозема типичного юго-западной части ЦЧЗ в зернотравяном севообороте была заметно выше, чем в зернопропашном севообороте [10].

В среднем за годы исследований наибольшие запасы влаги в метровом слое почвы весной перед посевом – 143 мм, наблюдались под многолетними травами в севообороте (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы в зависимости от агрофонов за 2011-2015 гг.

Агрофон	2011 г.		2012 г.	
	Перед посевом	Перед уборкой	Перед посевом	Перед уборкой
Однолетние культуры	122	109	116	79
Многолетние травы	131	87	141	62
	2013 г.		2014 г.	
	Перед посевом	Перед уборкой	Перед посевом	Перед уборкой
Однолетние культуры	120	139	171	52
Многолетние травы	108	71	183	33
	2015 г.		Среднее за 2011-2015 гг.	
	Перед посевом	Перед уборкой	Перед посевом	Перед уборкой
Однолетние культуры	159	135	138	103
Многолетние травы	151	45	143	60

Повышенные предпосевные запасы влаги под многолетними травами обусловлены улучшающим влиянием этой культуры на водные свойства почвы. Под многолетними травами в севообороте улучшается структура почвы, снижается плотность, соответственно повышается водопроницаемость. В ранее проведенных исследованиях мы установили, что под влиянием травяного звена в лугопастбищном севообороте структурно-агрегатный состав пахотного слоя чернозема обыкновенного достигает высокого уровня: при сухом просеивании почва содержала более 96 %, при мокром – около 70 % агрегатов размером 0,25-10 мм. В прифермском севообороте, где многолетние травы отсутствовали, показатели были значительно меньшие, соответственно 93 и 61 % [11]. Выявленная нами закономерность положительного влияния многолетних трав в севообороте на плотность и накопление влаги в почве подтверждаются экспериментальными данными А.В. Филипповой, А.А. Канаковой, О.Н. Мининой, проводившими исследования в степях Оренбургской области, где гидротермические условия близки к условиям нашей зоны. В учебно-опытных полях Оренбургского ГАУ в 2012-2014 гг. изучали способы обработки почвы – чернозема южного тяжелосуглинистого и агробиологические приемы в севообороте. Средние весенние запасы влаги в почве под многолетними злаковыми и бобовыми травами составляли 42-43 мм, что на 3-4 мм выше по сравнению с накоплением в полях с разноглубинными рыхлениями под посев однолетних культур севооборота [5]. По данным Сабитова М.М. (2019), применение в севообороте люцерны обеспечивает благоприятный водно-воздушный и питательный режимы в выщелоченном черноземе [8]. Таким образом, наши результаты опытов с лугопастбищными севооборотами позволяют выработать один из принципов построения систем земледелия в засушливой степи – использование возможности севооборотов с многолетними травами улучшать агрофизические свойства почвы, способствующие более полному усвоению скудных источников атмосферной влаги.

В новой серии исследований, начиная с 2019 г., нами изучается влияние биологизированных севооборотов на плодородие почвы и зерновую продуктивность пашни. Основным источником обогащения почвы органическим веществом и средством улучшения ее агрофизических свойств в этих севооборотах выступает травостой люцерны. Дополнительно поставляется свежее органическое вещество в почву солома зерновых культур. За годы освоения (2019-2021) выявлено благоприятное влияние биологизированных севооборотов на снижение плотности почвы. Средняя плотность пахотного слоя почвы в биологизированных севооборотах обоих типов была практически одинаковая, составила $1,12 \text{ г/см}^3$, и оказалась на $0,04 \text{ г/см}^3$ меньше, чем у контрольного зернопарового севооборота. Разрыхляющим почву фактором в биологизированных севооборотах выступило действие корневой системы многолетних трав (люцерны). Улучшение агрофизических свойств почвы под травостоем люцерны сказалось положительно на водном режиме почвы. На фоне без органики – без оставления соломы, биологизированные севообороты накапливали к предпосевному периоду одинаковое с зернопаровым севооборотом количество – 75-80 мм продуктивной влаги в метровом слое. Несмотря на меньшее количество остаточной влаги

