

ISSN 1993-3916

Том 28 Номер 3 (92) Сентябрь 2022

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Журнал освещает фундаментальные исследования и результаты прикладных работ по проблемам аридных экосистем и борьбы с антропогенным опустыниванием в региональном и глобальном масштабах. Издается с 1995 года по решению Бюро Отделения общей биологии Российской академии наук.

МОСКВА: Товарищество научных изданий КМК



2022

ISSN 1993-3916

Том 28 Номер 3 (92) Сентябрь 2022

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Журнал освещает фундаментальные исследования и результаты прикладных работ по проблемам аридных экосистем и борьбы с антропогенным опустыниванием в региональном и глобальном масштабах. Издается с 1995 года по решению Бюро Отделения общей биологии Российской академии наук.

МОСКВА: Товарищество научных изданий КМК



2022

© Журнал основан в 1995 г.
Издается при поддержке
Прикаспийского института биологических ресурсов и
Института геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук,
Института водных проблем Российской академии наук,
Товарищества научных изданий КМК
и содействии региональных отделений секции
"Проблемы изучения аридных экосистем и борьбы с опустыниванием"
Научного совета "Проблемы экологии биологических систем"
отделения биологических наук Российской академии наук.
Подписной индекс русской версии журнала 39775 в 1 томе каталога «Пресса России»

**Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) ELIBRARY.ru, в базу научной электронной библиотеки “КИБЕРЛЕНИНКА” CYBERLENINCA.ru, в базу Российской государственной библиотеки (РГБ) rsl.ru, в базу данных Библиотеки по естественным наукам Российской академии наук (БЕН РАН), в базу данных Russian Science Citation Index, размещенную на платформе Web of Science, входит в число реферируемых журналов и Базы данных, ВИНИТИ, Google Scholar, AGRICOLA, EBSCO Discovery Service, OCLC, Summon by ProQues, включен в Перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, передается в Российскую книжную палату, переводится на английский и распространяется издательством Springer за пределами России.
Сведения о журнале ежегодно поступают в международную справочную систему «Ulrich’s Periodicals Directory».**
Информация о журнале, правила для авторов располагаются на сайте
[http://aridecosystems.ru/;](http://aridecosystems.ru/)
архив полнотекстовых статей по адресам: [http://aridecosystems.ru/архивы/;](http://aridecosystems.ru/архивы/)
[http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8404&code=99990527,](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8404&code=99990527)
<https://cyberleninka.ru/journal/n/aridnye-ekosistemy#/1009295>

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК РАН
ПРИКАСПИЙСКИЙ ИНСТИТУТ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ РАН
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ РАН
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

*СЕКЦИЯ "Проблемы изучения аридных экосистем и борьбы с опустыниванием"
Научного совета по проблемам экологии биологических систем*

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Том 28, № 3 (92), 2022, сентябрь

Журнал основан в январе 1995 г.
Выходит 4 раза в год

Главный редактор

доктор биологических наук, профессор
З.Г. Залибеков**

Заместитель главного редактора

доктор географических наук
Ж.В. Кузьмина*

Редакционная коллегия:

Б.Д. Абатуров, С.-В. Брекле (Германия), К.Б. Гонгальский, А. Джиллили (Китай),
Т.В. Дикарева, Л.А. Димеева (Казахстан), Т.Д. Зинченко, И.С. Зонн, К.Н. Кулик,
Г.С. Куст, В.В. Неронов, К.З. Омаров, Л. Орловская (Израиль), Н.И. Рабазанов,
А.А. Тишков, В.И. Черкашин, А.А. Чибилев, З.Ш. Шамсутдинов

Редакционный совет:

Д.Б. Асгерова, А.Б. Биарсланов, Э.А. Рустамов (Туркмения), Н.З. Шамсутдинов

Ответственные за выпуск:

Ж.В. Кузьмина*, О.С. Гринченко*(*Ответственный секретарь*)

Адреса редакции:

*Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3, ИВП РАН
Телефон: (499) 135-70-41. Факс: (499) 135-54-15
E-mail: arid.journal@yandex.ru

**Россия, 367025, г. Махачкала, ул. Гаджиева, д. 45, ПИБР ДНЦ РАН
Телефон: (872-2) 67-09-83
E-mail: arid_journal@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Том 28, номер 3 (92), 2022 сентябрь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Стабильность динамики фитомассы в заповедных и пастбищных низкогорно-степных ландшафтах Южного Урала <i>А.В. Хорошев</i>	3-13
Пространственная база данных экосистем бассейна оз. Байкал <i>С.Н. Бажа, А.В. Андреев, Е.А. Богданов, Е.В. Данжалова, И.А. Петухов, Ю.А. Рупышев</i>	14-22
Критерии приоритетной охраны для определения редкости видов растений, сред обитания и сообществ долины Лахул, Северо-западные Гималаи, Индия <i>А. Сингх, С.С. Самант, Л. Манохар, П. Шарма</i>	23-44
Ценофлоры берёзовых и сосновых лесов Гунибского плато (Дагестан) <i>Д.С. Кессель, З.И. Абдурахманова, К.В. Щукина, М.Г. Гаджиатаев</i>	45-52
Инвазия клена ясенелистного (<i>Acer negundo</i> L.) в национальном парке «Бузулукский бор» <i>Л.М. Абрамова, В.С. Агишев, Р.М. Хазиахметов, З.Х. Шиганов</i>	53-60
Современное состояние чернобоялышево-биюргуновых пастбищ Каракалпакского Устюрта (Узбекистан) <i>Н.К. Рахимова, Т. Рахимова</i>	61-71
Геоботаническая характеристика сообществ с участием солянки дагестанской (<i>Salsola daghestanica</i> (Turcz.) Turcz.) на аридных склонах хребтов Восточного Кавказа <i>Б.М. Магомедова, З.М. Асадулаев</i>	72-78
Изменение компонентов экосистем мелиорированных солонцов на Приергенинской равнине в вегетационный период (Республика Калмыкия) <i>Н.М. Новикова, М.В. Конюшкова, С.С. Уланова, Н.А. Волкова, Н.Л. Федорова, О.Г. Бембеева, М.М. Чемидов</i>	79-93
Зимнее распределение молодых больших подорликов (<i>Clanga clanga</i>), помеченных GPS-GSM трекерами в Европейской части России <i>А.В. Шариков, А.С. Педенко, Д.А. Зотов, Е.И. Тоболова, А.Л. Мищенко, В.Н. Мельников, О.С. Гринченко</i>	94-100
Биоразнообразие и экологические особенности панцирных клещей на юго-западе Копетдага <i>П.Р. Хыдыров</i>	101-106
Использование голоценовых отложений юго-востока Ростовской области для установления древней антропогенной деятельности в степных регионах <i>И.А. Идрисов, Н.И. Шихлина</i>	107-116

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Особенности межгодовой и сезонной динамики экологического состояния соленых озер в условиях аридного климата Крыма <i>И.И. Руднева, В.Г. Шайда, А.В. Щерба</i>	117-125
---	---------

СТАБИЛЬНОСТЬ ДИНАМИКИ ФИТОМАССЫ В ЗАПОВЕДНЫХ И ПАСТБИЩНЫХ НИЗКОГОРНО-СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ ЮЖНОГО УРАЛА

© 2022 г. А.В. Хорошев

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail: avkh1970@yandex.ru*

Поступила в редакцию 14.11.2021. После доработки 30.03.2022. Принята к публикации 01.04.2022.

В степной зоне высокая чувствительность растительного покрова к контрастам увлажнения выдвигает вопрос о зависимости внутрисезонной динамики фитомассы от структуры растительного покрова и рельефа ландшафта. На примере Айтуарской степи (Оренбургская область) проверялась гипотеза о неравнозначности пространственных факторов изменчивости функционирования в условиях заповедного режима и пастбищного воздействия. По повторяемости пяти градаций отклонений внутрисезонных приращений вегетационного индекса NDVI от средних значений рассчитана мера нестабильности типов динамики зеленой фитомассы (индекс Шеннона). Установлена связь типов динамики с видами урочищ, обусловленных принадлежностью к формам рельефом с характерными типами фитоценозов. Зоны наиболее нестабильного фитопродукционного функционирования характерны для ложин с луговыми степями. Заповедный режим стабилизирует динамику фитомассы за счет более высокой подчиненности климатическим процессам ландшафтного масштаба. На выпасаемых участках более характерны частые смены вариантов приращений фитомассы и усиливается зависимость от локальных факторов – каменистости, уровня грунтовых вод. На пастбищном участке местами становится преобладающей динамика с интенсивным поздневесенним накоплением фитомассы и малым уменьшением или возобновлением к концу лета за счет роста доли непоедаемых и устойчивых к выпасу видов.

Ключевые слова: степь, ландшафт, заповедник, пастбище, фитомасса, NDVI, сезонная динамика, стабильность, рельеф, Урал.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-3-13

EDN: AKLXRP

Ландшафты степной зоны, как давно известно, отличаются высокой чувствительностью растительного покрова к пространственной и временной вариабельности увлажнения (Мордкович, 2014; Чибилев, 2017). Естественный диапазон варьирования фитомассы может служить информативным индикатором изменчивости абиотических условий (прежде всего – грунтовых и поверхностных вод, температур, влажности) и способности ландшафта адаптироваться к ней. В свою очередь, изменчивость мобильных абиотических компонентов ландшафта (вод и воздуха) подчиняется стабильной морфолитогенной основе (рельефу и горным породам). Вопрос о связи между пространственной структурой и изменчивостью режимов функционирования – это вопрос о предсказуемости последствий внешних воздействий, в том числе антропогенных нагрузок. Современные разнообразные дистанционные материалы и способы анализа цифровых моделей рельефа в совокупности с традиционными полевыми исследованиями облегчают описание пространственной структуры ландшафта. В то же время длинные временные ряды непосредственных наблюдений за режимом функционирования редки. Поэтому возможность исследования динамики состояния растительного покрова по космическим снимкам, возникшая в последние десятилетия, создает новые перспективы для построения моделей связей между статичными и динамичными характеристиками ландшафта.

К настоящему времени получен значительный опыт в составлении динамических портретов типов фитоценозов на основании межгодовой вариабельности нормализованного разностного

вегетационного индекса (NDVI) (Барталев и др., 2017; Fedorov et al., 2019). Установлена зависимость накопления общей надземной фитомассы в растительных сообществах аридной зоны от почвенного увлажнения, особенно в заповедных условиях. Со сменой заповедного режима хозяйственным использованием и наоборот, как правило, происходит изменение хода накопления фитомассы. Значительная часть таких исследований посвящена динамике фитомассы пастбищ (Золотокрылин и др., 2013; Rahetlah et al., 2014). В деградированных сообществах зависимость между изменениями продуктивности травостоя и почвенной влажностью не всегда однозначна, что чаще всего связано с внедрением в деградированные сообщества видов, устойчивых к почвенной засухе (Данжалова, Хадбаатар, 2008). Основная часть дистанционных исследований фитопродуктивности ставит в центр внимания направленные изменения растительного покрова, связанные с климатическими изменениями и пожарами (Gillespie et al., 2018), или пространственные структуры, которым подчиняются тренды изменения продуктивности под влиянием антропогенной деятельности (Harris et al., 2013). Одной из проблем анализа временных рядов считается влияние межгодовых фенологических сдвигов развития растительности. Поэтому для обеспечения сравнимости сведений за разные годы стали использоваться не прямые значения NDVI, измеренные в территориальных единицах (пикселях) с постоянными координатами, а их отклонения от среднемноголетней величины (Барталев и др., 2017).

Понимание пространственных закономерностей диапазона возможных состояний фитоценоза позволит снизить риски хозяйственной деятельности, связанные с флуктуациями фитопродукции. В нашем исследовании поставлена цель выявить связь между внутрисезонной изменчивостью фитомассы и пространственной структурой низкогорно-степного ландшафта в заповедных и пастбищных условиях

Материалы и методы

Территория исследования имеет площадь 73 км², из которых 89% приходится на участок «Айтуарская степь» государственного заповедника «Оренбургский», а 11% лежат за его пределами к северу от р. Айтуар. Территория расположена вблизи места впадения р. Айтуар в р. Урал (центр – 51° 05' с.ш., 57° 40' в.д.). В южном секторе расположено останцовое плато Актобе, севернее характерно чередование гряд и балок с выступов пластов песчаников, конгломератов, известняков на гребнях и склонах. Это создает высокую мозаичность степных сообществ: от разнотравно-типчакОВО-тонконогово-залесскоковыльных (*Stipa zalesskii*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Galatella villosa*) на черноземах текстурно-карбонатных (южных) с хорошо развитым профилем на плато до инееватопырейно-петрофитноразнотравных (*Elytrigia pruinifera*, *Oxytropis floribunda*, *Onosma simplicissima*, *Echinops ruthenicus*) на петроземах крутых каменистых склонов. В ложинах и днищах балок доминируют ксеромезофитные варианты степей (мятликово-ковыльно-разнотравные), кустарниковые заросли (*Amygdalus nana*, *Cerasus fruticosa*, *Caragana frutex*, *Spiraea hypericifolia*) или разнотравно-кострецовые (*Bromopsis inermis*, *Galatella rossica*, *Sanguisorba officinalis*, *Vicia cracca*) луга на темногумусовых почвах, по выходам грунтовых вод и вдоль русла ручьев – перелески из черной ольхи (*Betula glutinosa*), осины (*Populus tremula*), березы (*Betula pendula*) на черноземах гидрометаморфизированных. В настоящее время к северу от с. Айтуар летняя пастбищная нагрузка составляет около 0.4 голов/га, в основном – овец (около 200 голов) и нескольких голов крупного рогатого скота.

Территория обеспечена 216 комплексными описаниями в 2011-2019 гг. Описания производились на площадке 10x10 м в основных видах урочищ – плато, гребневидных и округлых выпуклых останцовых поверхностей, крутых, покатых и пологих склонов всех экспозиций, лощин, днищ балок, наложенных на них конусах выноса лощин. В базу полевых данных вносились сведения о генезисе и морфологии мезоформ рельефа, микрорельефе, почвообразующих породах, названии и видовом составе фитоценоза, обилии видов по шкале Друде, проективном покрытии, количестве и высоте ярусов, мощности генетических горизонтов почв, их цвете по шкале Манселла и гранулометрическом составе. Названия растений давались по Определителю сосудистых растений Оренбургской области (Рябинина, Князев, 2009). Построена цифровая модель рельефа с разрешением 30 м. Классификация фитоценозов проведена по серии многоканальных изображений снимков Landsat 8 за 2018 г.

(каналы 1-7) методом к-средних в программе SAGA GIS 7.0. Выделены 10 типов фитоценозов (рис. 1). Полевая верификация проведена в июне 2019 г. с использованием данных З.Н. Рябиной (2003).

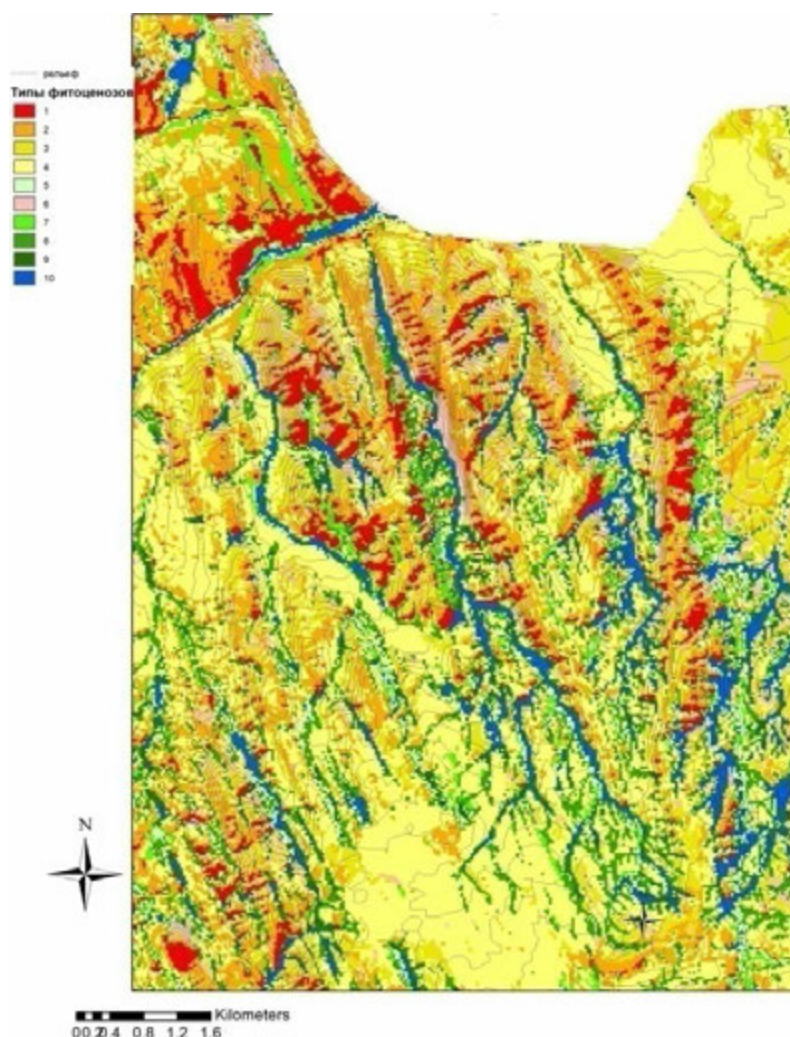


Рис. 1. Типы фитоценозов Айтуарской степи. *Условные обозначения:* 1 – петрофитные степи, 2 – ковыльно-типчачковые, 3 – ковыльно-разнотравные, 4 – типичные ковыльные, 5 – луговые и луга, 6 – кустарники с преобладанием ксерофильных видов, 7 – кустарниковые спирейно-пырейно-мятликово-ковыльные, 8 – кустарники с преобладанием ксеромезофильных видов с подростом осины, 9 – кустарники с преобладанием мезофильных видов с подростом черной ольхи и тополя, 10 – заросли черной ольхи, осины, березы с мезоигрофитными лугами. Классификация сделана методом к-средних на основе серии космических снимков Landsat 2018-2019 гг., разрешение 30 м.

Для исследования сезонных различий фитопродукционного процесса и пространственных различий его изменчивости использованы данные спутников Landsat 5, 7, 8 с разрешением 30 м. Всего использовано 38 безоблачных снимков за период 1984-2019 гг. Из них на апрель приходится 1 снимок, май – 9, июнь – 8, июль – 5, август – 5, сентябрь – 6, октябрь – 4. В анализ включено 80860 пикселей. По каждому снимку для каждого пикселя рассчитан нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI). Во время полевых исследований в июне 2019 г. проведены измерения зеленой травяной фитомассы на 68 площадках 0.5x0.5 м, которые впоследствии использованы для верификации NDVI по снимкам 06.06.2019 и 22.06.2019. По результатам верификации получен коэффициент корреляции Спирмена между влажной зеленой фитомассой и NDVI 0.62 для обоих

сроков, между фитомассой после высушивания и NDVI – 0.48 и 0.52 соответственно (Хорошев, 2020). Достоверность корреляций позволяет использовать NDVI как индикатор зеленой фитомассы.

Для расчета приращений NDVI (с отрицательным или положительным знаком) из 27 снимков 1988-2019 гг. составлены 33 пары с условием, чтобы каждая пара сроков была заключена в пределах одного года. 33 пары снимков охватывают все доступные сочетания сроков внутри года (май-июнь, май-июль, июнь-август и т.д.). При наличии нескольких снимков за один месяц одного года каждый из них использовался как самостоятельный источник информации.

Предполагалось, что в силу единого для ландшафта климата, согласно определению Н.А. Солнцева (1948), за период между любыми двумя сроками в течение вегетационного периода происходит некоторое естественное «фоновое» приращение индекса (с положительным или отрицательным знаком) в большинстве пикселей. Например, хорошо известно, что для степных европейских ландшафтов обычно возрастание фитомассы до первой половины лета, пока не полностью истощены запасы снеговой влаги в почве и не достигнуты максимальные температуры, и ее падение ко второй половине. Нами предлагается процедура, позволяющая «нивелировать» погодную специфику года и связанные с ней конкретные значения фитомассы, для того чтобы описать многолетнюю картину пространственной дифференциации ландшафта по стабильности фитопродукционного функционирования. Внутрисезонное фитопродукционное функционирование ландшафта рассматривается нами как комбинация фонового внутрисезонного «поведения» в одной (преобладающей по площади) части и «нефонового» (обусловленного сильными локальными факторами в некоторых урочищах) – в другой. Эти две части ландшафта непостоянны по площади и конфигурации.

На следующем шаге значения приращений NDVI между парами сроков были стандартизованы средствами программы Statistica 7.0. Для каждой пары сроков гипотеза о нормальном распределении приращений не подтвердилась. Однако модальные (т.е. наиболее часто встречающиеся) значения приращений NDVI всегда находились в интервале -0.5...0.5 в единицах среднеквадратичного отклонения (STD), т.е. близки к среднему. Встречаемость таких значений в ландшафте составляла в разные сроки от 36 до 61% площади, наиболее часто – около 48-52%. Это позволяет рассматривать такой интервал стандартизованных приращений NDVI как фоновый для общеландшафтного масштабного уровня. Иными словами этот интервал отражает единую реакцию большей части ландшафта как крупной территориальной единицы на внутрисезонную динамику атмосферных осадков. При этом очевидно, что фоновое функционирование низкогорно-степного ландшафта соответствует преимущественно заповедному участку, на который приходится 89% площади, а пастбищное воздействие рассматривалось как фактор локального значения. Значения внутрисезонных приращений NDVI в интервалах менее -0.5 STD и более 0.5 STD трактовались как проявление факторов локального масштаба. Каждому пикселю для каждой пары сроков присвоен один из пяти классов отклонения от среднего приращения. Ниже они названы *типами внутрисезонной динамики зеленой фитомассы*.

Типы динамики 1 (менее -1.5 STD) и 2 (-1.5...-0.5 STD) соответствуют стратегии быстрого накопления фитомассы весной и малой ее потери летом (при типе 1 – сохранения почти всей поздневесенне-раннелетней фитомассы). Тип динамики 3 (-0.5...0.5 STD) – фоновый; соответствует умеренной потере фитомассы во второй половине лета. Типы 4 (0.5...1.5 STD) и 5 (более 1.5 STD) соответствуют медленному накоплению фитомассы весной и сильной потере летом (по сравнению, соответственно, с фоновыми и высокими раннелетними значениями). Конкретные значения NDVI, соответствующие сезонам при каждом типе динамики, приводятся ниже. Таким образом, можно оценить, с какой частотой фитоценоз в составе конкретной фации (пикселя) подчиняется факторам ландшафтного масштаба (тип 3) и локальным факторам (типы 1, 2, 4, 5).

Затем для каждого пикселя: 1) рассчитана вероятность (повторяемость) каждого типа динамики в долях единицы за исследуемый период; 2) рассчитана мера неопределенности (т.е. нестабильности) динамики NDVI (H) по формуле Шеннона:

$$H = -\sum p_i * \log(p_i),$$

где p_i – вероятность типа динамики, i – номер типа динамики от 1 до 5). Чем больше величина N , тем чаще фитоценоз в пределах пикселя меняет тип динамики фитомассы, т.е. подчинение факторам ландшафтного и локального масштаба. Чем ниже значение N , тем выше повторяемость какого-то одного типа динамики, т.е. фитоценоз устойчиво подчиняется либо климатическому фактору общеландшафтного масштаба (тип 3), либо какому-то из локальных (урочищных) факторов, связанных с рельефом, горными породами, грунтовыми водами или выпасом. Сравнение пространственных закономерностей динамики фитомассы в заповедных и пастбищных условиях проведено на примере аналогичных по ландшафтной структуре и площади (525 га) смежных участков, разделенных долиной р. Айтуар.

Для каждого из 37 сроков (1984-2019 гг.) проверялась гипотеза о том, что соотношение факторов локального и ландшафтного масштабов неодинаково в разные отрезки вегетационного периода. Для этого средствами программы Statistica 7.0 рассчитывались непараметрические коэффициент корреляции Спирмена между NDVI и мерой нестабильности динамики N , рассчитанной за период 1988-2019 гг. Визуализация результатов расчета и определение площадей территории с разными типами динамики фитомассы производилась средствами программы ArcMap 3.0.

Результаты и обсуждение

По результатам полевой верификации NDVI, рассчитанного по снимкам 06.06.2019 и 22.06.2019, и аппроксимации линейным регрессионным уравнением $NDVI=0.3$ соответствует влажная травяная зеленая фитомасса 17-26 ц/га (сухая – 17-19 ц/га), $NDVI=0.4$ – 33-41 ц/га (сухая – 22-25 ц/га), $NDVI=0.6$ – 66-72 ц/га (сухая – 33-37 ц/га), $NDVI=0.8$ – 99-102 ц/га (сухая – 44-48 ц/га). Наибольший разброс значений зеленой фитомассы наблюдался при NDVI в интервале 0.4-0.5. На рисунке 2 представлен типичный ход NDVI в течение вегетационного периода для пяти типов внутрисезонной динамики.

Встречаемость типов динамики зеленой травяной фитомассы (рис. 3) довольно четко связана с видами урочищ и соответствующими типами фитоценозов (Хорошев, 2021). Тип динамики 1 характеризуется достижением в наиболее благоприятные годы в июне $NDVI=0.8$ и сохранением этого уровня, а в засушливые годы – падением не более чем до 0.4. Подобное функционирование проявляется преимущественно в зарослях кустарников (*Spiraea crenata*, *Amygdalus nana*, *Cerasus fruticosa*, поддерживающих высокую фитомассу до конца лета), разнотравно-кострцовых лугах, черноольховых и осиновых зарослях лощин и балок на черноземах бескарбонатных и гидрометаморфических или темногомусовых почвах. Очевидно, что локальным фактором, заставляющим подобные урочища «выходить из подчинения» общеландшафтной закономерности, является повышенное увлажнение, связанное с близостью грунтовых вод и затененностью.

Тип динамики 2 отличается уровнем NDVI до 0.6 в начале лета и незначительным уменьшением к концу лета, что характерно для грудницево-ковыльно-типчачковых и петрофитных степей крутых каменистых склонов. В этом случае замещение зональных черноземов текстурно-карбонатных литоземами карбонатными или петроземами выступает как мощный локальный фактор. В этом случае относительно небольшие потери фитомассы к концу лета, несмотря на ослабление вегетации *Stipa zaleskii*, *Stipa lessingiana*, объясняются смещением на это время наиболее активной фазы вегетации таких видов высокого обилия как *Galatella villosa*, *Artemisia austriaca*.

При фоновом типе динамики 3 максимальные значения NDVI достигают только 0.5, а позднелетнее уменьшение более существенное, чем при типах 1 и 2. Это типично для разнотравно-залесскоковыльных степей плато, пологих и покатых склонов на черноземах текстурно-карбонатных (южных) среднемощных и маломощных. Основные потери фитомассы объясняются ослаблением к середине лета вегетации доминантов – *Stipa zaleskii*, *Festuca valesiaca*, *Poa transbaikalica*. В отличие от динамики 2-го типа на крутых каменистых склонах, здесь из-за небольшого обилия полыней и грудницы потери фитомассы не могут быть компенсированы во второй половине лета.

Тип динамики 4 обычен для кустарниковых (*Spiraea crenata*) типчачково-ковыльковых и типчачковых степей на черноземах карбонатных маломощных в пределах покатых и крутых верхних частей склонов. Этот тип отличается от фонового еще более резким уменьшением фитомассы к

августу после сокращения вегетации *Festuca valesiaca*, *Stipa lessingiana*, *Stipa zalesskii*, *Elytrigia pruinifera*, *Ephedra distachya*, многих видов разнотравья.

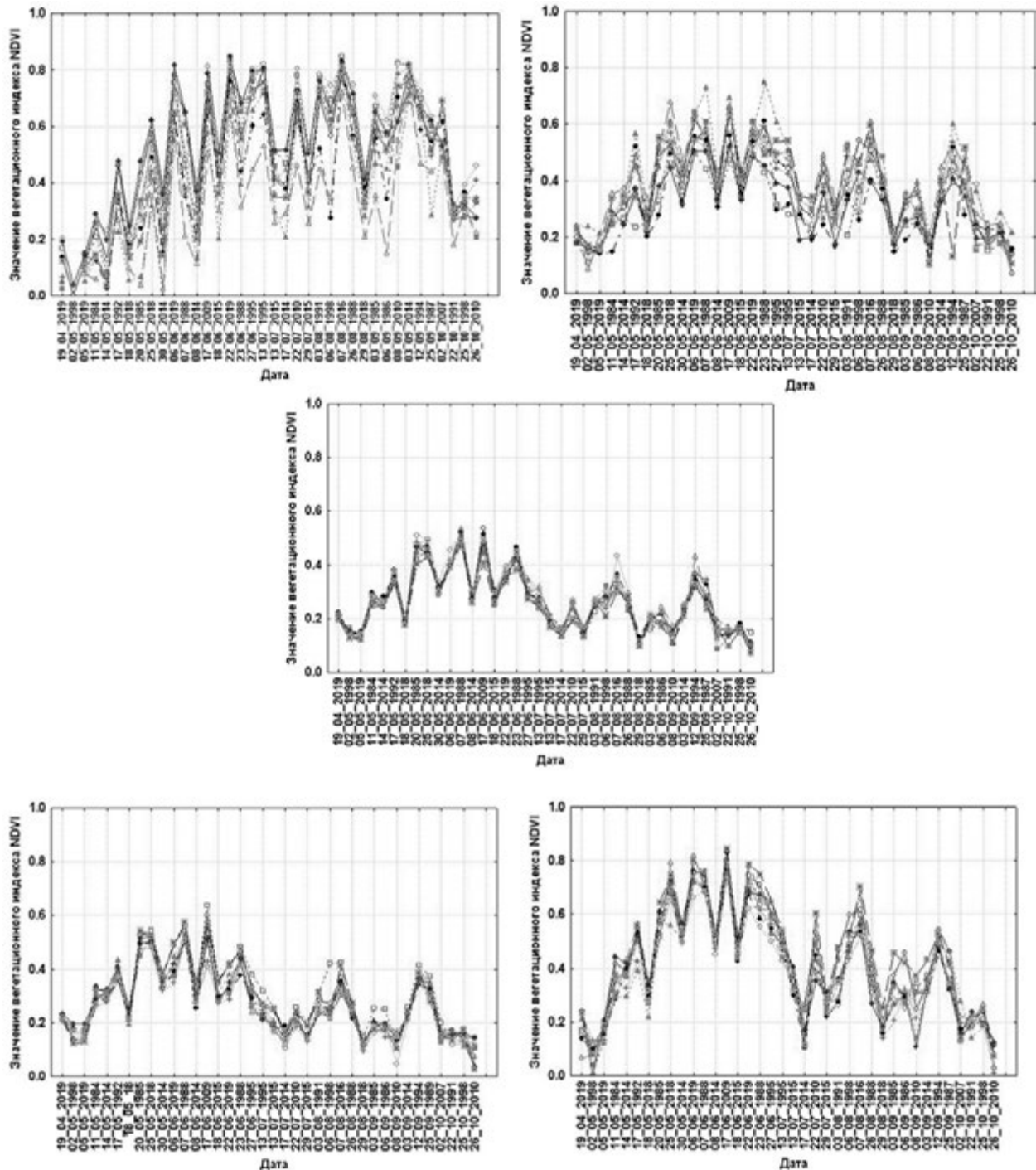


Рис. 2. Ход внутрисезонной динамики NDVI (по 10 пикселям с наиболее высокой повторяемостью), сверху вниз слева направо: тип 1, тип 2, тип 3 (фоновый), тип 4, тип 5. Использованы 37 космических снимков Landsat.

Тип динамики 5 редко, в отличие от других типов, преобладает по повторяемости во времени. Повышенная повторяемость (в данном случае – 20-48%) обычно встречается в слабоогнутых чашеобразных водосборных понижениях в верховьях лощин, в днищах глубоковрезанных лощин с

разнотравно-ковыльно-солонечниково-кострецовыми луговыми степями и кустарниками (*Spiraea crenata*, *Amygdalus nana*, *Cerasus fruticosa*). Он сходен с 1-м типом по большой раннелетней фитомассе, но отличается очень сильным уменьшением к концу лета за счет сокращения вегетации доминантов *Bromopsis inermis*, *Agropyron repens*, *Sanguisorba officinalis*

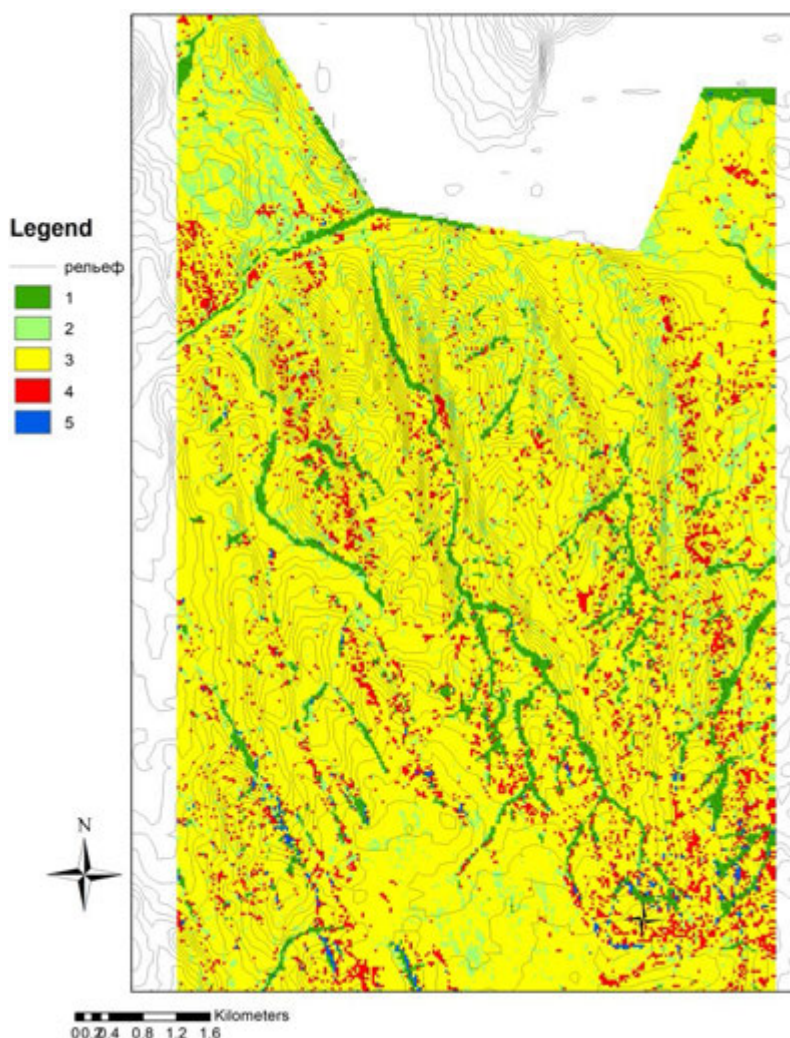


Рис. 3. Ареалы типов внутрисезонной динамики зеленой фитомассы (по NDVI). Условные обозначения. Максимальная повторяемость: 1 – более чем на 1.5 среднеквадратического отклонения (STD) ниже среднего приращения, 2 – отклонение на 0.5-1.5 STD ниже среднего, 3 – отклонение в пределах фонового приращения (± 0.5 STD от среднего), 4 – отклонение на 0.5-1.5 STD выше среднего, 5 – отклонение более чем на 1.5 STD выше среднего приращения. Расчет сделан на основе серии 33 космических снимков Landsat 1984-2019 гг., разрешение 30 м.

На карте преобладающих типов внутрисезонной динамики фитомассы (рис. 3) глубокооврезанные участки ложины и балки наиболее четко выделяются преобладанием типов динамики 1 и 2. Иначе говоря, фитомасса, созданная к концу мая и началу июня, либо (тип 1) сохраняется вплоть до начала сентября, либо (тип 2) ее сокращение в течение лета меньше фонового. Выпуклые участки склонов выделяются по высокой встречаемости типа динамики 4, при котором летнее сокращение фитомассы больше фонового. По результатам дисперсионного анализа классификация пикселей по типам сообществ более адекватно отражает пространственную дифференциацию встречаемости всех типов динамики фитомассы и меры нестабильности, чем классификация по формам рельефа

(при одинаковом количестве классов – 11), хотя в обоих случаях различия достоверны между почти всеми классами.

На выпасаемых участках (северо-западная часть) разнообразие типов динамики сокращено, по сравнению с заповедной частью ландшафта. Если в заповеднике фоновый тип динамики 3 абсолютно преобладает, то на пастбищах он частично вытесняется типами динамики 2 и 1 (табл. 1). В заповеднике в склоновых урочищах встречаемость фонового типа динамики 3 в 6 раз выше, чем встречаемость типа динамики 2. На пастбищах эта разница всего двухкратная (рис. 4). В днищах широких балок разница во встречаемости типов динамики 3 и 2 в заповеднике 6-кратная, на пастбищах – только в 1.8 раза.

Таблица 1. Доля площади с разными типами внутрисезонной динамики на заповедном и пастбищном участках Айтуарской степи, аналогичных по ландшафтной структуре и площади (525 га), %.

	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Всего
Заповедник	3.37	11.82	75.03	9.71	0.07	100
Пастбище	4.48	28.74	61.22	5.41	0.15	100

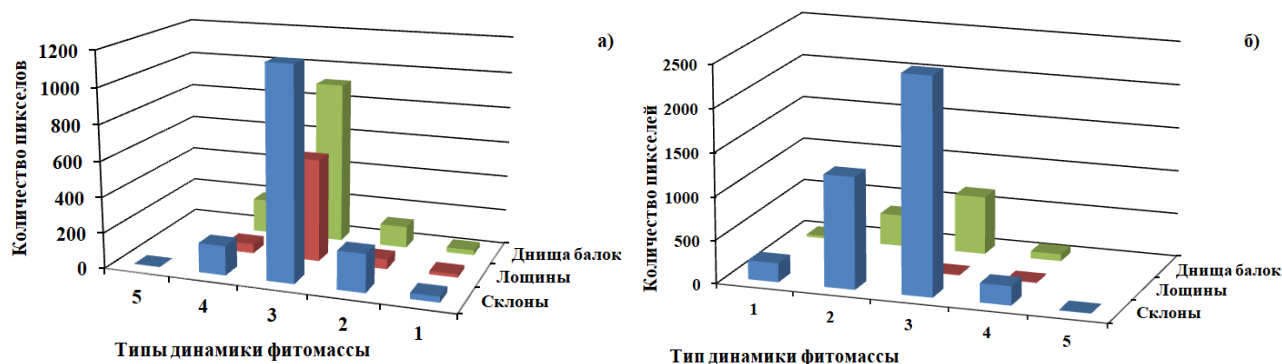


Рис. 4. Встречаемость типов динамики зеленой фитомассы в урочищах склонов, лощин и плоских днищ балок на заповедном (А) и пастбищном (Б) участках (площадь каждого участка – 525 га).

Заповедный режим в зональных степных фитоценозах делает динамику зеленой фитомассы (но не саму фитомассу!) относительно однообразной за счет более высокой повторяемости фоновой динамики (тип 3). При естественном функционировании основная часть фитоценозов подчиняется процессам ландшафтного масштаба. И на плато, и на пологих и крутых склонах, и в днищах широких балок режим функционирования примерно одинаков. На выпасаемых участках может преобладать динамика с интенсивным поздневесенним накоплением фитомассы и малым уменьшением или возобновлением к концу лета (тип 2). Это может проявляться в урочищах с разными уклонами, экспозицией склонов и кривизной рельефа, но особенно ярко – в пределах скотопргона к северу от с. Айтуар. Относительно небольшое (по сравнению с фоновыми условиями) уменьшение к концу лета фитомассы при выпасе может достигаться за счет роста обилия *Artemisia austriaca*, *Echinops ruthenicus*, *Galatella tatarica*, *Thymus marschallianus*, *Atriplex cana*, *Capsella bursa-pastoris*, *Kochia prostrata*. В литературе отмечена аналогичная закономерность для козельцово-мятликово-ковыльно-типчачковых фитоценозов (Сафронова и др., 2020). Поддержание фитомассы на пастбищах за счет разнотравья (в том числе сорного) и полукустарничков в меньшей степени обеспечивает к жаркому засушливому августу такое накопление ветоши и подстилки, какое свойственно заповедным степям за счет отмирания злаков. На пастбищах усиление физического испарения во второй половине лета с поверхности почв, лишенных степного войлока, при активной транспирации непоедаемым разнотравьем могут способствовать прогрессирующей ксерофитизации.

Для каждого срока, обеспеченного космоснимком, рассчитан непараметрический коэффициент корреляции Спирмена между NDVI в 80860 пикселях и значениями Н в этих же пикселях, которое характеризует внутрисезонное «поведение» фитоценоза за длительный период. NDVI согласуется с многолетней мерой нестабильности наиболее четко в июле и августе (коэффициент Спирмена 0.33-0.40), слабее – осенью; отсутствует зависимость в апреле и мае. Итак, для понимания соотношений общеландшафтных и локальных факторов ее динамики информативна только летняя фитомасса.

Зависимость между NDVI и Н обычно носит параболический характер. При некоторых значениях NDVI в среднем диапазоне в августе (например, в теплый 2016 г. – 0.4-0.6, в холодный 2018 г. – 0.2-0.3) мера нестабильности всегда высокая – не менее 1.1 и может достигать 1.6. Обычно это фитоценозы с большой раннелетней фитомассой, которые чаще подчиняются 1-му или 5-му типам динамики, но в зависимости от условий конкретного года или месяца могут вести себя иначе. Большинство таких фитоценозов приурочено к отрицательным формам рельефа и относится к группам луговых степей, кустарников с преобладанием мезофильных видов с подростом черной ольхи и тополя. Таким образом, в них действует правило «год на год не приходится»: запасов почвенной влаги не каждый год хватает, что обеспечивать устойчивую вегетацию в теплый период. В годы с очень сухим летом (например, 1991, 2010, 2014) фитомасса сокращалась примерно так же, как в фоновых степных условиях или даже более сильно, а обычный 1-й тип динамики не проявлялся.