осенью в результате повышенного водопотребления травами, накопление весенних влагозапасов в биологизированных севооборотах до уровня зернопарового севооборота является следствием улучшения агрофизических свойств почвы под травостоями многолетних трав – люцерны. Об оптимизации агрофизических свойств чернозема выщелоченного в равнинном агроландшафте Краснодарского края при содержании люцерны до 28,6 % в травянозернопропашных севооборотах сообщается и в работе Бойко Е.С., Василько В.П. [12]. И как отмечают Гулянов Ю.А., Чибилев А.А. из Института степи Уральского отделения РАН, перспективным приемом, направленным на воспроизводство плодородия почвы в степных агроландшафтах, является биологизация земледелия. Применение сидеральных культур, особенно бобовых, в том числе многолетних, трав улучшает агрохимические, микробиологические и физические свойства почвы [13].

На фоне оставления соломы в поле после уборки зерновых культур весенние запасы влаги в биологизированных севооборотах превышали зернопаровой севооборот на 19-27 % (табл. 3).

Таблица 3 – Динамика продуктивной влаги под посевами яровой пшеницы и люцерны второго года пользования (2 г. п.) в экспериментальных севооборотах, мм

Слой почвы, см	Перед посевом			Колошение пшеницы			Перед уборкой		
	Сев. 1*	Сев. 2*	Сев. 3*	Сев. 1	Сев. 2	Сев. 3	Сев. 1	Сев. 2	Сев. 3
	Яровая пшеница	Люцерна 2 г. п.	Люцерна 2 г. п.	Яровая пшеница	Люцерна 2 г. п.	Люцерна 2 г. п.	Яровая пшеница	Люцерна 2 г. п.	Люцерна 2 г. п.
	Фон – без органики								
0-20	29	28	26	15	6	4	0	0	0
20-70	41	44	41	20	10	7	0	0	0
70-100	6	1	13	6	2	5	0	0	0
0-100	76	73	80	41	18	16	0	0	0
	Фон – оставление соломы								
0-20	25	25	25	19	4	6	0	0	0
20-70	40	45	50	19	13	8	0	0	0
70-100	10	19	20	3	12	9	0	0	0
0-100	75	89	95	41	29	23	0	0	0

* - Сев. 1, зернопаровой; Сев. 2, биологизированный I типа; Сев. 3, биологизированный II типа.

Наши выводы об эффективности соломенной мульчи в биологизированных севооборотах для накопления и сохранения влаги в почве подтверждаются экспериментальными данными, полученными в схожих с нашими природно-климатических условиях [14-16]. Сообщается также, что минимальной нормой является 1,5 т соломы на 1 га, при которой заметно улучшаются водно-физические свойства почвы и повышается урожайность зерновых культур [17]. Из вышеприведенных наших экспериментальных данных и обзора научных сообщений следует, что следующим принципом построения систем земледелия в засушливой степи является использование биологизированных полевых севооборотов, в которых улучшение агрофизических свойств и водного режима почвы достигается комплексным влиянием звена многолетних трав и послеуборочными органическими остатками зерновых культур.

Выводы

Способом улучшения эффективности продуктивного использования влаги в условиях усиливающейся засушливости в степной зоне является разработка и освоение полевых и кормовых севооборотов, улучшающих водно-физические свойства почвы с помощью биологических факторов. Многолетние травы в кормовом севообороте снижают плотность почвы, повышают водопроницаемость и способствуют накоплению большей продуктивной влаги по сравнению с полями, занятыми однолетними культурами. Повышение накопления

влаги осенне-зимних осадков в почве происходит также в биологизированных полевых севооборотах. Улучшающим водный режим фактором в этих севооборотах является возделывание люцерны и оставление в поле соломы после уборки зерновых культур. Таким образом, к основным принципам оптимизации систем земледелия в условиях обострения засушливости климата в степной зоне Южного Урала относится освоение биологизированных кормовых и полевых севооборотов, в которых улучшение водного режима достигается влиянием многолетних трав и мульчи из соломы зерновых культур.

Список литературы

1. Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство). Национальный доклад / Под ред. А.И. Бедрицкого. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, ГЕОС, 2018. 285 с.
2. Павлова В.Н. Анализ и оценки влияния климатических условий последних десятилетий на урожайность зерновых культур в земледельческой зоне России // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2010. Т. 23. С. 215-230.
3. Филиппова А.В., Петрова Г.В., Минина О.Н. Биологизированная система земледелия для сухостепной зоны Южного Урала: теория и практика // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3(65). С. 199-201.
4. Бакиров Ф.Г., Нестеренко Ю.М. Принципы формирования звеньев в системах земледелия, адаптированных для степной зоны Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4(66). С. 35-38.
5. Филиппова А.В., Канакова А.А., Минина О.Н. Биологизированные приемы восполнения азотного фонда черноземов южных в условиях дефицита влаги // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 1(57). С. 154-157.
6. Кураченко Н.Л., Колесников А.С., Романов В.Н. Влияние обработки почвы на агрофизическое состояние чернозема и продуктивность яровой пшеницы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 1. С. 44-50. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-6.
7. Абдуллин М.М., Каипов Я.З. Улучшение водопроницаемости лесостепных и степных черноземов Южного Урала // Земледелие. 2011. № 1. С. 10-11.
8. Сабитов М.М. Влияние многолетних трав на повышение плодородия почв и продуктивности зерновых культур // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 50-54. DOI:10.24411/0235-2516-2019-10075.
9. Абанина О.А. Влияние многолетних бобовых трав на агрофизические свойства и плодородие почвы в различных севооборотах Юго-Востока ЦЧЗ: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. Орел, 2013. 10 с.
10. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., Никитин В.В. Влияние севооборотов, способов основной обработки почв и удобрений на агрофизические свойства почвы // Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции ГНУ ВНИИ и ЗПЭ. Курск, 2014. С. 306-310.
11. Каипов Я.З. Сохранение и воспроизводство плодородия черноземов в ресурсосберегающих технологиях полевого кормопроизводства на Южном Урале: дис. .. д-ра с.-х. наук. Уфа, 2008. С. 81-83.
12. Бойко Е.С., Василько В.П. Разработка принципов биологизированной системы земледелия для получения экологически безопасной и органической продукции на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения: Сб. трудов международной научной конференции. Краснодар: КубГАУ, 2021. С. 291-293.

13. Гулянов Ю.А., Чибилев А.А. Экологизация степных агротехнологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 5-9. DOI: 10.25750/1995-4301-2019-3-005-011.
14. Поляков Д.Г., Бакиров Ф.Г. Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта // Земледелие. 2020. № 1. С. 3-7. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10101.
15. Yilong Huang, Liding Chen, Bojie Fu, Zhilin Huang, Jie Gong. The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: straw mulch and irrigation effects. *Agricultural Water Management*. 2005. vol. 72. pp. 209-222. DOI:10.1016/j.agwat.2004.09.012.
16. Каракулев В.В., Бакиров Ф.Г., Вибе В.Д. Пути повышения влагонакопления в черноземах обыкновенных степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. № 10-1. С. 104-105.
17. Fabio Stagnari, Angelica Galieni, Stefano Specca, Giovanni Cafiero, Michele Pisante Effects of straw mulch on growth and yield of durum wheat during transition to Conservation Agriculture in Mediterranean environment. *Field Crops Research*. 2014. vol. 167. pp. 51-63. DOI:10.1016/j.fcr.2014.07.008.