При низких значениях NDVI в августе (в разные годы менее 0.2-0.4) мера нестабильности может принимать любое значение. Следовательно, соотношение вкладов общеландшафтных и локальных факторов в функционирование таких фитоценозов (главным образом, петрофитных, типчаковых, ковыльных степей) может быть самым разным. Залесскоковыльно-разнотравные и типичные залесскоковыльные степи наиболее часто подчиняются факторам общеландшафтного масштаба, т.е. 3-му типу динамики. При наибольших фитомассах июля-августа и NDVI более 0.6 (луговые и древесно-кустарниковые фитоценозы пойм и наиболее увлажненных балок) мера нестабильности не достигает максимальных значений. В большинстве случаев это свидетельствует об устойчивости локального фактора высокого грунтового увлажнения.

Нестабильность динамики фитомассы (Н), для всех типов фитоценозов склоновых урочищ выше в заповеднике, чем на пастбище (табл. 2). Во всех типах склоновых фитоценозов кроме ковыльных степей минимальные значения нестабильности на пастбищных участках выше, чем на заповедных (табл. 2). В днищах широких балок с продольными увалами по выходам пластов осадочных пород на пастбищах, по сравнению с заповедником, нестабильность повышается только в петрофитных и ковыльно-разнотравных степях, а минимальные значения – еще и в ковыльно-типчаковых и ковыльных степях и в зарослях ксерофильных кустарников (табл. 2). Из этих фактов следует, что заповедный режим играет стабилизирующую роль: при закономерных сезонных колебаниях фитомассы нехарактерны частые смены ведущих факторов при общем снижении вклада локальных факторов в варьирование фитомассы. На пастбищах в большинстве фитоценозов смена типа динамики происходит чаще, что свидетельствует о более частом «включении» локальных факторов, искажающих влияние обычных сезонных колебаний увлажнения. Помимо собственно пастбищных нагрузок, часто сопровождающихся ростом фитомассы устойчивых к выпасу или неподаваемых видов (*Eremopyrum orientale*, *Ceratocarpus orientale*, *Artemisia austriaca*, *Atriplex cana*, *Echinops ruthenicus*, *Euphorbia seguieriana*, *Thlaspi arvense*, *Capsella bursa-pastoris*, *Alyssum desertorum*), к их числу относится каменистость субстрата и приближение грунтовых вод к поверхности. По этим причинам, как в склоновых, так и в балочных урочищах наибольшая нестабильность типов динамики свойственна полярным по увлажнению типам фитоценозов – петрофитным и луговым степям.

Выводы

1. Пространственное распределение типов внутрисезонной динамики зеленой фитомассы контролируется рельефом. Наибольшие отклонения от фоновой динамики связаны с действием сильных локальных факторов – каменистости субстрата, близким залеганием грунтовых вод с сильной межгодовой изменчивостью, локализацией пастбищных нагрузок. Наиболее нестабильное фитопродукционное функционирование характерно для лощин с луговыми степями.

Таблица 2. Средние, максимальные и минимальные значения меры нестабильности динамики фитомассы H для заповедных (525 га) и пастбищных (525 га) урочищ.

Виды урочищ	Типы фитоценозов	Заповедник	Пастбище
Плоские и полого-волнистые днища балок	петрофитные степи	1.32 (1.02 ... 1.57)	1.36 (1.00 ... 1.57)
	ковыльно-типчаковые степи	1.26 (0.69 ... 1.55)	1.23 (0.85 ... 1.54)
	ковыльно-разнотравные степи	1.00 (0.53 ... 1.30)	1.17 (0.86 ... 1.41)
	типичные ковыльные степи	1.05 (0.50 ... 1.45)	0.93 (0.60 ... 1.29)
	луговые степи	1.39 (1.15 ... 1.56)	1.22 (0.92 ... 1.57)
	ксерофильные кустарники	1.11 (0.36 ... 1.53)	1.03 (0.55 ... 1.50)
Склоны	петрофитные степи	1.26 (0.71 ... 1.56)	1.32 (0.73 ... 1.56)
	ковыльно-типчаковые степи	1.12 (0.50 ... 1.51)	1.16 (0.64 ... 1.53)
	ковыльно-разнотравные степи	1.01 (0.44 ... 1.35)	1.13 (0.78 ... 1.50)
	типичные ковыльные степи	0.95 (0.23 ... 1.48)	0.97 (0.14 ... 1.42)
	луговые степи	1.31 (0.87 ... 1.56)	1.34 (0.93 ... 1.58)
	ксерофильные кустарники	1.00 (0.30 ... 1.58)	1.12 (0.58 ... 1.57)

2. Заповедный режим в типичных ковыльных и разнотравно-ковыльных степях стабилизирует зависимость динамики зеленой фитомассы от внутрисезонных погодных изменений, которые вызывают сходную реакцию фитомассы на плато, склонах и в днищах балок. Антропогенные нагрузки усиливают зависимость от локальных факторов и приводят к частым сменам вариантов приращений фитомассы.

3. При пастбищных нагрузках изменяется площадное соотношение участков с разными типами внутрисезонной динамики фитомассы. На пастбищном участке сокращена повторяемость фоновой динамики; местами становится преобладающей динамика с интенсивным поздневесенним накоплением фитомассы и малым уменьшением или возобновлением к концу лета за счет роста доли непоедаемых и устойчивых к выпасу видов, в том числе с пиком вегетации в конце лета.

Благодарности. Автор выражает благодарность Д.Е. Шаровой, О.М. Подгорному, И.В. Воловинскому, Г.М. Леоновой за участие в полевых исследованиях и подготовке дистанционных материалов и рецензентам за конструктивные замечания.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 20-05-00464 «Пространственная структура как фактор стабильности функционирования ландшафта», 2020-2022 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барталев С.А., Елкина Е.С., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Толпин В.А.* 2017. Дистанционная оценка озимых культур урожая 2017 года в Российской Федерации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 14. № 4. С. 275–280.
- Данжалова Е.В., Хадбаатар С.* 2008. Продуктивность и отавность растительных сообществ Восточно-азиатского сектора степей в неблагоприятные по увлажнению годы // Аридные экосистемы. Т. 14. № 35-36.
- Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Уланова С.С., Федорова Н.Л.* 2013. Наземные и спутниковые исследования продуктивности пастбищ республики Калмыкии с различной степенью деградации растительных сообществ // Аридные экосистемы. Т. 19. № 4 (57). С. 31–39.
- Мордкович В.Г.* 2014. Степные экосистемы. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 170 с.
- Рябинина З.Н.* 2003. Растительный покров степей Южного Урала (Оренбургская область). Оренбург: Издательство ОГПУ. 224 с.
- Рябинина З.Н., Князев М.С.* 2009. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. М.: Тов-во научных изданий КМК. 758 с.
- Сафронова И.Н., Калмыкова О.Г., Степанова Н.Ю.* 2020. Заволжско-зауральские степи северной подзоны степной зоны: особенности современного формационного разнообразия // Аридные экосистемы. Т. 26. № 4 (85). С. 4-9.
- Солнцев Н.А.* 1948. Природный ландшафт и некоторые его общие закономерности // Труды II Всесоюзного географического съезда. Т. I. М.: Географгиз. С. 258-269.
- Хорошев А.В.* 2020. Пространственная структура как фактор стабильности биопродукционного функционирования степных геосистем (на примере Айтгуарской степи, Южный Урал) // Принципы экологии. Т. 9. № 3. С. 71-86.
- Хорошев А.В.* 2021. Устойчивость типов динамики зеленой фитомассы в Айтгуарской степи (заповедник «Оренбургский», Южный Урал) // Вопросы степеведения. № 1. С. 68-82.
- Чибилев А.А.* 2017. Степная Евразия: региональный обзор природного разнообразия. М.; Оренбург: Институт степи РАН; РГО. 324 с.
- Fedorov N.I., Zharkikh T.L., Mikhailenko O.I., Bakirova R.T., Martynenko V.B.* 2019. Forecast changes in the productivity of plant communities in the pre-Urals steppe site of Orenburg state nature reserve (Russia) in extreme drought conditions using NDVI // Nature Conservation Research. Т. 4. № S2. Pp. 104-110.
- Gillespie T.W., Ostermann-Kelm S., Dong C., Willis K.S., Okin G.S., MacDonald G.M.* 2018. Monitoring changes of NDVI in protected areas of southern California // Ecological indicators. Vol. 88. Pp. 485-494.
- Harris A., Carr A.S., Dash J.* 2014. Remote sensing of vegetation cover dynamics and resilience across southern Africa // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. Vol. 28. Pp. 131–139.
- Meroni M., Rembold F., Urbano, F., Csak G., Lemoine G., Kerdiles H., Perez-Hoyoz A.* 2017. The warning classification scheme of ASAP – Anomaly hot Spots of Agricultural Production, v1.1. 26 p.
- Rahetlah V.B., Salgado P., Andrianarisoa B., Tillard E., Razafindrazaka H., Le Mézo L., Ramalanjaona V.L.* 2014. Relationship between normalized difference vegetation index (NDVI) and forage biomass yield in the Vakinankaratra region, Madagascar // Livestock Research for Rural Development. Vol. 26 (5) Pp. 1-11.

УДК 581.5: 528.94

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ БАЗА ДАННЫХ ЭКОСИСТЕМ БАСЕЙНА ОЗ. БАЙКАЛ

© 2022 г. С.Н. Бажа*, А.В. Андреев*, Е.А. Богданов*, Е.В. Данжалова*,
И.А. Петухов*, Ю.А. Рупышев**

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: monexp@mail.ru

**Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6. E-mail: rupyshv@mail.ru

Поступила в редакцию 01.03.2022. После доработки 20.03.2022. Принята к публикации 01.04.2022.

Составлена база данных, включающая слой-карту экосистем бассейна оз. Байкал в масштабе 1:500000, разделенную на 71 тип мезокомбинаций растительных сообществ и их антропогенно-преобразованных вариантов, где отражены природные выделы, соответствующие ландшафтными единицам урочище/подурочище. Для отображения пространственной вариабельности выделенных геоботанических единиц была разработана цифровая слой-карта морфогенетических типов рельефа, дифференцированных на 31 тип. Слой-карта почвенного покрова бассейна была получена на основании интерполяции различных опубликованных тематических данных и дополнялась с помощью архивных и многолетних данных полевого изучения почвенного покрова в Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ. В подготовленную базу данных включены пространственные данные экосистем и их антропогенной нарушенности для 9 модельных полигонов (масштаб – более 1:200000), 8 ключевых участков (масштаб 1:5000-1:10000), а также 1757 геоботанических описаний, сделанных авторами ранее. Пространственная база данных объемом 5.1 Гб представляет собой картографический веб-сервис, расположенный по адресу <https://mon-exp.nextgis.com/resource/>. Она предназначена для открытого использования на любых персональных компьютерах, рабочих станциях, ноутбуках, планшетах, смартфонах работающих на ОС Windows и Android, в том числе мобильных, имеющих доступ в интернет.

Ключевые слова: база данных, ГИС, экосистемы, бассейн озера Байкал, экологическое картографирование.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-14-22

EDN: AXHAKK

Бассейн озера Байкал площадью 576.5 тыс. км², являющийся составной частью водосборного бассейна Северного Ледовитого океана, располагается на территории двух государств – России и Монголии. В России бассейн занимает площади Иркутской области, Забайкальского края и Республик Бурятия и Тыва. В границах Монголии в бассейн входят: Хубсугульский, Хэнтэйский, Архангайский, Булганский, Орхон, Селенгинский, Дархан-Уул и Тов аймаки, частично – Завханский, Увэрхангайский и Баянхоргорский аймаки, а также административный регион – город Улан-Батор. Водосборная территория бассейна оз. Байкал – это горная страна, где разнонаправленные горные хребты чередуются с обширными межгорными котловинами и разделены долинами многочисленных горных рек. Перепад высот от поверхности озера до наивысшей точки (3539.9 м н.у.м. БС) на главном Хангайском хребте составляет около 3100 м. Горные массивы Прихубсугулья, Хангая и Прибайкалья характеризуются высокой сейсмичностью (Экологический ..., 2015). Крупнейшими межгорными депрессиями являются болотисто-лесная Верхнеангарская котловина, опесчаненная пойменно-степная Баргузинская котловина, степной Предхангайский прогиб, пойменно-степная Приорхонская впадина и лесостепная Нижне-Орхонская депрессия. Территория достигает в меридиональном направлении 1200 км, а в широтном – между верховьями рек Их-Тарийсин-Гол в Туве и Чикой в Забайкалье – 950 км.

Огромные размеры бассейна, находящегося на стыке таёжных гор Южной Сибири и горных степей Монголии, влияние соседних природных регионов Западной Сибири, Дальнего Востока,

Китая и Центральной Азии, контрастность орографического устройства, экологических условий и антропогенного влияния предопределили высокое разнообразие ландшафтов, состава и структуры экосистем, в том числе многообразие растительного покрова. На территории бассейна Байкала выделяется 5 региональных формаций растительности: Южносибирская, Северомонгольская, Среднесибирская, Центральноазиатская, Байкало-Джугджурская, различия между которыми проявляются на уровне растительных сообществ и их сочетаний в пределах каждого высотного пояса и среди гидроморфной растительности (Белов и др., 2015).

С экономической точки зрения бассейн Байкала является динамично развивающимся регионом Южной Сибири и Северной Монголии. Здесь сосредоточена большая часть населения Республики Бурятия и Монголии, интенсивно развивается горнодобывающая и лесоперерабатывающая промышленность. Для монгольской части бассейна характерна интенсификация сельскохозяйственного использования биоресурсов: быстрый прирост поголовья скота и расширение площадей богарного земледелия. Высокая степень освоения земель, несомненно, оказывает как прямое, так и косвенное воздействие на природную среду региона, провоцируя развитие деградационных процессов в экосистемах (Тулохонов, 1996; Экосистемы ..., 2005; Водные ..., 2009; Раднаев, 2012).

Необходимость усиления природоохранной деятельности при рациональном использовании совокупности адаптивных способов и методов организации хозяйственной деятельности в бассейне Байкала – одна из приоритетных задач, стоящих перед Россией и Монголией. Существенную роль при этом может сыграть и новая цифровая база данных «ГИС Экосистемы бассейна оз. Байкал» (2021), разработанная участниками Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ (СРМКБЭ) и размещенная в открытом доступе.

Материалы и методы

Карта экосистем бассейна оз. Байкал составлена в масштабе 1:500000, что дает возможность отразить природные выделы, соответствующие ландшафтными единицами урочище/подурочище. Основой для построения карты является слой-карта растительного покрова, составленная по результатам сопряженного анализа спутниковых снимков среднего и крупного пространственного разрешения, полученных с аппаратов Spot 6/7 и Landsat 8 (OLI), а также многочисленных картографических материалов, основными из которых являются: карта растительного покрова бассейна р. Селенги (Российская часть, масштаб 1:500000; Чердонова, 2003), атлас «Ecosystems of Mongolia» (2019), «Экологический атлас бассейна оз. Байкал» (Белов и др., 2015), карта «Экосистемы бассейна Селенги» масштабом 1:500000 (Экосистемы ..., 2005). Из фондовых материалов использована карта природных кормовых угодий Кызыльского сельского района Тувинской АССР масштабом 1:25 000 (сейчас это Тере-Хольский кожуун Республики Тыва; Куминова и др., 1985). В результате на территории бассейна был выделен 71 тип мезокомбинаций растительных сообществ и их антропогенно-преобразованных вариантов. Легенда-расшифровка к карте «Экосистемы бассейна оз. Байкал» для растительного покрова расположена по адресу <https://mon-exp.nextgis.com/resource/543>. Обработаны и интегрированы в ГИС данные более 1750 авторских геоботанических описаний, собранных в рамках многолетних полевых исследований СРМКБЭ.

В дальнейшем, в подготовленную базу данных были включены пространственные данные экосистем и их антропогенной нарушенности для 9 модельных полигонов (масштабом 1:100000-1:200000) и 8 ключевых участков (масштабом 1:5000-1:10000), созданные авторами ранее (Бажа и др., 2021).

Для отображения пространственной вариабельности выделенных геоботанических единиц была разработана цифровая слой-карта морфогенетических типов рельефа. По нашему мнению, именно структура рельефа, отображающая специфику его динамики, должна выступать в качестве одного из ключевых параметров для дифференциации растительного покрова. Известно, что для отображения текущей гетерогенности экосистем (ландшафтов) наиболее значимым параметром рельефа является характер его влияния на вещественно-энергетические потоки (Арманд, 1975; Дьяконов, Пузаченко, 2004). Именно выделение локусов рассеивания или аккумуляции вещества и энергии, а также степень мобилизации тех или иных продуктов функционирования экосистем, помогает сделать вывод о топо-динамическом состоянии экосистемы в целом и о возможности дальнейшего ее развития. В результате были выделены несколько основных параметров рельефа, выступающих в

качестве картографических единиц.

1. Места аккумуляции вещества и энергии, формирующиеся в замкнутых ложбинах (котловинах), днищах «эрозионно-тектонических» врезов с покатыми и плоскими склонами (крутизной до 9°). Выделение данных мест осуществлялось при помощи ряда инструментов Hydrology и Surfacea в программных пакетах ArcMap 10.6 и Saga Gis с использованием построенных ЦМР на основе открытых данных Геологической службы США (USGS, 2022). Для выделения областей аккумуляции использовались индексы TWI (Topographic Wetness Index) и TPI (Topographic Position Index), функция Sink, дополнительный модуль Slope Position Classification и построенные растры тальвегов при помощи инструментов Hydrology (Moore et al., 1991; Sørensen et al., 2006; Ma et al., 2010; Kopecký, Čížková, 2010; Rózycka et al., 2017; Кесель и др., 2019).

2. Места изначального рассеивания вещественно-энергетических потоков. В качестве таких мест выступают привершинные поверхности (гребни). Выделение гребней и прилегающих к ним областей осуществлялось при помощи индекса TPI и модуля Slope Position Classification (Weiss, 2000; Tağil, Jenness, 2008; Mokarram et al., 2017).

3. Положения транспорта вещества – участки рельефа крутизной более 4°. Для отображения характера транспорта вещества склоны были разбиты на несколько групп: очень пологие и пологие (до 8°), средней крутизны и покатые (8-15°), крутые (до 30°) и очень крутые (более 30°).

4. Места аккумуляции и квазиаккумуляции вещества, приуроченные к рекам (поймы и террасы).

Помимо выделения динамической составляющей было важно также отобразить уровни рельефа и степень гетерогенности его составных морфологических частей, то есть характер расчлененности. Анализируя структуру графика распределения высот по территории бассейна оз. Байкал были выделены три высотных пояса: 1500 м н.у.м. БС и ниже, 1500-2000 м н.у.м. БС и выше 2000 м н.у.м. БС. По характеру расчлененности (вертикальной и горизонтальной) вышеописанные картографические единицы (кроме пойм и террас по причине их довольно мелкого масштаба) были поделены на три категории: мелкорасчлененные, среднерасчлененные и сильно и очень сильнорасчлененные. В итоге был выделен 31 морфогенетический тип рельефа (табл. 1).

Таблица 1. Морфогенетические типы рельефа бассейна оз. Байкал.

Ключ	Типы рельефа
1	Речные поймы и 1-я приозерная терраса
2	Речные террасы, 2-я и 3-я приозерные террасы
3	Субаэральные дельты
4	Подгорные шлейфы, конусы выноса, пролювиальные валы
5	Слаборасчлененные (глубиной до 100 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
6	Среднерасчлененные (100-230 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
7	Сильнорасчлененные (231-420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
8	Очень сильнорасчлененные (более 420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
9	Среднерасчлененные (100-230 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
10	Сильнорасчлененные (231-420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
11	Очень сильнорасчлененные (более 420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
12	Слаборасчлененные (глубиной до 100 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
13	Среднерасчлененные (100-230 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°)

Продолжение таблицы 1.

Ключ	Типы рельефа
13	среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
14	Сильно расчлененные (230-420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
15	Очень сильно расчлененные (более 420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
16	Среднерасчлененные (100-230 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
17	Сильно расчлененные (231-420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
18	Очень сильно расчлененные (более 420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
19	Слаборасчлененные (глубиной до 100 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) верхнего гипсометрического уровня (выше 2000 м н.у.м. БС)
20	Среднерасчлененные (101-230 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15 град) верхнего гипсометрического уровня (выше 2000 м н.у.м. БС)
21	Сильно расчлененные (231-420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) верхнего гипсометрического уровня (выше 2000 м н.у.м. БС)
22	очень сильно расчлененные (более 420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) верхнего гипсометрического уровня (выше 2000 м н.у.м. БС)
23	Среднерасчлененные (100-230 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) верхнего гипсометрического уровня (выше 2000 м н.у.м. БС)
24	Сильно расчлененные (231-420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) верхнего гипсометрического уровня (выше 2000 м н.у.м. БС)
25	Очень сильно расчлененные (более 420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) верхнего гипсометрического уровня (выше 2000 м н.у.м. БС)
26	Днища эрозионной сети, не относящиеся к современной гидросети
27	Привершинные поверхности нижнего гипсометрического уровня
28	Привершинные поверхности среднего гипсометрического уровня
29	Привершинные поверхности верхнего гипсометрического уровня
30	Днища горных долин (высотой до 3 м)
31	Межгорные котловины, сильно замкнутые депрессии

Третьим крупным блоком цифровой карты экосистем выступает почвенный покров территории. Почвенный покров был оцифрован с Государственной почвенной карты СССР масштабом 1:1 000 000 (Лебедева и др., 2012; Рухович и др., 2013) и региональных почвенных карт разного масштаба (Цыбжитов, 1971; Уфимцева, 1963; Хадбаатар, 2010) и переклассифицирован согласно современной классификации почв России (Шишов и др., 2004).

Слой «Почвы» для монгольской части бассейна был подготовлен на основе карты почв бассейна оз. Байкал масштабом 1:5000000 (Почвы, 2015). Почвы российской части бассейна были получены на основании интерполяции почвенных карт из «Национального атласа почв Российской Федерации» (2011) на соответствующие субъекты в масштабе 1:2500000. Интерполирование почвенного покрова для некоторых типов и подтипов почв производилось на основании общих закономерностей формирования почвенного покрова на данной территории (Убугунов и др., 2018), уточнялось и дополнялось на основе архивных и многолетних данных полевого изучения почвенного покрова в СРМКБЭ РАН и АНМ, а также опубликованных монографий и статей (Экосистемы ..., 2005; Полевой определитель ..., 2008; Убугунов и др., 2012).

Большая протяженность территории бассейна оз. Байкал с юга на север определяет широтные изменения почвенно-растительного покрова. Здесь проявляется влияние экспозиционных,

меридиональных, аридных различий и высотной поясности. Существенна роль мерзлоты, неоднородности почвообразующих пород, сложная эволюция ландшафтов в историческом масштабе и их изменений в результате антропогенного воздействия. Комбинации почв, объединенных в контуре, напрямую связаны с высотной и экспозиционной дифференциацией и определяются характером мезо- и микрорельефа, а также неоднородностью почвообразующих пород. Большинство почв выделяется на уровне типа, реже подтипа согласно современной классификации почв для территории России и Монголии (Шишов и др., 2004; Убугунов и др., 2012; Полевой определитель ..., 2008). Пример классификации для почв монгольской части бассейна приведен в таблице 2.

Построение итоговой пространственной карты экосистем основывалось на уже известных и наиболее распространенных методах картографирования в ландшафтной экологии (Исаченко, 2016; Колбовский, 2016; Старожилов, 2018). Известно, что растительный покров является наиболее мобильным компонентом среды, рельеф выступает в роли независимого или слабозависимого компонента, а почвенный покров является результирующей вышеописанных компонентов. Таким образом, для отображения экосистемного разнообразия территории были скомбинированы между собой растительный покров и рельеф территории, и затем наложены контура почвы на уже имеющийся растительно-рельефный рисунок, не изменяя при этом общий план строения контуров. В итоге было получено более 8 тыс. сочетаний экосистем.

Таблица 2. Легенда-расшифровка к карте «Экосистемы бассейна оз. Байкал» для почв монгольской части.

Ключ	Почвенные выделы
1	Литоземы и петроземы в сочетании с криоземами и подбурами
2	Литоземы с петроземами
3	Крио-литоземы грубогумусовые с глееземами и подбурами
4	Крио-литоземы перегнойно-темногумусовые в сочетании с глееземами
5	Литоземы темногумусовые в сочетании с серогумусовыми литоземами
6	Глееземы и торфяно-глееземы
7	Торфяно-глееземы и торфяно-литоземы
8	Карбо-литоземы темногумусовые в сочетании с карболитоземами перегнойно-темногумусовыми
9	Карбо-литоземы перегнойные в сочетании с карбо-литоземами темногумусовыми
10	Перегнойно-темногумусовые и перегнойно-метаморфические
11	Криоземы в сочетании с подбурами
12	Торфяно-криоземы в сочетании с торфяно-подбурами
13	Подбуры типичные и грубогумусированные почвы в сочетании с дерново-подбурами и торфяно-подбурами
14	Подбуры оподзоленные и подбуры иллювиально-железистые
15	Подбуры и буроземы грубогумусовые в сочетании с дерново-подбурами оподзоленными
16	Подбуры и подзолы в сочетании с дерново-подзолами
17	Буроземы грубогумусовые в сочетании с темногумусовыми остаточно-карбонатными
18	Дерново-подзолы и подзолы в сочетании с дерново-подзолистыми
19	Дерново-подбуры с дерново-подбурами оподзоленными
20	Темногумусовые типичные в сочетании с темногумусовыми метаморфизированными
21	Темногумусовые метаморфизированные в сочетании с темногумусовыми глееватыми
22	Светлогумусовые с каштановыми
23	Темногумусовые остаточно-карбонатные в сочетании с черноземами дисперсно-карбонатными
24	Горные черноземы дисперсно-карбонатные маломощные щебнистые в сочетании с маломощными щебнистыми черноземами

Продолжение таблицы 2.

Ключ	Почвенные выделы
25	Горные темно-каштановые маломощные щебнистые в сочетании с темно-каштановыми
26	Горные каштановые маломощные щебнистые в сочетании с каштановыми
27	Подзолы и дерново-подзолы
28	Дерново-подзолистые и подзолистые
29	Слабо-подзолистые боровые пески в сочетании со слабоподзоленными песчаными почвами
30	Дерново-подзолы глеевые в сочетании с дерново-подзолисто-глеевыми
31	Дерново-подбуры и серые метаморфические в сочетании с подбурами грубогумусированными
32	Дерново-подбуры и псамоземы гумусовые в сочетании с подбурами
33	Темносерые и темносерые метаморфические
34	Серые метаморфические и серые
35	Гумусово-гидрометаморфические в сочетании с темногомусовыми
36	Перегноино-глеевые и перегноино-квазиглеевые
37	Черноземы квазиглеевые и черноземы гидрометаморфизированные
38	Черноземовидные в сочетании с темногомусовыми метаморфизированными
39	Черноземы дисперсно-карбонатные в сочетании с черноземами гидрометаморфизированными
40	Темно-каштановые и темно-каштановые турбированные
41	Каштановые и каштановые маломощные
42	Каштановые гидрометаморфизированные в сочетании с каштановыми турбированными
43	Торфяные эутрофные в сочетании с гумусово-гидрометаморфическими и перегноино-гидрометаморфическими
44	Аллювиально-серогумусовые и темногомусовые
45	Солончаки и солонцы в сочетании со светлогумусовыми засоленными и каштановыми солонцеватыми
46	Гумусово-гидрометаморфические засоленные в сочетании с гумусово-гидрометаморфическими солонцеватыми
47	Пески
48	Агроземы (агровариант естественной почвы)
49	Урбанозем
50	Урбохемозем
51	Рекультоземы

Структура, краткое содержание и внешний вид базы данных

База данных «Экосистемы бассейна оз. Байкал» состоит из трех основных типов данных: *группа ресурсов, справочники и веб-карта*, а также двух дополнительных: *векторы и растры*.

Тип данных «Группа ресурсов» представляет собой набор отдельных функциональных слоев-карт и справочного материала к ним, сортированных по папкам, то есть имеющих древовидную структуру. Верхний уровень содержит две папки. Первая папка «Полигоны крупномасштабного картографирования» содержит все карты экосистем и справочные материалы (легенды, описания, ссылки и т.д.) по модельным полигонам и ключевым участкам. Методика создания крупномасштабных полигонов и участков, детальное их описание представлены в предыдущих работах авторов (Трансформация ..., 2018; Бажа и др., 2021). В базе данных карты экосистем полигонов и ключевых участков представлены в виде векторных слоев.

Папка «Экосистемы бассейна оз. Байкал» содержит набор карт экосистем бассейна в масштабе 1:500 000 и справочного материала к ним, упорядоченных по административно-территориальным

единицам на уровне административных районов в РФ и сомонов в Монголии. Справочный материал содержит ссылки на файлы, содержащие анализ пространственной структуры определенного региона.

Конечным уровнем данного типа данных «Группы ресурсов» являются векторные слои, которые и представляют карты экосистем. Использование данного типа ресурсов необходимо для загрузки и копирования векторных слоев просматриваемой единицы. Полный доступ к загрузке векторных слоев открыт для пользователей, которые обратились к Администратору по электронному адресу, указанному на стартовой странице базы данных в разделе «Описание».

Тип данных «Справочники» представляет собой вложенные базы данных, содержащие два элемента: собственно справочник и описание к нему (рис.). Основное назначение такого справочника – информационное. Пользователю доступны расшифровки к легендам отдельных слоев. Элемент «Описание» содержит иную информацию справочного характера (методику и методологию построения, ссылки на источники информации, анализ данного слоя и т.д.).

Тип данных «Веб-карта» представляет собой отдельную пространственную базу данных, отраженную в картографическом виде. Она содержит набор картографических материалов иерархически организованных, одновременно доступных и управляемых для пользователя. Получение справочной информации о слое или ином типе данных, а также метаданных об отдельных просматриваемых картографических единицах (отдельных экосистемах) осуществляется из управления всей Веб-картой (кнопка **Слой ▼**). Данный элемент для более удобного использования настроен только на работу с типом «Векторный слой». Одновременно под управлением данного элемента может находиться до 20 векторных слоев.

ГИС Экосистемы бассейна оз. Байкал

Основная группа ресурсов (инструкция ниже в описании)

Наименование: Основная группа ресурсов (инструкция ниже в описании)
 Тип: Группа ресурсов (resource_group)
 Владелец: Администратор

Дочерние ресурсы

Наименование ↑	Тип	Владелец	
Карта экосистем бассейна оз. Байкал	Группа ресурсов	Администратор	
Граница бассейна оз. Байкал	Векторный слой	Администратор	📄 🗺
Легенда-расшифровка к карте "Экосистемы бассейна оз. Байкал" для почв монгольской части бассейна	Справочник	Администратор	
Легенда-расшифровка к карте "Экосистемы бассейна оз. Байкал" для почв российской части бассейна	Справочник	Администратор	
Легенда-расшифровка к карте "Экосистемы бассейна оз. Байкал" для слоя рельеф и к вспомогательным картам "Морфогенетический рельеф монгольской и российской частей бассейна оз. Байкал"	Справочник	Администратор	
Легенда-расшифровка к карте "Экосистемы бассейна оз. Байкал" для растительного покрова	Справочник	Администратор	
Экосистемы бассейна оз. Байкал (1:500 000)	Веб-карта	Администратор	🗺

Описание

Инструкция для работы с Веб-сервисом находится по ссылке ниже:
<https://disk.yandex.ru/i/karNcr0yUSrGOA>

Почта для связи:
 monexp.gis@gmail.com

Рис. Фрагмент стартовой страницы базы данных «ГИС Экосистемы бассейна оз. Байкал» (2021).

Заключение

Разработанная пространственная база данных (ГИС Экосистемы бассейна оз. Байкал, 2021) представляет собой картографический веб-сервис и предназначена для использования на любых персональных компьютерах, рабочих станциях, ноутбуках, планшетах, смартфонах работающих на ОС Windows 2000/XP/2003/2008/Vista/7/8/10/11 и Android, в том числе мобильных ОС, имеющих доступ в интернет. База данных объемом 5.1 Гб, имеющая свыше 3.5 млн. заполненных ячеек атрибутивной информации¹, построена на платформе и серверах, обслуживаемых компанией NextGIS (Москва) на контрактной основе.

Новая пространственная база данных визуализирует пользователю в картографическом и карто-схематическом виде данные, полученные и получаемые в ходе комплексных биологических исследований территории бассейна оз. Байкал. Она предоставляет пользователю возможности просмотра, аннотации и предварительного анализа пространственных данных, а также сопутствующей этим данным атрибутивной информации (в том числе метаданные). По дополнительному запросу пользователи могут осуществить полное копирование и обработку материала на своем ПК. Новая база данных может эффективно использоваться при решении различных задач в области экологии, охраны природы, изучения ландшафтного и биологического разнообразия, картографии, географии, ландшафтного планирования, в том числе и самого озера Байкал.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках Научной программы деятельности Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ, а также при поддержке гранта РФФИ № 17-29-05019 «Опасные деградационные процессы и их роль в формировании антропогенно-трансформированных ландшафтов в бассейне Байкала».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арманд А.Д. 1975. Информационные модели природных комплексов. М.: Наука. 126 с.
- Бажа С.Н., Андреев А.В., Богданов Е.А., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Петухов И.А., Рупышев Ю.А., Убугунова В.И., Иванов Л.А., Хадбаатар С., Цыремпилов Э.Г. 2021. Причинно-следственный анализ деградации экосистем бассейна Байкала на основе долговременного мониторинга сети модельных полигонов // Аридные экосистемы. Т. 21. № 2 (87). С. 11-24. [Bazha S.N., Andreev A.V., Bogdanov E.A., Danzhalova E.V., Drobyshev Yu.I., Petukhov I.A., Rupyshev Yu.A., Ubugunova V.I., Ivanov L.A., Khadbaatar S., Tsyrempilov E.G. 2021. Analysis of the Cause and Effect of Ecosystem Degradation in the Lake Baikal Basin Based on Long-Term Monitoring in the Network of Model Polygons // Arid Ecosystems. Vol. 11. No. 2. Pp. 121-134.]
- Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Хадбаатар С. 2018. Трансформация наземных экосистем южной части бассейна Байкала. М.: КМК. 402 с.
- Белов А.В., Соколова Л.П., Тувшинтогтох И. 2015. Растительность. Карта. Масштаб 1:5000000 // Экологический атлас бассейна оз. Байкал. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. С. 34-36.
- ГИС Экосистемы бассейна оз. Байкал. 2021 [Электронный ресурс <https://mon-exp.nextgis.com/resource/> (дата обращения 31.01.2022)].
- Водные экосистемы бассейна Селенги. 2009 / Ред. Ю.Ю. Дгебуадзе. Т. 55. М.: Россельхозакадемия. 406 с.
- Дьяконов К.Н., Пузаченко Ю.Г. 2004. Теоретические положения и направления исследований современного ландшафтоведения // География общество и окружающая среда. Т. II. Функционирование и современное состояние ландшафтов. С. 21-30.
- Исаченко А.Г. 2016. Методология ландшафтоведения и ландшафтно-географический научный метод // Известия русского географического общества. Т. 148. № 1. С. 15-30.
- Кесель Э.А., Мороз А.В., Губаревич Е.С., Мыслыва Т.Н. 2020. Комплексный морфометрический анализ территории с использованием функциональных возможностей ГИС // Аграрная наука – сельскому хозяйству. Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, Барнаул, 7-8 февраля 2019 г. В 2-х кн. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет. С. 345-347.
- Колбовский Е.Ю. 2016. Геоинформационное моделирование и картографирование ландшафтных местоположений // Известия высших учебных заведений // Геодезия и аэрофотосъемка. № 5. С. 20-24.
- Куминова А.В., Седельников В.П., Маскаев Ю.М. 1985. Растительный покров и естественные кормовые угодья

¹ Так как база данных динамично пополняется как элементарно (дополнения к уже существующим слоям-картам), так и структурно (добавление новых карт-слов), здесь представлено описание содержания базы данных по состоянию на конец января 2022 г.

- Тувинской АССР / Ред. И.Ю. Коропачинский. Новосибирск: Наука. 256 с.
- Лебедева И.И., Овечкин С.В., Королюк Т.В., Герасимова М.И. 2012. Почвенно-генетическое районирование: принципы, задачи, структура, приложение // Почвоведение. № 7. С. 715-727
- Национальный атлас почв Российской Федерации. 2011. М.: Астрель [Электронный ресурс <https://soil-db.ru/soilatlas> (дата обращения 20.03.2018)].
- Полевой определитель почв России. 2008. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 182 с.
- Почвы. 2015. Карта. Масштаб 1:5000000 // Экологический атлас бассейна оз. Байкал. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. С. 39.
- Антропогенная трансформация природных систем и социально-экономические последствия в бассейне р. Селенги. 2012 / Ред. Б.Л. Раднаев. Улан-Удэ: Изд-во БГУ. 260 с.
- Рухович Д.И., Королева П.В., Калинина Н.В., Вильчевская Е.В., Симакова М.С., Долинина Е.А., Рухович С.В. 2013. Государственная почвенная карта – версия ArcInfo // Почвоведение. № 3. С. 251-267.
- Старожилов В.Т. 2018. Метод векторно-слоевого ландшафтного картографирования и районирования // Проблемы региональной экологии. № 2. С. 134-138.
- Тулохонов А.К. 1996. Байкальский регион: проблемы устойчивого развития. Новосибирск: Наука. 208 с.
- Чердонова В.А. 2003. Современное состояние и процессы трансформации растительного покрова российской части бассейна реки Селенги. Дисс. ... канд. биол. наук. М. 250 с.
- Убугунов Л.Л., Гынинова А.Б., Белозерцева И.А., Доржготов Д., Убугунова В.И., Сороковой А.А., Убугунов В.Л., Бадмаев Н.Б., Гончиков Б.Н. 2018. Географические закономерности распределения почв на водосборной территории оз. Байкал (к карте «Почвы бассейна оз. Байкал») // Природа Внутренней Азии. № 2 (7). С. 7-26.
- Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б., Убугунов В.Л., Балсанова Л.Д. 2012. Почвы Бурятии: разнообразие, систематика и классификация // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. № 2. С. 45-52.
- Уфимцева К.А. 1963. О горных таежных почвах Забайкалья // Почвоведение. № 3. С. 51-62.
- Хадбаатар С. 2010. Ландшафтно-экологические особенности деградации богарных земель центральной части бассейна Селенги. Дисс. ... канд. геогр. наук. М. 216 с.
- Цыбжитов Ц.Х. 1971. Почвы лесостепи Селенгинского среднегорья. Улан-Удэ. 107 с.
- Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. 2004. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 342 с.
- Экологический атлас бассейна оз. Байкал. 2015. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 145 с. [Электронный ресурс <http://bic.iwlearn.org/ru/atlas/atlas> (дата обращения 24.03.2020)]. [The Ecological Atlas of the Baikal Basin. 2015. Irkutsk: V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS. 145 p.]
- Экосистемы бассейна Селенги. 2005. Карта Экосистем бассейна Селенги. Масштаб 1:500000 / Ред. Е.А. Востокова, П.Д. Гунин. М.: Наука. 359 с.
- Ecosystems of Mongolia. Atlas. 2019. М.-Ulaanbaatar: KMK Scientific Press. 262 p.
- Kopecký M., Čížková Š. 2010. Using Topographic Wetness Index in Vegetation Ecology: Does the Algorithm Matter? // Applied Vegetation Science. Vol. 13. No. 4. Pp. 450-459.
- Ma J., Lin G., Chen J., Yang L. 2010. An Improved Topographic Wetness Index Considering Topographic Position // 18th International Conference on Geoinformatics. Pp. 1-4.
- Mokarram M., Darvishi A., Negahban S. 2017. The Relation Between Morphometric Characteristics of Watersheds and Erodibility at Different Altitude Levels Using Topographic Position Index (TPI) Case Study: Nazloochaehi Watershed // Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR). Vol. 26. No. 101. Pp. 131-142.
- Moore I.D., Grayson R.B., Ladson A.R. 1991. Digital Terrain Modelling: a Review of Hydrological, Geomorphological and Biological Applications // Hydrological Processes. Vol. 5. No. 1. Pp. 3-30.
- Różycka M., Migoń P., Michniewicz A. 2017. Topographic Wetness Index and Terrain Ruggedness Index in Geomorphic Characterization of Landslide Terrains, on Examples from the Sudetes, SW Poland // Zeitschrift für geomorphologie, Supplementary issues. Vol. 61. Pp. 61-80.
- Sörensen R., Zinko U., Seibert J. 2006. On the Calculation of the Topographic Wetness Index: Evaluation of Different Methods Based on Field Observations // Hydrology and Earth System Sciences. Vol. 10. No. 1. Pp. 101-112.
- Tağul Ş., Jenness J. 2008. GIS-based Automated Landform Classification and Topographic, Landcover and Geologic Attributes of Landforms around the Yazoren Polje, Turkey // Journal of Applied Sciences. Vol. 8. Pp. 910-921.
- USGS. 2022. United States Geological Survey. [Электронный ресурс <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения 10.11.2021)].
- Weiss A.D. 2000. Topographic Position and Landforms Analysis. Poster [Электронный ресурс http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc_18x22.pdf (дата обращения 12.11.2021)].

УДК 574.472

КРИТЕРИИ ПРИОРИТЕТНОЙ ОХРАНЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОСТИ ВИДОВ РАСТЕНИЙ, ИХ СРЕД ОБИТАНИЯ И СООБЩЕСТВ ДОЛИНЫ ЛАХУЛ, СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЕ ГИМАЛАИ, ИНДИЯ

© 2022. А. Сингх*, С.С. Самант**, Л. Манохар***, П. Шарма****

*Институт гималайских технологий биоресурсов
Индия, 176061, Палмпур, Химачал-Прадеш, п/я № 6. E-mail: ashoksingh@ihbt.res.in

**Гималайский институт лесных исследований
Индия, 171013, Пантагати, Шимла, Химачал-Прадеш
E-mail: dir_hfri@icfre.org, samantss2@rediffmail.com

***Национальный институт окружающей среды Гималаев им. Г.Б. Панта
Индия, 175126, Мохал, Куллу, Химачал-Прадеш, региональный центр Химачала
E-mail: manoharlal.thakur@gmail.com

****Государственный департамент по биоразнообразию Химачал-Прадеша,
офис Совета по науке, технологиям и окружающей среде Химачал-Прадеша
Индия, 171001, Шимла, Химачал-Прадеш, офис Парьяварен Баван, возле US Club
E-mail: spankaj80@gmail.com

Поступила в редакцию 06.09.2021. После доработки 30.03.2022. Принята к публикации 01.04.2022.