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

Поступила в редакцию 05.05.2022
Принята к публикации 20.06.2022

OPTIMIZATION OF AGRICULTURAL SYSTEMS IN THE CONTEXT OF EXACERBATION ARID CLIMATE IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS

Ya. Kaipov, H. Safin

Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center
of the Russian Academy of Sciences
e-mail: akaipov@mail.ru

There are the goals - based on a generalization of literature and own research, to develop the principles of building agricultural systems in the context of the increasing aridity of the climate in the steppe zone of the Southern Urals. Field experiments were carried out in the steppe zone on ordinary chernozem. From 2011-to 2021, the influence of meadow grass rotation and biologized crop rotations with 4-5 fields of grain and leguminous crops and 2 fields of perennial grasses (alfalfa) on the density of arable and sub-arable soil horizons and the content of productive moisture over the growing season were studied. It was ascertained that perennial herbs in meadow grass rotation reduce soil density, increase water permeability and contribute to the accumulation of more productive moisture compared to fields occupied by annual crops. An increase in the accumulation of moisture in autumn-winter precipitation in the soil also occurs in biologized field crop rotations. The cultivation of alfalfa and the leaving of straw in the field after harvesting are the factor that improves the water regime in these crop rotations. Thus, the basic principles of farming systems optimization in the context of exacerbation of climate aridity the in the steppe zone of the Southern Urals include the development of biologized feed and field crop rotations, in which the water regime improvement is achieved by the influence of perennial grasses and mulch from grain straw.

Key words: steppe zone, drought, crop rotation, water regime improvement.

References

1. Global'nyi klimat i pochvennyi pokrov Rossii: otsenka riskov i ekologo-ekonomicheskikh posledstviy degradatsii zemel'. Adaptivnye sistemy i tekhnologii ratsional'nogo prirodopol'zovaniya (sel'skoe i lesnoe khozyaistvo). Natsional'nyi doklad. Pod red. A.I. Bedritskogo. M.: Pochvennyi in-t im. V.V. Dokuchaeva, GEOS, 2018. 285 s.
2. Pavlova V.N. Analiz i otsenki vliyaniya klimaticheskikh uslovii poslednikh desyatiletii na urozhnost' zernovykh kul'tur v zemledel'cheskoi zone Rossii. Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. 2010. T. 23. S. 215-230.
3. Filippova A.V., Petrova G.V., Minina O.N. Biologizirovannaya sistema zemledeliya dlya sukhostepnoi zony Yuzhnogo Urala: teoriya i praktika. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. N 3(65). S. 199-201.
4. Bakirov F.G., Nesterenko Yu.M. Printsipy formirovaniya zven'ev v sistemakh zemledeliya, adaptirovannykh dlya stepnoi zony Orenburzh'ya // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. N 4(66). S. 35-38.
5. Filippova A.V., Kanakova A.A., Minina O.N. Biologizirovannye priemy vospolneniya azotnogo fonda chernozemov yuzhnykh v usloviyakh defitsita vlagi. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. N 1(57). S. 154-157.
6. Kurachenko N.L., Kolesnikov A.S., Romanov V.N. Vliyanie obrabotki pochvy na agrofizicheskoe sostoyanie chernozema i produktivnost' yarovoi pshenitsy. Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2018. T. 48. N 1. S. 44-50. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-6.
7. Abdullin M.M., Kaipov Ya.Z. Uluchshenie vodopronitsaemosti lesostepnykh i stepnykh chernozemov Yuzhnogo Urala. Zemledelie. 2011. N 1. S. 10-11.
8. Sabitov M.M. Vliyanie mnogoletnikh trav na povyshenie plodorodiya pochv i produktivnosti zernovykh kul'tur. Agrokhimicheskii vestnik. 2019. N 5. S. 50-54. DOI:10.24411/0235-2516-2019-10075.
9. Abanina O.A. Vliyanie mnogoletnikh bobovykh trav na agrofizicheskie svoistva i plodorodie pochvy v razlichnykh sevooborotakh Yugo-Vostoka TsChZ: avtoref. ... dis. kand. s.-kh. nauk. Orel, 2013. 10 s.
10. Tyutyunov S.I., Solovichenko V.D., Nikitin V.V. Vliyanie sevooborotov, sposobov osnovnoi obrabotki pochv i udobrenii na agrofizicheskie svoistva pochvy. Sbornik dokladov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii GNU VNII i ZPE. Kursk, 2014. S. 306-310.
11. Kaipov Ya.Z. Sokhranenie i vosproizvodstvo plodorodiya chernozemov v resursosberegayushchikh tekhnologiyakh polevogo kormoproizvodstva na Yuzhnom Urale: dis. ... d-ra s.-kh. nauk. Ufa, 2008. S. 81-83.
12. Boiko E.S., Vasil'ko V.P. Razrabotka printsiptov biologizirovannoi sistemy zemledeliya dlya polucheniya ekologicheskii bezopasnoi i organicheskoi produktsii na chernozeme vyshchelochennom Zapadnogo Predkavkaz'ya. Problemy transformatsii estestvennykh landshaftov v rezul'tate antropogennoi deyatel'nosti i puti ikh resheniya: Sb. trudov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. Krasnodar: KubGAU, 2021. S. 291-293.
13. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. Ekologizatsiya stepnykh agrotekhnologii v usloviyakh prirodnykh i antropogennykh izmenenii okruzhayushchei sredy. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2019. № 3. S. 5-9. DOI: 10.25750/1995-4301-2019-3-005-011.
14. Polyakov D.G., Bakirov F.G. Organicheskaya mul'cha i No-till v zemledelii: obzor zarubezhnogo opyta. Zemledelie. 2020. N 1. S. 3-7. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10101.
15. Yilong Huang, Liding Chen, Bojie Fu, Zhilin Huang, Jie Gong. The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: straw mulch and irrigation effects. Agricultural Water Management. 2005. vol. 72. pp. 209-222. DOI:10.1016/j.agwat.2004.09.012.
16. Karakulev V.V., Bakirov F.G., Vibe V.D. Puti povysheniya vlagonakopleniya v chernozemakh obyknovennykh stepnoi zony Yuzhnogo Urala. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2006. N 10-1. S. 104-105.