Стремительное увеличение количества редких видов – это тревожное явление, с которым столкнулся современный мир. Как и в других горных регионах, в уязвимых горах Гималаев также происходят явления, ведущие к вымиранию различных видов растений. Изученные на локальном уровне данные и их сравнение с глобальными данными, а также данными по стране в целом позволили нам проанализировать скорость исчезновения видов для их дальнейшего мониторинга. Осознавая важность исследования, мы проанализировали каждый вид по таким критериям, как их среда обитания, модель ареалов, размер популяции, тип их использования человеком, тренд извлечения из среды, количество местных и эндемичных видов. Всего в долине Лахул в некоторых частях холодной пустыни на северо-западе Гималаев в Индии было обнаружено 255 видов растений, находящихся под той или иной угрозой: 20 – на грани полного исчезновения, 30 – исчезающие, 60 – уязвимые, 144 – в состоянии, близком к угрожаемому. Наши исследования предполагают, что при ограниченном видовом разнообразии устанавливается максимальное биотическое и абиотическое давление. Такие факторы, как высотный пояс 2800-3800 м н.у.м., местообитания (лесные, тенистые влажные, сухие, каменистые, валунистые, пастбищные) и сообщества деревьев (смешанное *Cedrus deodara-Acer cappadocicum*, смешанное *Juglans regia-Ulmus wallichiana-Acer acuminatum*, смешанное *Salix fragilis-Fraxinus xanthoxyloides*, смешанное *Abies pindrow-Pinus wallichiana* и *Crataegus songarica*), кустарников (смешанное *Juniperus indica, Juniperus communis-Rosa webbiana, Spiraea canescens, Salix pycnostachya, Lonicera obovata, Cassiope fastigiata*, смешанное *Juniperus communis-Lonicera obovata*, смешанное *Hippophae rhamnoides* ssp. и смешанное *Leontopodium brachyactis-Saxifraga jacquemontiana-S. brunonis*), имели максимальное значение индекса приоритетной охраны видов, находящихся под угрозой исчезновения, а потому в будущем необходим мониторинг для их дальнейшего сохранения. Эта информация полезна для картографирования редких растений, сообществ и местообитаний для быстрого планирования и реализации мероприятий по охране.

Ключевые слова: критерии определения редкости видов, разнообразие, распространение, ареал, основа сообщества, значение индекса приоритетной охраны.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-23-44

EDN: VIPBLS

Стремительное уменьшение видового разнообразия и изменения в экосистемах происходят в лесах всего мира (Pimm et al., 2014). Из 8.74 млн. видов эукариотов, найденных на суше и в океане (Mora et al., 2011), около 1 млн. видов растений и животных находится на грани исчезновения в результате деятельности человека (Tollefson, 2019). По оценкам Международного союза охраны природы и природных ресурсов, около 10% сосудистых растений находятся под угрозой разной степени, а почти 25% видов цветковых могут исчезнуть в последующие 50 лет (Raven, 1987; Schemske et al., 1994; Samant et al., 1996). К 2020 году 120372 краснокнижных видов, включая более 32 тыс. видов растений и животных, были внесены в угрожаемые категории (IUCN, 2020). Около 75% наземной среды и 66% морской, а также 32 млн. га лесной (в период с 2010 по 2015 гг.) претерпели серьезные изменения в результате человеческой деятельности (Diaz et al., 2019). Их реакция на антропогенные угрозы зависит от времени и местоположения, а также важна для количественной оценки системы распределения уязвимости экосистем, связанной с видовым составом и условиями окружающей среды на выбранной территории (Zijp et al., 2017). Исследования редкости видов гораздо интереснее раскрываются в области биоразнообразия (Magurran, Henderson, 2003; Cunningham, Lindenmayer, 2005) и важны для природоохранной биологии (Prendergast et al., 1993). В настоящее время выявление угроз и затрат на восстановление вызывает все большую озабоченность (McCarthy et al., 2012; Allan et al., 2013). Для определения приоритетов и быстрого внедрения необходимых методов охраны политики и топографы провели картирование угроз, которым подвергнуто биоразнообразие территории (Tulloch et al., 2015).

В Индийском регионе Гималаев (ИРГ) жизнь большинства людей зависит от растительных ресурсов. Ежедневный рост населения и сокращение биологических ресурсов побудили экспертов и топографов заняться сохранением этих ресурсов (Sharma et al., 1989). Причинами их быстрого сокращения и появления уязвимости видов являются чрезмерная эксплуатация и деградация среды обитания. Среди угрожаемых категорий из-за своего узкого географического распространения наиболее уязвимы местные и эндемичные виды (Samant et al., 2007; Tali et al., 2014). Определение редкости видов на охраняемых и незащищенных территориях ИРГ проводилось разными авторами, с использованием четырех критериев, таких как предпочтительная среда обитания, размер популяции, ареал распространения и антропогенное воздействие (Samant et al., 1996, 1998, 2006; Samant, Pal, 2003; Ved et al., 2003, 2005; Pant, Samant, 2006). Помимо этого на локальном уровне в Гималаях проводили несколько исследований для определения редкости видов по 6 критериям и по значению индекса приоритетной охраны с 8 атрибутами (Samant et al., 2007, 2010; Singh, 2007; Rana, Samant, 2010). Модифицировав метод, разработанный А. Pandey с соавторами (2018) также использовали 8 критериев для определения редкости. Большинство таких исследований в Индийском регионе Гималаев основано на фрагментарной первичной информации и вторичной литературе, находящейся в свободном доступе.

Холодная пустыня расположена в самой дальней части Индийского региона Гималаев. Она отличается уникальным разнообразием экосистем с высоким процентом растений, важных для экологии и экономики (Samant et al., 2011). С древнейших времен люди холодной пустыни зависели от ценных растений и применяли их в традиционной медицине (например, в медицинской системе Амчи или Ларье). Кроме того, в ней обнаружено большое разнообразие лекарственных и ароматических растений (Singh et al., 2009), промышленно используемых ценных лекарственных, ароматических и пищевых растений (Kala, 2000; Singh et al., 2009; Pandey et al., 2018), использование которых сделало часть видов редкими. Исследования редкости видов важны не только для определения статуса растений на местном уровне; они также должны изучаться в более широком контексте на уровне региона, провинции, страны и – на мировом уровне. Исходя из поставленных требований, данная работа сосредоточена на сборе базовой информации, которая потребуется для будущих программ исследований и планирования.

Материалы и методы

Территория исследований. Исследование проводилось в долине Лахул, на территории холодной пустыни в Химачал-Прадеш, в Индии (рис. 1). Долина находится между 31° 44' 57" и 32° 59' 57" с.ш. и 76° 46' 29" и 78° 41' 34" в.д., занимая 6648 км². Она представляет собой уникальный социальный и физикогеографический район с типичной для холодной пустыни экосистемой, которая включает в

себя заснеженные горные вершины, обширные ледники, более высокий уровень солнечной радиации, более высокие горные хребты (средняя высота – 5480 м н.у.м. , от 2400 до 6517 м) и узкая речные долины. Вся территория Лахул разделена на четыре долины поменьше: Чандра, Бхага, Чандра-Бхага и Мияр.

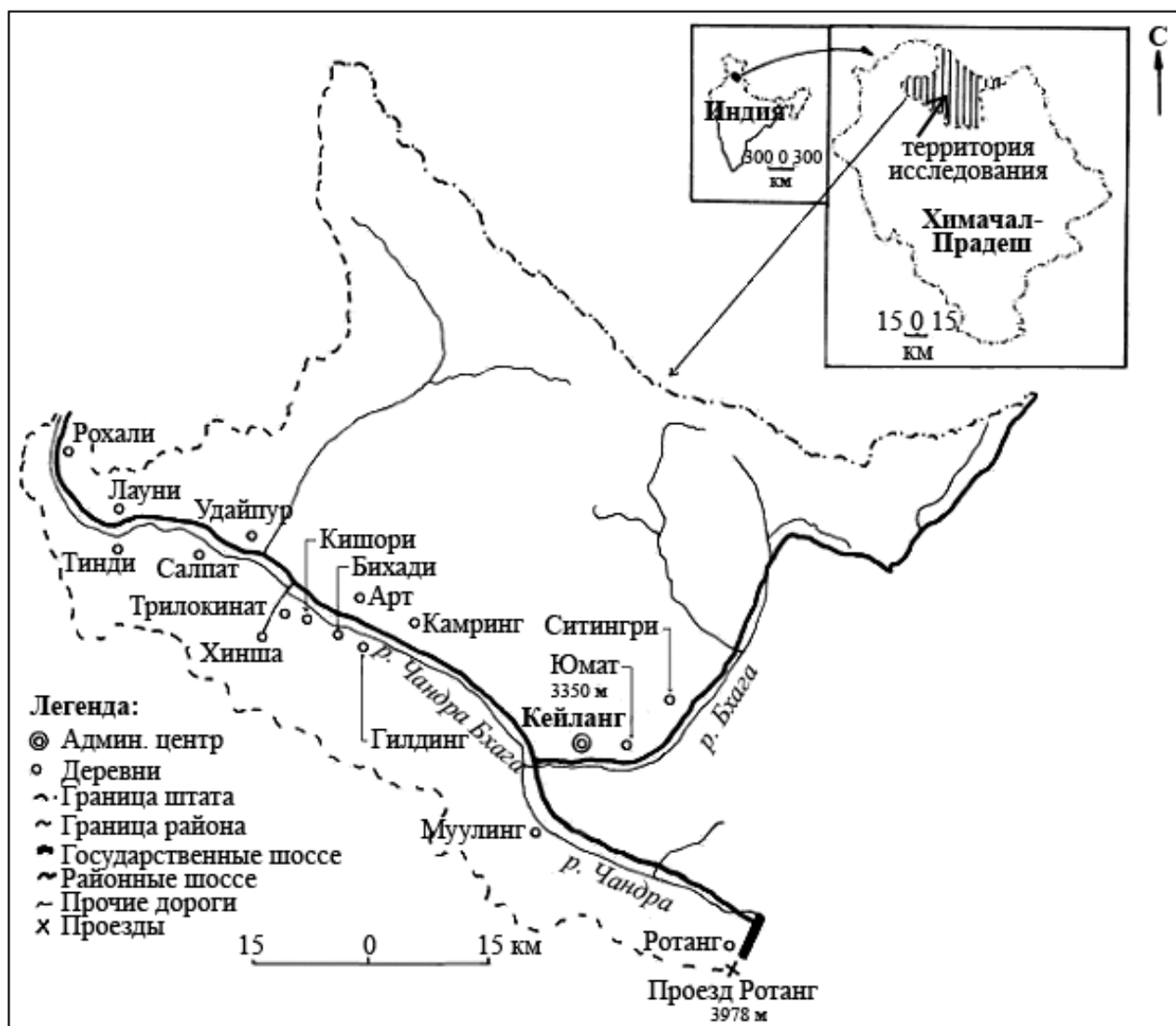


Рис. 1. Описание изучаемой территории в холодной пустыне долины Лахул, Северо-западные Гималаи, Индия.

Климат территории – от сухого умеренного до альпийского, проявляется в разные времена года. Лето проходит без дождей (от 10 до 300 мм в год при максимальной температуре в 33°C), зимой идут обильные снегопады (91-457 см при минимальной температуре в -19°C).

Экологическое обследование, отбор проб, сбор и анализ данных. Методом случайной выборки были обследованы все возможные по высотному градиенту типы местообитаний и участки. Всего – 164 площадки с высотным диапазоном 2400-5200 м н.у.м. Тип местообитания определялся по его физическим признакам и по преобладающей растительности. Участки с сомкнутым пологом и высоким процентным содержанием гумуса и влаги определялись как влажные местообитания, с низким содержанием – как сухие. Участок с более чем 50% содержанием валунов в наземном покрове определялся как валунистый; участок, подверженный сильному антропогенному воздействию, был признан деградировавшим (Samant et al., 2002). Исследования проводились с учетом встречаемости каждого типа местообитаний, после чего были размечены квадраты пробных площадок. В каждом

местообитании размещался квадрат размером 50x50 м, который затем дополнительно разделяли на 10 квадратов поменьше 10x10 м для деревьев, 20 квадратов 5x5 м для кустарников и 20 квадратов 1x1 м для трав. Данные анализировали с помощью широко применяемых экологических методов (Curtis, McIntosh, 1950; Misra, 1968; Mueller-Dombois, Ellenberge, 1974). Каждая пробная площадка была привязана к системе координат GPS. Для данного исследования мы собрали и определили свежие образцы необходимых видов (Polunin, Stainton, 1984; Aswal, Mehrotra, 1994; Murti, 2001; Sood et al., 2001). С помощью знающих людей, проживающих на каждом из участков, и путем опросов местных вайды и амчи (доктора традиционной медицины) было также установлено, имеют ли собранные виды местное название и каковы тенденции его использования в быту. Подробную информацию собрали по выбранным деревьям методом оценки заинтересованности сельских жителей (Participatory Rural Appraisal, PRA).

Чтобы определить тип редкости максимально точно, мы включили в исследование виды, найденные за пределами пробных площадок. Выявление редкости каждого вида оценивалось на конкретном участке с использованием 6 факторов: предпочтение в среде обитания, высотный диапазон распространения (метры над уровнем моря), размер популяции (особь/местоположение), тип использования человеком (количество), тенденция изъятия из природы (местными жителями или на продажу), принадлежность вида к местным или эндемикам (Samant et al., 2007; Singh, 2007; Rana, Samant, 2010; Samant et al., 2010; табл. 1). Значение индекса приоритетной охраны (CPI) для каждого вида было рассчитано как кумулятивное с учетом вышеназванных факторов (табл. 1). Для расчета приоритета охраны мы использовали 3 критерия оценки, где 10 – это максимальный балл, 6 – средний, а 2 – самый низкий (табл. 1). Самый высокий балл получили виды с максимальным значением всех 6 вышеупомянутых факторов, а 2 балла получили виды с минимальным значением (табл. 1). Согласно теории потребительной стоимости, каждый вид должен иметь определенное значение для экосистемных услуг (Walker et al., 1999), поэтому виды, не имеющие потребительной ценности, получают самую низкую оценку – 2 балла. На основе кумулятивного значения CPI для каждого вида оценивался статус угрозы. Виды, получившие более 60%, были идентифицированы как находящиеся на грани полного исчезновения, 56-60% – исчезающие, 51-55% – уязвимые, 46-50% – в состоянии, близком к угрожаемому, менее 46% – вызывающие наименьшие опасения. Виды, обнаруженные в данном районе, также сравнивались в соответствии с критериями угрозы Международного союза охраны природы (МСОП) на глобальном уровне и на уровне штата Химачал-Прадеш (Samant et al., 1998; Ved et al., 2003; IUCN, 2017). Типичные для региона виды или обнаруженные в Индийском регионе Гималаев впервые считаются местными (Index Kewensis ..., 1883-1970; Samant, 1999; Samant et al., 2007), тогда как другие виды не являются местными таксонами. Ограниченное распространение видов в пределах Индийского региона Гималаев считается эндемичными, а в близлежащих странах – почти эндемичными (Dhar, Samant, 1993; Samant, Dhar, 1997).

Собранные данные были также проанализированы по различным местообитаниям и сообществам, найденных в ходе исследований (табл. 2). На основе индекса значимости (IVI) для каждого вида были выявлены сообщества: древесные, кустарниковые, травяные. Монодоминантное сообщество определялось по участию в нем единственного вида с 50% от общего значения IVI. К смешанным сообществам отнесены те, в составе которых было участие двух или более видов с 50% и более 50% от общего значения IVI. Для каждого сообщества значение индекса приоритетной охраны (CPI) рассчитывалось по 8 параметрам, в процентах: видовое богатство, экономическая важность вида, местные виды, эндемичные виды, виды под угрозой исчезновения, представленность видов в местообитании, высотное распределение, тип местообитания (табл. 2). Для местообитаний значение индекса CPI было рассчитано по 7 параметрам, в процентах: видовое богатство, экономическая важность вида, местные виды, эндемичные виды, виды под угрозой исчезновения, представленность видов в местообитании, высотное распределение (табл. 2). У видов, найденных в квадратах и представленных в сообществе, оценивалась только редкость. Каждому сообществу и местообитанию, отвечающим критериям, присваивались баллы: самый высокий – 10, затем 8, 6, 4 и самый низкий – 2 (табл. 2). Наивысшие 10 баллов получило сообщество с максимальным значением всех 8 параметров, а 2 балла получило сообщество с минимальным значением параметров (табл. 2). На основе кумулятивного значения CPI каждое сообщество и местообитание оценивалось на наличие статуса

приоритетной охраны и встречаемости исчезающих видов. Процентное соотношение различных параметров было рассчитано по общему числу видов, найденных в каждом сообществе или среде обитания, и с помощью анализа данных. Стандартное число присваивалось таким критериям, как представленность в местообитании, высотное распределение и тип местообитания. На основании атрибутивных критериев были выделены для последующего сохранения самые доминирующие местообитания и сообщества с максимальным богатством редких видов и высоким значением СРІ. Наше исследование важно для сбора подробных данных о редкости растительных видов и для будущего планирования их сохранения.

Таблица 1. Оценка редкости видов на основе оп индекса приоритетной охраны (СРІ) для каждого вида по разным факторам.

Балльная оценка каждого вида (A+B+C+D+E+F)	Факторы оценки для каждого вида					
	A	B	C	D	E	F
	Предпочитаемая среда обитания	Высотный диапазон распространения (м н.у.м.)	Размер популяции (особь/местоположение)	Тип использования человеком (количество) по параметрам MAP, FD, FL, ED, RG, AGI, MISc*	Тенденция изъятия из природы ради использования в быту	Принадлежность к местным или эндемикам
10	1	< 500	< 250 ос./ 2 мест.	≥ 4	Торговля	Местные и эндемики
6	2-3	500-1000	250-1000 ос./ 3-5 мест.	2-3	В личных целях	Местные или эндемики
2	> 3	> 1000	> 1000 ос./ > 5 мест.	1	Не используются	Неместные

Примечания к таблице 1: *MAP – медицинские и ароматические растения, Fd – корм для скота, FL – топливо, ED – в пищу, RG – в религиозных целях, AGI – для создания с/х инструментов, MISc – прочее.

Результаты и обсуждение

Флористическое разнообразие. Из 741 видов сосудистых растений, зарегистрированных в долине Лахул в северо-западных Гималаях, в Индии (Samant et al., 2010), 255 видов (26 деревьев, 44 кустарников, 185 травянистых) из 151 родов и 65 семейств были отнесены к редким, находящимся под угрозой исчезновения или исчезающим. Доминирующими семействами оказались Asteraceae (23 вида), Rosaceae (17), Apiaceae (16), Gentianaceae и Ranunculaceae (по 12), Fabaceae и Scrophulariaceae (по 9), Polygonaceae (8), а также Caprifoliaceae, Caryophyllaceae, Lamiaceae и Liliaceae (по 7). Доминирующими родами оказались *Gentiana* (7 видов), *Saussurea* (6), *Allium* (5) и *Artemisia*, *Rhodiola*, *Polygonatum*, *Pedicularis* и *Viola* (по 4 вида). В общей сложности 13 видов, найденных в регионе, таких как *Aconitum ferox*¹, *Allium stracheyi*, *Athyrium duthiei*, *Dioscorea deltoidea*, *Eremurus himalaicus*, *Hedysarum astragaloides*, *H. cachemirianum*, *H. microcalyx*, *Inula racemosa*, *Nardostachys grandiflora*, *Picrorhiza kurroa*, *Saussurea bracteata* и *Saussurea costus*, уже числились в Красной книге Индийских растений Indian Plants (Nayar, Sastry, 1987, 1988, 1990).

В ходе исследований на конкретном участке 20 видов были отнесены к находящимся под угрозой исчезновения, 30 – к исчезающим, 60 – к уязвимым, 144 – к видам, находящимся в состоянии, близком к угрожаемому, 1 – к культивируемым (табл. 3). Мы сравнили эти виды по критериям

¹ Латинские названия видов приведены по работам: B.S. Aswal и B.N. Mehrotra (1994), а также H.J. Chowdhery и B.M. Wadhwa (1984).

МСОП с ситуацией в штате Химачал-Прадеш, где 6 видов находятся под угрозой исчезновения, 16 – исчезающие, а 17 – уязвимые. В глобальном сравнительном исследовании было также зарегистрировано 3 вида, находящихся под угрозой исчезновения, 4 исчезающих и 3 уязвимых. Из общего числа найденных редких видов 4.31% – эндемичные, 40% – почти эндемичные, 56.08% – аборигенные для Индийского региона Гималаев, 11.37% – аборигенные (по заявлениям Индийского региона Гималаев и соседних стран).

Таблица 2. Критерии для расчета индекса приоритетной охраны и выявления редкости видов в различных местообитаниях и сообществах (Samant et al., 2007, 2010; Singh, 2007; Rana, Samant 2010; Singh, Samant 2010).

Балльная оценка каждого сообщества (A+B+C+D+E+F+G+H)	Критерии для сообществ и местообитаний							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	Видовое богатство (%)	Экономическая важность вида (%)	Местные виды (%)	Эндемичные виды (%)	Виды под угрозой исчезновения (%)	Представленность видов в местообитании	высотное распределение (м н.у.м.)	Тип местообитания*
10	> 50	> 45	> 45	> 40	> 40	1	< 200	1
8	46-50	41-45	41-45	36-40	36-40	2	200-400	2
6	41-45	36-40	36-40	31-35	31-35	3	400-600	3
4	36-40	31-35	31-35	26-30	26-30	4	600-800	4
2	< 36	< 31	< 31	< 26	< 26	> 4	> 800	> 4

Примечания к таблице 2: *Тип местообитания – критерий применялся только к сообществам.

Разнообразие редких видов по высотному градиенту. Максимальное распространение редких видов отмечено в высотной зоне 2801-3800 м н.у.м. – 232 вида, за которой следует высотная зона >2800 м н.у.м. – 104 вида, а минимальное обнаружено в высотной зоне >3800 м н.у.м. – 65 видов. Примечательными видами высотной зоны <2800 м н.у.м. являются *Acer acuminatum*, *Aralia cachemirica*, *Ajuga bracteosa*, *Asparagus filicinus*, *Buxus wallichiana*, *Celtis australis*, *Corydalis cornuta*, *Corylus ferox*, *C. jacquemontii*, *Dioscorea deltoidea*, *Elaeagnus parvifolia*, *Euonymus fimbriatus*, *Euphorbia stracheyi*, *Fagopyrum dibotrys*, *Fraxinus xanthoxyloides*, *Hypericum perforatum*, *Indigofera hebeptala*, *I. heterantha*, *Juglans regia*, *Lonicera spinosa*, *Phytolacca acinosa*, *Prunus cornuta*, *Sambucus adnata*, *Seseli trilobum*, *Smilacina purpurea*, *Sorbus lanata*, *Taxus wallichiana*, *Ulmus villosa*, *Vincetoxicum hirundinaria*. В зоне 2801-3800 м н.у.м. это виды *Abies pindrow*, *Aconitum heterophyllum*, *Allium stracheyi*, *A. victorialis*, *Anemone rupicola*, *Angelica glauca*, *Arnebia euchroma*, *Artemisia maritima*, *Bergenia stracheyi*, *Codonopsis clematidea*, *C. ovata*, *Dactylorhiza hatagirea*, *Gentiana coronata*, *G. tianschanica*, *Hippophae rhamnoides* subsp. *turkestanica*, *Juniperus polycarpus*, *Picea smithiana*, *Sinopodophyllum hexandrum*, *Polygonatum cirrhifolium*, *Pinus wallichiana*, *Lilium polyphyllum*, *Rheum australe*, *Selinum conifolium*, *Saussurea deltoidea*, *Swertia alternifolia*. В зоне выше 3800 м н.у.м. это виды *Aconitum violaceum*, *Aster diplostehioides*, *Bupleurum candollii*, *Cassiope fastigiata*, *Cortia depressa*, *Gentiana prostrata*, *Jurinella macrocephala*, *Meconopsis aculeata*, *Nardostachys grandiflora*, *Picrorhiza kurroa*, *Pleurospermum brunonis*, *Rhododendron anthopogon*, *Rhodiola heterodonta*, *Saussurea obvallata*, *S. simpsoniana*, *R. moorcroftiana*, *Saxifraga asarifolia*, *S. jacquemontiana*, *Viola biflora* (табл. 3, рис. 2).

Распределение по точкам. Лишь на одной точке было найдено 125 видов, 61 – на двух, 69 – на 3 и более (табл. 3). Примечательные редкие виды на самой обильно представленной точке: *Arnebia benthamii*, *Allium wallichii*, *Codonopsis rotundifolia*, *Gentiana depressa*, *Herminium monorchis*, *Phytolacca*

acinosa, Rhodiola tibetica, Saussurea obvallata, Salvia hians, Saxifraga jacquemontiana, Thalictrum chelidonii, Valeriana hardwickii, Viola canescens.

Таблица 3. Статус редкости флористического разнообразия долины Лахул в холодной пустыне, Северо-Западные Гималаи, Индия.

Таксон/Семейство	Высотный диапазон (м н.у.м.)	Регион	Жизненная форма	Представленность в местообитании	Местообитание	Статус в:			Угроза	Аборигенность
						долине Лахул	Химачал-Прадеше	мире		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aceraceae										
<i>Acer acuminatum</i> Wall ex D. Don*	2490-3000	A, B	T	2	3, 4	EN	–	–	HD	Reg Himal
<i>A. cappadocicum</i> Gled.	2490-2900	A, B	T	2	3, 9	VU	–	–	HD	As, Min
Alliaceae										
<i>Allium humile</i> Kunth.*	3500-4000	B	H	–	4	EN	–	–	HD, OE	Ind Or
<i>A. jacquemontii</i> Kunth.	3300-4000	A, B	H	3	1	EN	–	–	HD, OE	Europe, Oriens, Sibir
<i>A. stracheyi</i> Baker**	3600-3800	H	H	–	4	CR	VU	VU	HD, OE	Reg Himal
<i>A. victorialis</i> L.	3400-3800	S	H	5	3, 4	EN	–	–	HD, OE	Europe, Caucas, Sibir
<i>A. wallichii</i> Kunth.	3300-3500	H	H	1	3, 4	EN	–	–	HD, OE	Reg Himal
Apiaceae										
<i>Angelica glauca</i> Edgew.**	2700-3510	E, F, S	H	2	9, 12	CR	EN	EN	OE	Reg Himal
<i>Bunium persicum</i> B. Fedtsch	2760-3700	J, P, Q, R, S	H	13	7, 1, 3	VU	VU	–	OE, HD	Persia
<i>Bupleurum candollii</i> Wall. ex DC.	3400-4000	B, S, X	H	2	3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>B. falcatum</i> L.*	3010-3855	Q, R, S	H	6	7, 1	NT	–	–	HD	Europe, Oriens, As, Bor, Reg Himal
<i>B. lanceolatum</i> Wall.**	3300-3650	Q	H	4	6, 7	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Carum carvi</i> L.*	2700-3650	J, P, Q, R	H	7	4, 10	NT	–	–	HD, OE	Europe, Oriens, As, Bor
<i>Chaerophyllum villosum</i> Wall. ex DC.*	2600-3600	B, Q	H	4	3	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Cortia depressa</i> DC.*	3400-4200	B, R, U, X	H	1	7	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Ferula jaeschkeana</i> (L.) Vatke	2600-3400	B, D, E, F, Q, S, Y	H	2	7	VU	VU	–	HD	Himal, Bor, Occ, Turkest
<i>Heracleum thomsonii</i> Cl.**	2700-3520	B, H, J, P, Q, R, S	H	7	4, 7	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>H. candicans</i> Wall.ex DC.	2690-3660	A, B, E, F, G, H, P, R, S, X	H	13	7, 4	NT	VU	–	HD, OE	Reg Himal, Ind Or, As, Trop
<i>Pleurospermum Brunonis</i> (DC.) Benth. ex Cl.*	3500-4300	B	H	1	4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>P. govianum</i> (Wall. ex DC.) Benth. ex Cl.	3700-4000	B	H	1	4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>P. stylosum</i> Benth. ex Cl.	2700-2800	F	H	–	1	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Selinum conifolium</i> (Wall. ex DC.)Benth. Hk.*	3200-3540	S, R, X	H	1	4, 1, 8	VU	–	–	OE	Reg Himal
<i>Seseli trilobum</i> (Edgew.) Cl.	2700-2900	F	H	–	1	NT	–	–	HD	Ind Or
Araliaceae										
<i>Aralia cachemirica</i> Decne*	2600-2800	A, B, F	H	–	3, 15	EN	–	–	HD	Reg Himal
<i>Hedera nepalensis</i> K.Koch	2500	A	Sh	1	5	NT	–	–	HD	Europe, Afr, Bor, As, Temp

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Asclepiadaceae										
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i> Medik.	2600-3000	F	H	–	7	CR	–	–	HD	Europe, Reg, Caucas
Asparagaceae										
<i>Asparagus filicinus</i> Buch.-Ham. ex D. Don	2490-2600	B	Sh	–	3	VU	–	–	HD	Reg Himal, Burma
Aspleniaceae										
<i>Asplenium septentrionale</i> (L.) Hoffm.	3100-3700	H, L	F	1	1	NT	–	–	HD	As, Bor, Reg, Himal, USA, Occ
<i>A. dalhousiae</i> Hk.	2600-3300	B	F	1	2	NT	–	–	HD	Ceterach
Asteraceae										
<i>Adenocaulon himalaicum</i> Hk.	3400-3800	B	H	–	3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Arctium lappa</i> L.	3200-3420	R, F, G, J, L, R, S, Y	H	3	6, 15	NT	–	–	HD, OE	Europe
<i>Artemisia macrocephala</i> Jacq. ex Bess.	2700-3520	B, S	H	1	4	NT	–	–	HD	Afghan, Tibet, As, Centr
<i>A. maritima</i> L.	2600-3800	B, F, H, J, L, P, R, S	H	45	7, 4, 1, 6	NT	NT	–	OE	Europe, Reg, Caucas, Sibir
<i>A. minor</i> Jacq. ex Bess.	3000-3500	L	H	1	7	NT	–	–	HD	Tibet
<i>A. sieversiana</i> Ehrh. Ex	2720-3100	B	H	–	3	NT	–	–	HD	Corea
<i>Aster diplostephioides</i> Benth. & Hook.f.	5000-5100	U	H	3	16	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Cichorium intybus</i> L.	2710	F	H	10	–	NT	–	–	HD	Europe, Oriens
<i>Cremanthodium decaisnei</i> C.B. Clarke	2900-3800	L, S	H	1	4	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Erigeron bellidioides</i> (D. Don) Benth. ex Cl.**	2790-3580	J, X	H	4	3	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>E. uniflorus</i> L.	3230-3410	G	H	–	8	NT	–	–	HD	Reg, Bor, Arct
<i>Heteropappus altaicus</i> (Willd.) Novopokr.	3200-3600	H	H	–	7	NT	–	–	HD	Persia, Reg Himal, As, Bor
<i>Inula grandiflora</i> Willd.*	3300-3520	S, X	H	2	3	EN	–	–	HD, OE	Reg Himal, Caucas
<i>Jurinella macrocephala</i> (Royle) Aswal*	>3630	B, S	H	1	4, 1, 7	CR	EN	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Lactuca brunoniana</i> (L.) Wall. ex DC.	3320-3600	R	H	1	13, 3	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal, Malaya
<i>L. decipiens</i> Hk. & Th.	3430-3820	Q	H	–	10, 7	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Saussurea obvallata</i> (DC)	3800-3900	I	H	1	2, 16	CR	–	–	HD	Reg Himal
<i>S. costus</i> (Decne.) Sch.	2600-3450	A, B, D, E, F, G, H, J, L	H	6	–	Cult	–	CR	HD, OE	Reg Himal
<i>S. deltoidea</i> Cl.	3310-3500	R	H	2	7	VU	–	–	HD	Reg Himal
<i>S. simpsoniana</i> (Field. & Gardn.) Lipsch.	3700-4300	N, X	H	1	2, 3, 16	CR	–	–	HD	Reg Himal
<i>S. roylei</i> Cl.*	Above 3900	B	H	1	3, 4	EN	–	–	HD	Reg Himal
<i>S. taraxacifolia</i> Wall. Ex	3450-4000	S	H	1	3, 4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Tanacetum dolichophyllum</i> (Kitam.) Kitam.	3400-4000	B, S, X	H	1	4, 7	NT	–	–	HD, OE	Mexico
Athyriaceae										
<i>Athyrium duthiei</i> Bedd.	2700-3500	B	F	–	4	NT			HD	Reg Himal

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Cystopteris montana</i> (Lam.) Bernh.**	2600-3600	E, X	F	1	1, 2	NT	–	–	HD	Reg Himal
Balsaminaceae										
<i>Impatiens amplexicaulis</i> Edgew.	3200-3560	X	H	1	4	NT	–	–	HD	Reg Himal
Berberidaceae										
<i>Berberis jaeschkeana</i> L.*	>3000	P	Sh	4	7	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
Betulaceae										
<i>Betula utilis</i> D. Don	3050-4000	A, B, D, F, H, S, X	T	10	3, 4	VU	EN	–	HD, OE	Reg Himal, Japon
Boraginaceae										
<i>Arnebia euchroma</i> Royle ex	2650-4000	I, B, S, U, Z	H	3	7, 2	VU	CR	–	HD, OE	Reg Himal
<i>A. Benthamii</i> (Don)	2800-3800	M	H	1	2	CR	–	–	HD, OE	Turkest
<i>Onosma hispida</i> Wall. ex G.	3410-3550	S	H	2	3	EN	–	–	HD, OE	Himal, Occ
Brassicaceae										
<i>Braya thomsonii</i> Hk.f	3190-3400	S	H	1	3, 4	NT	–	–	HD	Alp, Europe, Reg, Arct, Tibet
<i>Erophila verna</i> L.	3205-3510	P, Q, R	H	5	7, 2	NT	–	–	HD	Europe, Oriens
<i>Lepidium latifolium</i> L.	3210-3430	S	H	1	4, 7	NT	–	–	HD	Europe, As, Bor, Oriens
<i>Roripa islandica</i> (Oeder)	3400-3500	X	H	–	3	NT	–	–	HD	Reg, Bor, Austr
Buxaceae										
<i>Buxus wallichiana</i> Baill.*	2490-2730	B	T	–	15	VU	–	–	HD	Europe Oriens As Temp
Campanulaceae										
<i>Campanula aristata</i> Wall.*	2990-3440	S	H	1	1, 4, 8	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>C. cashmiriana</i> Royle**	2860-3730	B	H	–	4, 3	VU	–	–	HD	Reg Himal
<i>C. pallida</i> Wall. var. <i>tibetica</i> (Hk. & Th.) Hara	3390-3670	R	H	1	1, 2	NT	–	–	HD	Ind Or, Afghan
<i>Codonopsis clematidea</i> (Schrenk) Cl.**	2800-3530	D, G, R, S	H	3	3, 1	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>C. ovata</i> Benth.*	3420-3630	Q, R	H	–	3	EN	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>C. rotundifolia</i> Benth.*	3200-3400	S	H	1	2, 10, 9, 4	VU	–	–	HD	Reg Himal
Caprifoliaceae										
<i>Lonicera angustifolia</i> Wall. Ex DC.*	2400-3200	B	Sh	2	10, 13	VU	–	–	HD	Reg Himal
<i>L. heterophylla</i> (Decne.) Hk. & Th.	3320-3510	H	Sh	5	7	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>L. hypoleuca</i> Decne	2500-3600	X	Sh	1	7	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>L. semenovi</i> Regal	3600	B	Sh	–	3, 4	NT	–	–	HD	Turkest
<i>L. spinosa</i> (Jacq. ex Decne.) Walp.*	2700-3100	B, H, J	Sh	7	4, 3	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Sambucus adnata</i> Wall.	2500-2710	A, B	H	3	15, 3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Viburnum cotinifolium</i> D. Don*	2680-3850	E, F, H, S	Sh	7	7	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
Caryophyllaceae										
<i>Cerastium cerastoides</i> (L.) Britton*	3060-3420	S	H	2	3, 4	NT	–	–	HD, OE	Reg, Bor, Temp, Arct
<i>Silene gonosperma</i> (Rupr.) Bocquet*	3300-4000	B, S	H	1	3	VU	–	–	HD, OE	Turkest
<i>S. moorcroftiana</i> Wall. ex Benth.*	3300-3830	R	H	1	8, 1, 2	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>S. viscosa</i> (L.) Pers.	3400-3600	R	H	1	4	NT	–	–	HD	Europe, As, Bor
<i>Stellaria patans</i> D. Don*	2800-3400	B, Q	H	3	4, 10	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>S. monosperma</i> Buch. Ham. ex D. Don**	3200- 3430	S	H	–	4	NT	–	–	HD	Reg Himal

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>S. uliginosa</i> Murr.	3200-3470	R, S	H	–	4	NT	–	–	HD	Reg, Bor, Temp, Arct
Cassulaceae										
<i>Rhodiola heterodonta</i> (Hk.) & Th.) Boriss.*	2930-4000	J, R, U, X	H	4	2, 1	NT	VU	–	HD	Reg Himal
<i>R. himalense</i> D. Don	3430-3650	H, U	H	1	4, 3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>R. sinuata</i> Royle ex Edgew.	3250-3560	X	H		3	NT	–	–	HD	
<i>R. tibetica</i> Hk. & Th.	2800-3400	B	H	1	4, 2	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Rosularia Adenotricha</i> (Wall. ex Edgew.)*	2500-2800	A, F	H	2	1, 3	NT	–	–	HD	Reg Himal
Celastraceae										
<i>Euonymus fimbriatus</i> Wall.*	2500-3310	A, B, D, E	Sh	1	3	EN	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.	3020	L	H	–	10	VU	–	–	HD	Geront, Trop
Corylaceae										
<i>Corylus ferox</i> Wall.	2490-2850	B, F	T	–	3	EN	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>C. jacquemontii</i> L.*	2490-2900	A, B	T	4	3	CR	–	–	HD, OE	Europe, Or, As, Min, Himal
Cucurbitaceae										
<i>Diplocyclos palmatus</i> (L.) Jeffrey	3400-3720	P	H	1	1, 2	NT	–	–	HD, OE	Ind Or
Cupressaceae										
<i>Juniperus indica</i> Bertol.	3300-4000	H, X	Sh	3	4, 12	EN	–	–	HD, OE	Soongar, Reg Himal
<i>J. polycarpus</i> Boiss.	2500-4000	F, H, J, L, P, Q, R, S, Y, Z	T	53	4, 7, 2, 1	NT	NT	–	OE	Persia, Reg Himal
<i>J. recurva</i> Buch.-Ham. ex D. Don	3500-4000	B	Sh	–	4, 7, 2	CR	–	–	HD, OE	Reg Himal
Cuscutaceae										
<i>Cuscuta reflexa</i> Roxb.	2800-3200	E	H	2	9, 5	NT	–	–	HD	Ind Or
Datisceae										
<i>Datisca cannabina</i> L.	3200-3500	H	H	1	7	EN	NT	–	HD, OE	Oriens Reg Himal
Dioscoreaceae										
<i>Dioscorea deltoidea</i> Wall. ex Kunth	2490-3000	A, B	H	3	4, 3, 12	CR	NT	EN	HD, OE	Ind Or
Dipsacaceae										
<i>Dipsacus mitis</i> D. Don	2730-2900	B	H	2	7	NT	–	–	HD	Reg Himal
Dryopteridaceae										
<i>Dryopteris khullarii</i> Fraser-Jenkin	2500-2800	B	F	–	3	NT	–	–	HD	Ind Or
<i>Polystichum prescottianum</i> (Wall.) Moore	3300-3620	X	F	–	3, 2	VU	–	–	HD	Reg Himal
Elaeagnaceae										
<i>Elaeagnus parvifolia</i> Wall. ex Royle	2490-2700	A	Sh	1	3	NT	–	–	HD	Japon
<i>Hippophae rhamnoides</i> ssp. <i>turkestanica</i> L.	2800-3650	F, G, H, L, P, Q, R, S, Y	Sh	5	15, 8, 13	VU	VU	–	HD, OE	Europe, As, Temp
<i>H. salicifolia</i> D. Don*	3100-3640	P, Q, Z	T	3	4, 3, 15, 13	VU	NT	–	HD, OE	Nepal
<i>H. tibetana</i> Schtdl.	3300-4000	C	Sh	1	8	CR	–	–	OE, HD	Europe, As, Temp
Ephedraceae										
<i>Ephedra gerardiana</i> Wall. ex Stapf.*	2500-3900	B, J, R, S	Sh	4	1, 8, 2	VU	EN	–	HD, OE	China
Euphorbiaceae										
<i>Euphorbia pilosa</i> L.	2630-3000	B	H	1	3, 8	VU	–	–	HD, OE	Europe, As, Bor