17. Fabio Stagnari, Angelica Galieni, Stefano Specia, Giovanni Cafiero, Michele Pisante Effects of straw mulch on growth and yield of durum wheat during transition to Conservation Agriculture in Mediterranean environment. Field Crops Research. 2014. vol. 167. pp. 51-63. DOI:10.1016/j.fcr.2014.07.008.

Сведения об авторах:

Яхия Зайнуллович Каипов

Д.с.-х.н., доцент, ведущий научный сотрудник, Башкирский НИИ сельского хозяйства
Уфимского федерального научного центра РАН
ORCID iD 0000-0001-8612-2583

Yakhia Kaipov

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Bashkir Research
Institute of Agriculture, Ufa Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Халиль Масгутович Сафин

Д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник, Башкирский НИИ сельского
хозяйства Уфимского федерального научного центра РАН
ORCID iD 0000-0001-8337-4371

Khalil Safin

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Bashkir Research Institute of
Agriculture, Ufa Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: 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. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-2-72-80.

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».

Публикация статей осуществляется по следующим группам специальностей:

25.00.00 Науки о Земле:

- 25.00.23 Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов;
- 25.00.24 Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география;
- 25.00.26 Землеустройство, кадастр и мониторинг земель;
- 25.00.27 Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия
- 25.00.36 Геоэкология (по отраслям).

03.02.00 Общая биология:

- 03.02.01 Ботаника;
- 03.02.04 Зоология;
- 03.02.05 Энтомология;
- 03.02.08 Экология (по отраслям);
- 03.02.13 Почвоведение;
- 03.02.14 Биологические ресурсы.

06.00.00 Сельскохозяйственные науки:

- 06.01.01 Общее земледелие, растениеводство;
- 06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель.

Рукописи принимаются на русском и на английском языках.

Издание выходит 4 раза в год.

Журнал включен в системы Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Статьям присваивается цифровой идентификатор DOI.

Электронная версия номеров журнала размещается на сайте издания, в Научной электронной библиотеке.

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, 2022