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>E. stracheyi</i> Boiss.	2700-2800	F	H	1	3	VU	–	–	HD	Reg Himal
Ericaceae										
<i>Cassiope fastigiata</i> (Wall.) D. Don*	3410-4000	B, H, X	Sh	3	4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Gaultheria trichophylla</i> Royle	3400-3500	H, N, R, X	H	3	3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Rhododendron anthopogon</i> D. Don*	3410-4000	B, H, S, X	Sh	4	4, 3	VU	VU	–	HD, OE	As, Bor, Reg Himal
<i>R. campanulatum</i> D. Don*	3400-4000	H, S, X	Sh	2	4, 8, 3	EN	VU	–	HD, OE	Reg Himal
Fabaceae										
<i>Astragalus frigidus</i> (L.) A. Gray	2990-3750	S	H	3	8	NT	–	–	HD	Am, Bor
<i>A. grahamianus</i> Royle ex Benth.	2720-3120	J	Sh		4	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>A. himalayanus</i> Klotzsch*	2650-3800	H, Q, S	H	2	3	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Hedysarum astragaloides</i> Benth. ex Baker	2700-3550	D, E, R, S	H	5	3, 10	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>H. cachemirianum</i> Benth. ex Baker	3200-3800	S	H	2	3, 10	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>H. microcalyx</i> Baker	2610-3500	B, F, S	H	4	1	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Indigofera hebeptala</i> Benth. ex Baker**	2490-2650	A	Sh	5	3	VU	–	–	HD	Reg Himal
<i>I. heterantha</i> Wall. ex Brand.	2500-3220	A, B, J	Sh	7	3, 7	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Oxytropis tatarica</i> Camb. ex Bunge	2700-3200	B, J	H	2	2	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal, Turkest
Fumariaceae										
<i>Corydalis cornuta</i> Royle	2700-2900	F	H	–	3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>C. govaniiana</i> Wall.*	2710-3650	B, Q, X	H	2	1, 4	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>C. vaginans</i> Royle**	3300-3630	S	H	–	4, 2	NT	–	–	HD	Reg Himal
Gentianaceae										
<i>Gentiana argentea</i> (D. Don) Griseb.*	3300-3900	H, X	H	2	4, 1, 3	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal, China
<i>G. coronata</i> Royle*	3300-4000	B	H	1	4, 2	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>G. depressa</i> D. Don*	3300-4000	B	H	1	4, 3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>G. kurroo</i> Royle*	3200-3500	H, S	H	1	4, 3	CR	CR	CR	HD	Reg Himal
<i>G. prostrata</i> Haenke	3510-4000	H	H	1	4	NT	–	–	HD	South America
<i>G. tubiflora</i> (G. Don) Griseb.*	Above 3700	B, H, J	H	2	4, 3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>G. tianschanica</i> Rupr.	3400-3850	C, R	H	1	4	VU	–	–	HD	As, Centre
<i>Gentianella moorcroftiana</i> (Wall. ex G. Don) Airy Shaw*	3450-3710	S	H	2	8, 4, 10	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Halenia elliptica</i> D. Don	3420-3900	B	H	–	4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Jaeschkea oligosperma</i> (Griseb.) Knobl.*	3500-4000	B	H	1	3, 4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Swertia alternifolia</i> Royle*	3420-3600	X	H	2	10, 4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>S. petiolata</i> Royle ex D. Don*	3300-4000	H, S	H	1	4, 3	VU	–	–	HD	Reg Himal
Grossulariaceae										
<i>Ribes glaciale</i> Wall.	3300-3900	H, Q, R, S	Sh	9	7, 4	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>R. orientale</i> Desf.	3400-3800	R	Sh	2	3, 4	NT	–	–	HD, OE	Oriens, Reg Himal
Hypericaceae										
<i>Hypericum perforatum</i> L.	2500-2900	B, F	H	2	4, 1	VU	VU	–	HD, OE	Europe, Pratis
Hydrangeaceae										
<i>Deutzia staminea</i> R. Br. ex Wall.*	2490-2860	A	Sh	1	3	VU	–	–	HD	Reg Himal
Juglandaceae										
<i>Juglans regia</i> L.*	2500-3000	A, B, F, L	T	3	13, 4	EN	–	–	OE	As, Occ, Reg Himal

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lamiaceae										
<i>Ajuga bracteosa</i> Wall. ex Benth.	2600-3200	H, K	H	1	7, 13, 4	VU	–	–	HD, OE	Afr, Trop, Ind Or, As, Or
<i>Elsholtzia eriostachya</i> Benth.*	3310-3740	R, S	H	1	7	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Hyssopus officinalis</i> L.	2720-3410	F, J, L	H	5	7, 6	NT	VU	–	HD, OE	Europe, As, Temp
<i>Nepeta nervosa</i> Royle ex Benth.	3350-3540	P, R	H	5	4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Salvia hians</i> Royle ex Benth.*	2400-3000	B	H	1	3	CR	–	–	HD	Reg Himal
<i>S. nubicola</i> Wall. ex Sw.*	2730-3150	B	H		4	NT	–	–	HD	Europe, Austr, Oriens, Reg Himal
<i>Stachys melissaefolia</i> Benth.*	2490-3200	B	H	3	3	NT	–	–	HD	Reg Himal
Liliaceae										
<i>Eremurus himalaicus</i> Baker	2600-3650	D, F, P, R, S	H	5	7	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Lilium polyphyllum</i> D. Don*	2900-3200	D	H	–	3	CR	CR	–	HD	Reg Himal
<i>Polygonatum Cirrhifolium</i> (Wall.) Royle	3050-3120	S, O	H	2	4, 10	EN	EN	–	HD	Reg Himal. As Bor
<i>P. geminiflorum</i> Decne	3200-3600	S, X	H	2	3	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>P. multiflorum</i> L.	2590-3610	B, H, S	H	4	4, 2	NT	VU	–	HD	Europe, As. Bor. Afghan
<i>P. verticillatum</i> L.	2500-3650	A, B, D, E, H, S, X	H	6	4, 10, 3	NT	VU	–	HD, OE	Europe, As, Bor
<i>Smilacina purpurea</i> Wall.	2490-2550	A	H	1	3	VU	–	–	HD	Reg Himal
Oleaceae										
<i>Fraxinus micrantha</i> Ling.*	2500-2810	A, B	T	–	3, 4	EN	–	–	HD, OE	N Mexic
<i>F. xanthoxyloides</i> (G. Don) DC.*	2500-3210	A, B, F, H,	T	3	7, 4	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Syringa emodi</i> Wall. ex Royle*	2500-3430	A, S	Sh	1	3, 7	VU	–	–	HD, OE	As, Trop
Onagraceae										
<i>Epilobium brevifolium</i> D. Don *	3200-3420	S, X	H	3	9	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>E. leiophyllum</i> Hausskn.*	3200-3500	X	H	1	8	NT	–	–	HD	Ind Or
<i>E. royleanum</i> Hausskn.	2720-2830	E	H	2	2, 8	NT	–	–	HD	Reg Himal
Orchidaceae										
<i>Dactylorhiza hatagirea</i> (D. Don) Soo*	3000-3800	H, S, AA, AB, AC	H	7	4, 3, 10	VU	CR	–	HD, OE	Europe, Afr, Bor, Oriens, Reg Himal
<i>Habenaria edgeworthii</i> Hk.f*	2800-3500	D	H	–	3	NT	–	–	HD	Ind Or
<i>Herminium monorchis</i> (L.) R. Br.	2400-2900	B	H	1	3	NT	–	–	HD	Europe, As, Bor
<i>Malaxis muscifera</i> (Lindl.) Ktze.	3000-3200	X	H	1	4	NT	–	–	HD	Europe
Papaveraceae										
<i>Meconopsis aculeata</i> Royle*	3200-4000	A, H, S, X	H	5	1, 4, 8	VU	EN	EN	HD, OE	Reg Himal
<i>M. bikramii</i> Aswal	3185	S	H	–	2	NT	–	–	HD	Ind Or
Phytolaccaceae										
<i>Phytolacca acinosa</i> Roxb.	2500	A	H	1	15, 3	EN	–	–	HD, OE	Reg Himal, China
Pinaceae										
<i>Abies pindrow</i> Royle*	2500-3890	A, B, H	T	12	4, 3	NT	–	–	OE	Reg Himal
<i>Cedrus deodara</i> (Roxb. ex D. Don) G. Don*	2550-3200	B, D, F	T	16	3, 7, 4	NT	–	–	OE	Ind Or
<i>Picea smithiana</i> (Wall.) Boiss.*	2550-3600	B, D, F, H, J	T	15	3, 4	NT	–	–	OE	Reg Himal
<i>Pinus wallichiana</i> A. B. Jack.*	2500-4000	B, F, H, S	T	34	3, 6, 4	NT	–	–	OE	Reg Himal
Poaceae										
<i>Calamagrostis garhwalensis</i> CE Hubb.*	3100-3680	P	H	5	4	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Danthonia cachemyriana</i> Jaub. & Spach*	>3500	B	H	2	4, 3, 14	NT	–	–	HD, OE	Ind Or
<i>Muhlenbergia himalayensis</i> Hack. ex Hk.*	3300-3600	Q	H	2	3	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Pennisetum flaccidum</i> Griseb.*	3300-3600	P	H	2	7	NT	–	–	HD, OE	As, Centr, Austr
<i>Stipa roylei</i> (Nees) Mez*	2740-3000	J	H	1	4, 3	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
Podophyllaceae										
<i>Sinopodophyllum hexandrum</i> Royle	2500-3700	A, B, H, S, X	H	7	3	VU	EN	–	HD, OE	Ind Or, As, Trop
Polygonaceae										
<i>Bilderdykia pterocarpa</i> Wall. ex Meissn.*	2500-3000	A, D	H	2	3, 4	NT	–	–	HD	Ind Or
<i>Fagopyrum dibotrys</i> Meisn.	2500	A	H	1	3	EN	–	–	HD	Reg Himal, China
<i>Polygonum hydropiper</i> L.	2500-3020	A	H	1	11	NT	–	–	HD	Reg, Temp, Bor, Austr
<i>P. molliaeforme</i> Boiss.	2500-3200	A	H	1	3	NT	–	–	HD	Persia, Tibet, Occ
<i>P. vacciniifolia</i> Wall. ex Meissn.*	3000-4000	B, Q, R	H	–	3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Rheum australe</i> Spreng.*	3015-3910	Q, R, S	H	6	8, 2	VU	EN	EN	HD, OE	Austr
<i>R. moorcroftiana</i> Royle*	3520-4000	R, X	H	1	1, 4	CR	EN	–	HD, OE	Reg Himal
<i>R. webbianum</i> Royle*	3350-3600	X	H	4	7, 4	EN	VU	VU	HD, OE	Reg Himal
Primulaceae										
<i>Primula elliptica</i> Royle*	3530-3700	S	H	1	4, 10	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>P. reptans</i> Hk. ex Watt.*	3400-4000	B	H	–	4	VU	–	–	HD	Reg Himal
Ranunculaceae										
<i>Aconitum heterophyllum</i> Wall. ex Royle*	2900-3600	S, X, T, V	H	4	10, 4	EN	CR	CR	HD, OE	Reg Himal
<i>A. ferox</i> Wall. Ex Ser.	3200-3900	Y, Z	H	1	14, 16	CR	CR	–	HD, OE	Reg Himal
<i>A. violaceum</i> Jacq. ex Stapf.*	3600-4000	B, X, W	H	2	4	EN	VU	VU	HD, OE	Reg Himal
<i>Anemone rupicola</i> Camb.	3100-3800	B, P, S	H	2	4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>A. wallichiana</i> Royle	>3100	S	H	–	8	NT	–	–	HD	Oriens, As, Bor
<i>Clematis acuminata</i> DC.*	2595-2930	B	Sh	–	5	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>C. barbellata</i> Edgew.*	3000-3100	S	Sh	1	5	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Delphinium cashmerianum</i> Royle*	3000-3500	S	H	2	1, 3	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>D. denudatum</i> Wall. ex Hk.*	2600-3000	A, B	H	–	1	VU	–	–	HD	Reg Himal
<i>Thalictrum chelidonii</i> DC.*	3000-3320	S	H	1	4, 3	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>T. minus</i> L.*	3210-3400	P	H	1	4	VU	–	–	HD, OE	Europe, As, Afr, Bor
<i>T. reniforme</i> Wall.*	3010-3320	S, P	H	2	10	NT	–	–	HD	Reg Himal
Rhamnaceae										
<i>Rhamnus virgatus</i> Roxb.	3400-3620	H	Sh	–	4	NT	–	–	HD	Ind Or, As, Bor
Rosaceae										
<i>Cotoneaster acuminatus</i> Lindl.	3400-3650	R	Sh	–	7, 2	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>C. gilgitensis</i> Klotz.	2600-3100	B, F	Sh	2	1	NT	–	–	HD, OE	Reg Himal (NW Himal)
<i>C. microphyllus</i> Wall. ex Lindl.	3200-3600	R, S	Sh	–	1, 4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Malus baccata</i> L.	2700-3000	E, L	T	–	4	EN	–	–	HD, OE	Reg Himal, As Bor
<i>Prunus cerasoides</i> D. Don	2790-3200	L	T	–	15, 13	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>P. cornuta</i> (Wall. ex Royle) Steud.	2500-3300	A, B, F, L, S	T	1	4	NT	–	–	HD, OE	Ind Or
<i>P. Jacquemontii</i> Hk.	3200-3400	H, E, F	Sh	–	4	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Pyrus pashia</i> Buch. Ham. ex D. Don*	2810-2950	F	T	1	1, 7	CR	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Rubus cordifolius</i> D. Don	2600-3450	B, S	Sh	–	6	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>R. biflorus</i> Sm.	2500-3400	A, B, S	Sh	1	10, 4	VU	–	–	HD	Ind Or
<i>R. foliolosus</i> D. Don	2600-3600	B, H, S, X	Sh	2	4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>R. irritans</i> Focke	2600-2900	B	Sh	1	4	NT	–	–	HD	Kashmir, Afghan
<i>R. paniculatus</i> Sm.*	2500-2700	A	Sh	1	3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	3000-3200	L	Sh	–	1	NT	–	–	HD	Europe, As, Bor
<i>S. lanata</i> (D. Don.) S. Schauer.*	2700-2800	B, E	T	–	4	VU	–	–	HD	Reg Himal
<i>S. ursina</i> (Wenzing.) Decne	3200-3600	H	T	–	7	EN	–	–	HD	Reg Himal
<i>Spiraea canescens</i> D. Don*	2500-2900	A, B, H	Sh	3	7, 4	VU	–	–	HD, OE	Reg Himal
Rubiaceae										
<i>Rubia cordifolia</i> L.*	2500-3210	A, B, R, S	H	2	3	VU	–	–	HD	As, Trop, Temp, Afr
Salicaceae										
<i>Salix denticulata</i> Anders.*	2500-3800	A, B, F, H, S	Sh	5	4, 3	NT	–	–	OE	Reg Himal
<i>S. flagellaris</i> Anders.	2860-3360	L	Sh	3	3	NT	–	–	OE	Alaska
<i>S. tetrasperma</i> Roxb.	3100-3600	S, L	T	–	11	NT	–	–	HD, OE	Ind Or, Malaya
Saxifragaceae										
<i>Bergenia ligulata</i> (Haw.) Sternb.*	3400-4000	S	H	2	4	CR	–	–	HD, OE	Reg Himal
<i>B. stracheyi</i> Hk. & Th.*	3300-4000	H, S, U, X	H	13	4, 3, 1	VU	VU	–	HD, OE	Baja California Sur (Mexico, Northern America)
<i>Saxifraga asarifolia</i> Sternb.*	3200-4300	H	H	2	4, 3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>S. brunoniana</i> Wall. ex Ser.*	3300-3400	H	H	1	1	VU	–	–	HD	Reg Himal
<i>S. jacquemontiana</i> Decne.	4800-5200	U	H	1	16	NT	–	–	HD	Reg Himal
Scrophulariaceae										
<i>Pedicularis hoffmeisteri</i> Klotzsch ex Klotzsch*	3260-4300	H	H	6	3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>P. pectinata</i> Wall. ex Benth.*	3420-3855	B, Q	H	8	3, 4	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>P. porrecta</i> Wall. ex Benth.*	3200-3630	H, Q	H	3	10, 3	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>P. pycnantha</i> Boiss.	3550-4000	B	H	2	4	NT	–	–	HD	Turkestan, Persia Reg, Himal
<i>Picrorhiza kurroa</i> Royle ex Benth.	3410-4500	B, H, S, X	H	3	4, 3, 1	VU	EN	–	OE	Reg Himal
<i>Scrophularia calycina</i> Benth. & Scroph.	3100-3400	S	H	1	3, 9	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>Veronica biloba</i> L. var. <i>minima</i> Nair	3100-3880	Q, S	H	1	2	NT	–	–	HD	Reg Himal, Caucas, Sibir
<i>V. koelzii</i> Pennell*	3290-3540	P, Q	H	4	2, 4	NT	–	–	HD	Kashmir
<i>V. serpyllifolia</i> L.	3410-3840	B, H	H	1	1	NT	–	–	HD	Reg, Bor, Temp
Smilacaceae										
<i>Smilax aspera</i> L.	2490-3200	A, B, D, E	Sh	1	3, 4	NT	–	–	HD	Europe, Oriens, Ind Or
<i>Hyoscyamus niger</i> L.	2600-3630	P, R, F, S, H, K	H	3	7, 13, 15	VU	EN	–	HD, OE	Europe, As, Occ, Reg Himal

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Physochlaena praealta</i> (Walp.) Miers.*	3300-3630	Q, R	H	1	7, 2, 13	EN	VU	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Solanum nigrum</i> L.	2700-3200	B, F	H	2	10, 6	NT	–	–	HD	Amphig
Taxaceae										
<i>Taxus wallichiana</i> Zucc. Pilger	2500-3000	A, B, D, F, G	T	2	3, 4	CR	EN	–	HD, OE	Reg, Bor, Temp
Ulmaceae										
<i>Celtis australis</i> L.*	2500-3000	B, F	T	2	3, 4	EN	–	–	HD, OE	Europe, As, Temp, Ind Or
<i>Ulmus villosa</i> Brandis ex Gamble	2490-2800	A, B, F	T	1	3, 9	VU	–	–	HD, OE	Ind Or, As, Trop
<i>U. wallichiana</i> Planch*	2490-2790	A, B	T	1	3, 4	EN	–	–	HD, OE	Ind Or
Valerianaceae										
<i>Nardostachys grandiflora</i> DC.	3700-4200	S	H		1	CR	EN	–	HD, OE	Reg Himal
<i>Valeriana hardwickii</i> Wall.	2990-3510	D, E	H	1	3	EN	–	–	HD	Reg Himal, Malaya
<i>V. jatamansi</i> Jones	2750-3420	B, S	H		7	EN	VU	–	HD	Reg Himal
Violaceae										
<i>Viola biflora</i> L.	3310-4000	H, X	H	7	1, 2	NT	–	–	HD, OE	Reg, Bor, Temp
<i>V. canescens</i> Wall. ex. Roxb.*	3300-3510	H	H	1	3, 4	VU	–	–	HD	Ind Or, Malaya, China
<i>V. kunawarensis</i> Royle	3100-3420	S	H		3, 8	NT	–	–	HD	Reg Himal
<i>V. sylvatica</i> Fries ex Hartm.	2830-3510	B	H	3	3, 4	NT	–	–	HD	Ind Or, As, Trop
Vitaceae										
<i>Parthenocissus himalayana</i> Brandis	2500-2900	A, B	Sh	1	3, 5	NT	–	–	HD	Ind Or

Примечания к таблице 3. * – околоэндемичный, ** – эндемичный. *Регион:* А – Рохли, В – Тинди, С – Дарча, D – Ратоли, Е – Салпат, F – Удайпур, G – Хинса, H – Трилокинат, I – Сити-Налла, J – Бихади, K – Кукумсери, L – Камринд, M – Культи Налла, N – Ниилкант, O – Джобранг, P – Кейлонг, Q – Юр, R – Ситингри, S – Муулинг, T – Тинну, U – Баралача-пас, V – Рарик, W – Мех, X – Ротанг, Y – Тингрет, Z – Карданг, AA – Хан, AB – Толанг, AC – Мадгран. *Местообитание:* 1 – каменистое, 2 – волунистое, 3 – тенистое влажное, 4 – лесное, 5 – паразитическое, 6 – деградировавшее, 7-8 – речное, 9 – у водных каналов, 10 – пастбищное, 11 – болотистое, 12 – кустарничковое, 13 – у поселений, 14 – на местах для кемпинга, 15 – у дорог, 16 – альпийские луга. *Жизненная форма:* H – травы, T – деревья, Sh – кустарники, F – папоротники. *Статус:* CR – на грани полного исчезновения, EN – исчезающие, VU – уязвимые, NT – находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому, Cult – культивируемые. *Угроза:* HD – деградация местообитания, OE – чрезмерная эксплуатация. *Аборигенность:* Reg Himal – Гималайский регион, As – Азия, Am – Америка, South America – Южная Америка, Bor – север, Arct – Арктика, Europe – Европа, Min – Малая Азия, Ind Or – Восточная Индия, Sibir – Сибирь, Trop – тропический регион, Occ – запад, Oriens – Иран, Afr – Африка, USA – США, Centr – центральный регион, Amphig – по всему миру, Austr – Австралия, Malaya – Малайзия, Japon – Япония, Turkest – Туркестан, Temp – умеренный регион, Afghan – Афганистан, Geront – Геронтия, N Mexic – Северная Мексика, Alp – альпийский регион, Corea – Корея, Soongar – Джунгария, Caucas – Кавказ, Kashmir – Кашмир, Persia – Персия, Baja California – Нижняя Калифорния, Alaska – Аляска, Tibet – Тибет, China – Китай, Pratis – Пратис.

Примечательные редкие виды на двух точках: *Acer acuminatum*, *Allium jacquemontii*, *Artemisia macrocephala*, *Inula grandiflora*, *Jurinella macrocephala*, *Saussurea simpsoniana*, *Codonopsis ovata*, *Sambucus adnata*, *Rhodiola himalense*, *Corylus ferox*, *C. jacquemontii*, *Juniperus indica*, *Dioscorea deltoidea*, *Gentiana kurroo*, *G. tianschanica*, *Hypericum perforatum*, *Ajuga bracteosa*, *Polygonatum cirrhifolium*, *Fraxinus micrantha*, *Rheum moorcroftiana*, *Aconitum ferox*, *Malus baccata*, *Physochlaena praealta*, *Solanum nigrum*. Примечательные редкие виды на 3 и более точках: *Angelica glauca*, *Bunium persicum*, *Bupleurum candollii*, *Carum carvi*, *Ferula jaeschkeana*, *Heracleum candicans*, *Arctium lappa*,

Artemisia maritima, *Saussurea costus*, *Tanacetum dolichophyllum*, *Betula utilis*, *Arnebia euchroma*, *Codonopsis clematidea*, *Rhodiola heterodonta*, *Juniperus polycarpus*, *Ephedra gerardiana*, *Rhododendron campanulatum*, *Juglans regia*, *Hyssopus officinalis*, *Eremurus himalaicus*, *Polygonatum verticillatum*, *Dactylorhiza hatagirea*, *Meconopsis aculeata*, *Sinopodophyllum hexandrum*, *Rheum australe*, *Aconitum heterophyllum*, *Aconitum violaceum*, *Bergenia stracheyi*, *Picrorhiza kurroa*, *Hyoscyamus niger*, *Taxus wallichiana*.

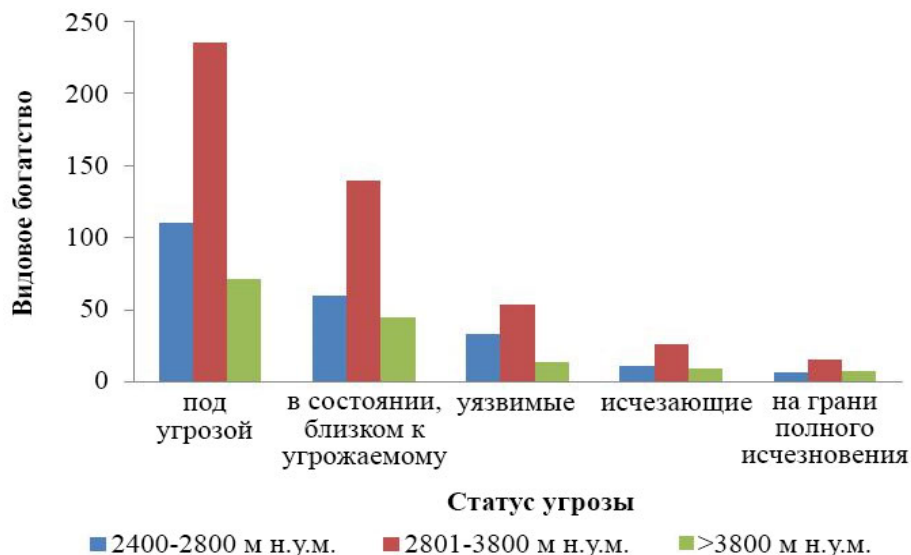


Рис. 2. Распределение редких видов по высотному градиенту в долине Лахул, в холодной пустыне, Северо-Западные Гималаи, Индия. Условные обозначения: TS – под угрозой, NT – находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому, VU – уязвимые, EN – исчезающие, CR – находящиеся на грани полного исчезновения.

Распределение видов по местообитаниям показало, что 131 редкий вид встречается в 2 или в более чем 3 местообитаниях, тогда как остальные отмечены только в одном. Максимальное разнообразие находящихся под угрозой исчезновения растений отмечено для лесных местообитаний (114 вида, CPI = 42), тенистых влажных (106 видов, CPI = 40), сухих (44, CPI = 14), каменистых (37, CPI = 14), валунистых (30, CPI = 14) и пастбищных (20, CPI = 14). Наиболее примечательные редкие виды, распространенные в широком диапазоне местообитаний (табл. 3): *Juniperus polycarpus* (6 местообитаний), *Hippophae salicifolia* (4), *Codonopsis rotundifolia* (4), *Artemisia maritima* (4), *Bunium persicum* (3), *Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica* (3), *Ephedra gerardiana* (3), *Gentiana argentea* (3), *Gentianella moorcroftiana* (3), *Polygonum verticillatum* (3), *Dactylorhiza hatagirea* (3), *Meconopsis aculeata* (3), *Pinus wallichiana* (3), *Bergenia stracheyi* (3), *Hyoscyamus niger* (3).

Распределение видов по сообществам. Древесное сообщество с видами под угрозой исчезновения (50.00%) и максимальным значением CPI = 40 – это смешанное *Cedrus deodara-Acer cappadocicum*; 46.00% и CPI = 40 – у смешанного *Juglans regia-Ulmus wallichiana-Acer acuminatum*; 37.78% и CPI = 40 – у смешанного *Salix fragilis-Fraxinus xanthoxyloides*; 37.50% и CPI = 40 – у смешанного *Abies pindrow-Pinus wallichiana*; 33.33% и CPI = 40 – у *Crataegus songarica*; 47.83% и CPI = 38 – у смешанного *Picea smithiana-Pinus wallichiana*; 32.65% и CPI = 38 – у *Fraxinus xanthoxyloides*.

Для кустарниковых сообществ максимальное значение CPI = 40 с видами под угрозой исчезновения (29.27%) было обнаружено у сообщества *Juniperus indica*; 24.00% и CPI = 40 – у смешанного сообщества *Juniperus communis-Rosa webbiana*; 23.23% и CPI = 40 – у сообщества *Spiraea canescens*; 22.73% и CPI = 40 – у сообщества *Salix pycnostachya* и *Lonicera obovata*; 27.66% и CPI = 38 – у сообщества *Cassiope fastigiata*; 25.68% и CPI = 38 – у смешанного сообщества *Juniperus communis-Lonicera obovata*; 17.86% и CPI = 36 – у сообщества *Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica*; 36.36% и CPI = 30 – у сообщества *Rhododendron anthopogon-Salix lindleyana*.

Однако в травяных сообществах максимальное значение CPI = 40 (43.48% видов под угрозой исчезновения) было обнаружено в смешанном сообществе *Waldheimia glabra-Leontopodium himalayanum-Rhodiola heterodontata-Agrostis stolonifera*, а 42.86% и CPI = 40 было обнаружено в смешанном сообществе *Leontopodium brachyactis-Saxifraga jacquemontiana-S. brunonis* (табл. 4).

Быстрое сокращение и вымирание видов вызывает в последние годы большую озабоченность. Местные и эндемичные редкие виды сталкиваются с антропогенным давлением и утратой среды обитания (Samant, 1997, 1999). Что касается мест обитания, то это – эволюционный процесс: более старые таксоны на более низких ступенях эволюционной лестницы постепенно исчезают (Hubbell, Foster, 1986). Виды, ставшие редкими по антропогенным причинам, заслуживают большего внимания, чем те, которые редки изначально (Meher-Homji, 1995; Mandal et al., 2000). В Индийском регионе Гималаев с использованием качественных признаков/наблюдений велись различные исследования, чтобы изучить растения, находящиеся под угрозой исчезновения (Samant et al., 1996, 1998; Rawal, Dhar, 1997; Ved, Tandon, 1998; Uniyal et al., 2002; Kala, 2005; Tali et al., 2014; Mehta et al., 2020). Однако лишь немногие исследователи предложили вести оценку с использованием как качественных, так и количественных признаков (Samant et al., 1996, 1998, 2001a, b, 2010; Dhar et al., 1997; Joshi et al., 2001; Singh et al., 2009; Singh, Samant, 2010; Rana, Samant 2010; Pandey et al., 2018; Singh, Samant, 2020), а потому наше исследование дополняет знания в данной области.

В случае исследования, которое проводилось на конкретном участке, наличие 110 под угрозой исчезновения (т.е. исчезающих) видов (20 – на грани полного исчезновения, 30 – исчезающие, 60 – уязвимые) указывает на приоритетность их сохранения, тогда как в штате Химачал-Прадеш мы нашли в общей сложности 39 под угрозой исчезновения (т.е. исчезающих) видов (6 – на грани полного исчезновения, 16 – исчезающие, 17 – уязвимые). Аналогичным образом на глобальном уровне мы зарегистрировали 10 исчезающих видов для изучаемой территории. А значит, необходима приоритетная охрана данной территории и запрет Конвенцией о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения, на изъятие и экспорт вымирающих видов из дикой природы, таких как *Saussurea costus* и *Inula racemosa*, многие годы выращиваемых на продажу. Согласно правилам Конвенции и из-за сложных процедур лицензирования, колебания цен и длительного периода оборота люди сталкиваются с трудностями при массовом разведении таких видов, а посевная площадь резко сокращается.

Ареал распространения играет важную роль для оценки редкости вида. Высотная зона 2801-3800 м н.у.м. является наиболее чувствительной из-за видов, находящихся под максимальной угрозой исчезновения. Более стабильные виды отмечены в нижнем высотном поясе узкой протяженностью на высоте >2800 м н.у.м. Из лесных, тенистых влажных, сухих, каменистых, валунистых и пастбищных местообитаний те, где установлены максимальные значения индекса приоритетной охраны (>14) и редких видов (>20), были выделены в уязвимые. Древесно-кустарниковые и травяные сообщества, где было зафиксировано максимальное значение CPI (деревья > 38, кустарники > 30, травы \geq 40) и наибольшее количество исчезающих видов (деревья > 32.65%, кустарники > 36.36%, травы > 42.86%), были обозначены как чувствительные/уязвимые.

Деградация местообитаний (Д) и чрезмерная эксплуатация (Э) – основные причины, вызывающие сокращение популяций. От них серьезно пострадал 101 вид, что требует немедленных действий для их последующего сохранения. Еще 142 вида пострадали от деградации местообитаний и 12 – от чрезмерной эксплуатации. Наиболее ценными для использования в быту и на продажу являются следующие виды: *Aconitum heterophyllum* (Д & Э), *A. violaceum* (Д & Э), *A. ferox* (Д & Э), *Angelica glauca* (Э), *Allium humile* (Д & Э), *A. jacquemontii* (Д & Э), *A. stracheyi* (Д & Э), *A. victorialis* (Д & Э), *A. wallichii* (Д & Э), *Arnebia euchroma* (Д & Э), *A. benthamii* (Д & Э), *Bergenia ligulata* (Д & Э), *B. stracheyi* (Д & Э), *Dactylorhiza hatagirea* (Д & Э), *Datisca cannabina* (Д & Э), *Dioscorea deltoidea* (Д & Э), *Jurinella macrocephala* (Д & Э), *Lilium polyphyllum* (Д), *Nardostachys grandiflora* (Д & Э), *Onosma hispidum* (Д & Э), *Picrorhiza kurroa* (Э), *Polygonatum cirrhifolium* (Д), *P. verticillatum* (Д & Э), *Saussurea costus* (Д & Э), *S. obvallata* (Д), *S. simpsoniana* (Д), *Taxus wallichiana* (Д & Э), *Valeriana hardwickii* (Д), *V. jatamansi* (Д). Использование этих растений является серьезной угрозой их популяциям.

Другими редкими видами, за которыми необходимо постоянное наблюдение, являются *Acer acuminatum*, *Ajuga bracteosa*, *Aralia cachemirica*, *Betula utilis*, *Bunium persicum*, *Celtis australis*,

Codonopsis clematidea, Corylus jacquemontii, Corydalis govaniiana, Delphinium cashmerianum, D. denudatum, Ephedra gerardiana, Eremurus himalaicus, Euonymus fimbriatus, Fagopyrum dibotrys, Ferula jaeschkeana, Fraxinus micrantha, F. xanthoxyloides, Gentiana kurroo, Gentianella moorcroftiana, Heracleum thomsonii, Hypericum perforatum, Hyoscyamus niger, Indigofera hebeptala, Inula grandiflora, Juglans regia, Juniperus indica, Lonicera angustifolia, L. heterophylla, Malus baccata, Meconopsis aculeata, Phytolacca acinosa, Physochlaena praealta, Sinopodophyllum hexandrum, Polygonatum geminiflorum, Primula reptans, Prunus cerasoides, Pyrus pashia, Rheum australe, R. moorcroftiana, Rhododendron campanulatum, Rubia cordifolia, Salvia hians, Saussurea deltoidea, S. roylei, Silene gonosperma, Selinum coniifolium, Sorbus lanata, S. ursina, Syringa emodi, Swertia petiolata, Vincetoxicum hirundinaria, Viburnum cotinifolium, Saxifraga brunoniana, Ulmus wallichiana, Viola canescens.

Наличие 123 видов только на одном крупном участке свидетельствует об их высокой уязвимости (табл. 4), а присутствие 122 видов только в одном местообитании означает их ограниченное распространение. Следовательно, при ограниченности местообитаний вида шансы на его размножение меньше, чем при широком диапазоне местообитаний (Samant et al., 1996). Необходим регулярный мониторинг популяций перечисленных видов, находящихся под угрозой исчезновения, а также их местообитаний в пределах сообществ.

Таблица 4. Распределение редких видов по сообществам в холодной пустыне долине Лахул, Северо-Западные Гималаи, Индия.

Сообщества	Видов под угрозой				Общее количество видов под угрозой	Видовое богатство	От общего числа встречаемых видов (%)	От общего числа угрожаемых видов в сообществе (%)	Индекс приоритетной охраны (СРІ)
	CR	EN	VU	NT					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Древесные сообщества									
<i>Juniperus polycarpus</i>	1	2	13	35	51	281	20.00	18.15	36
<i>Pinus wallichiana</i>	2	7	13	19	41	204	16.08	20.10	28
<i>Cedrus deodara</i>	2	2	7	22	33	117	12.94	28.20	22
<i>Abies pindrow</i>	1	–	6	8	15	57	5.88	26.31	24
<i>Picea smithiana</i>	1	–	3	18	24	103	9.41	23.30	22
<i>Betula utilis</i>	3	6	15	23	47	159	18.43	29.51	22
<i>Juniperus polycarpus-Cedrus deodara</i> (смешанное)	1	1	2	8	12	39	4.70	30.77	36
<i>Hippophae salicifolia</i>	–	1	2	4	7	30	2.74	23.33	34
<i>Abies pindrow-Pinus wallichiana</i> (смешанное)	–	–	2	7	9	24	3.53	37.50	40
<i>Juglans regia-Ulmus wallichiana-Acer acuminatum</i> (смешанное)	1	8	6	8	23	50	9.02	46.00	40
<i>Picea smithiana-Pinus wallichiana</i> (смешанное)	1	2	7	12	22	46	8.63	47.83	38
<i>Cedrus deodara-Acer cappadocicum</i> (смешанное)	–	5	3	5	13	26	5.10	50.00	40
<i>Salix daphnoides</i>	–	–	3	4	7	28	2.74	25.00	28
<i>Fraxinus xanthoxyloides</i>	2	1	4	9	16	49	6.27	32.65	38
<i>Salix fragilis</i>	–	4	11	20	35	188	13.72	18.62	22
<i>Salix fragilis-Fraxinus xanthoxyloides</i> (смешанное)	1	1	5	10	17	45	6.67	37.78	40
<i>Crataegus songarica</i>	–	1	–	4	5	15	1.96	33.33	40
Кустарниковые сообщества									
<i>Cassiope fastigiata</i>	1	–	5	7	13	47	5.10	27.66	38
<i>Ephedra gerardiana</i>	–	2	6	6	14	79	5.49	17.72	24

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Hippophae rhamnoides</i> ssp. <i>turkestanica</i>	–	–	3	7	10	56	3.92	17.86	36
<i>Juniperus communis</i> - <i>Lonicera obovata</i> (смешанное)	1	3	7	8	19	74	7.45	25.68	38
<i>Juniperus communis</i> - <i>Rosa webbiana</i> (смешанное)	1	1	–	4	6	25	2.35	24.00	40
<i>Juniperus indica</i>	1	4	–	7	12	41	4.71	29.27	40
<i>Lonicera obovata</i>	–	1	3	1	5	22	1.96	22.73	40
<i>Rhododendron anthopogon</i>	3	6	13	22	44	128	17.25	34.38	22
<i>Rosa webbiana</i>	2	1	10	15	28	156	10.98	17.95	24
<i>Rhododendron anthopogon</i> - <i>Salix lindleyana</i> (смешанное)	–	2	9	13	24	66	9.41	36.36	30
<i>Salix pycnostachya</i>	–	–	2	3	5	22	1.96	22.73	40
<i>Spiraea canescens</i>	–	–	2	5	7	30	2.74	23.33	40
Травяные сообщества									
<i>Bistorta affinis</i> - <i>Agrostis munroana</i> - <i>A. griffithiana</i> (смешанное)	–	–	1	1	2	15	0.78	13.33	40
<i>Bromus pectinatus</i> - <i>B. japonicus</i> - <i>Calamagrostis emodensis</i> - <i>Puccinellia himalaica</i> (смешанное)	–	1	2	3	6	44	2.35	13.64	40
<i>Leontopodium brachyactis</i> - <i>Saxifraga jacquemontiana</i> - <i>S. brunonis</i> (смешанное)	–	–	1	8	9	21	3.53	42.86	40
<i>Piptatherum gracile</i> - <i>Eragrostis minor</i> - <i>Bromus pectinatus</i> - <i>B. amosus</i> (смешанное)	–	1	3	6	10	39	3.92	25.64	40
<i>Waldheimia glabra</i> - <i>Leontopodium himalayanum</i> - <i>Rhodiola heterodontata</i> - <i>Agrostis stolonifera</i> (смешанное)	–	–	2	8	10	23	3.92	43.48	40

Примечания к таблице 4: CR – находящиеся на грани полного исчезновения, EN – исчезающие, VU – уязвимые, NT – находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Выводы

В ходе своего исследования мы собрали подробную информацию о разнообразии редких видов (255 видов, из которых 13 числятся в Красной книге, а процент местных и эндемичных видов наиболее высок) для их последующего сохранения в уязвимой экосистеме холодной пустыни. Результаты предоставили нам исчерпывающую информацию о редких видах растений на региональном уровне в долине Лахул, в штате Химачал-Прадеш в Индии и, в конечном счете, на глобальном уровне в целом. Мы обнаружили, что при анализе данных, основанных на существующих критериях в рамках исследований на конкретных участках, было зарегистрировано больше растений под угрозой исчезновения по сравнению с критериями, предложенными МСОП. Географическое положение долины Лахул таково, что наиболее доступная территория с ирригационными сооружениями приходится на человеческие поселения (средний высотный пояс или 2801-3800 м н.у.м.), отчего и получилась высокая частота исследований и максимальное количество найденных видов. Для эффективного сохранения видов приоритетное внимание уделяется характеристикам, как узкий диапазон распространения, ограниченные места обитания, меньший размер популяции, более высокая ценность для использования в быту, добыча на продажу, количество местных и эндемичных видов, более высокое значение индекса приоритетной охраны. Однако для сохранения сообществ и местообитаний наиболее важны атрибуты с максимальным значением: видовое богатство (%), экономически важные растения (%), аборигенные виды (%), эндемичные виды (%), исчезающие виды (%), ценность для приоритетной охраны; а также с минимальным значением представленности на участке, ареала распространения и местообитаний. Чтобы определить редкость какой-либо области, целесообразно и в дальнейшем использовать указанные атрибуты. Для быстрого перевода растений из редких в нередкие необходимо поощрять исследования, ведущиеся на конкретных участках и территориях. Мы предлагаем поощрять сбор элитных образцов для сохранения и массового размножения видов растений традиционными методами – в неволе (в ботсадах, парках и пр. – сохранение ex-situ) и в естественных условиях (в соответствующих местообитаниях – сохранение in-

situ). Наше исследование является базой для любой последующей программы касательно редких растений холодных пустынь.

Благодарности. Мы выражаем благодарность директору Национального института окружающей среды Гималаев им. Г.Б. Панта и директору Институту гималайских технологий биоресурсов за предоставление нам необходимых исследовательских возможностей.

Финансирование. Исследование проведено при поддержке Министерства окружающей среды, лесов и климатических изменений, Нью-Дели.

Конфликт интересов. При публикации данных не возникло конфликтов интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Allan J.D., McIntyre P.B., Smith S.D.P. 2013. Joint analysis of stressors and ecosystem services to enhance restoration effectiveness // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 110. Pp. 372-377.
- Aswal B.S., Mehrotra B.N. 1994. Flora of Lahaul-Spiti (a cold desert in north-west Himalaya). Dehradun: Bishen Singh and Mahendra Pal Singh. 761 p.
- Chowdhery H.J., Wadhwa B.M. 1984. Flora of Himachal Pradesh – Analysis. Vol. 1-3. Botanical Survey of India, Howrah. Vol. 1. Pp. 1-340; Vol. 2. Pp. 341-677; Vol. 3. Pp. 679-860.
- Cunningham R.B., Lindenmayer D.B. 2005. Modeling count data of rare species: some statistical issues // *Ecology*. Vol. 86. Pp. 1135-1142.
- Curtis J.T., McIntosh R.P. 1950. The interrelation of certain analytic and phytosociological characters // *Ecology*. Vol. 31. Pp. 434-455.
- Dhar U., Samant S.S. 1993. Endemic diversity of Indian Himalaya, I. Ranunculaceae and II. Paeoniaceae // *Journal of Biogeography*. Vol. 20. Pp. 659-668.
- Dhar U., Rawal R.S., Samant S.S. 1997. Structural diversity and representativeness of forest vegetation in a protected area of Kumaun Himalaya, India: implications for conservation // *Biodiversity and Conservation*. Vol. 6. Pp. 1045-1062.
- Diaz S., Settele J., Brondizio E., Ngo H.T., Guèze M., Agard J. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 39 p. [Электронный ресурс <https://ec.europa.eu/environment/nature/pdf/Summary> (дата обращения 17.12.2021)].
- Hubbell S.P., Foster R.B. 1986. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation // *Conservation Biology. The science of scarcity and diversity* / Ed. M.E. Soule. USA: Sinauer Associates. Pp. 205-231. [Электронный ресурс <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US880692488> (дата обращения 17.12.2021)].
- Index Kewensis Plantarum Phanerogamarum. 1883-1970. Vol. 1-2, 15 suppl. Oxford: Clarendon Press [Электронный ресурс <https://archive.org/details/indexkewensispla17pinn> (дата обращения 17.12.2021)].
- IUCN. 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [Электронный ресурс <http://www.iucnredlist.org> (дата обращения 17.12.2021)].
- IUCN. 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. [Электронный ресурс <http://www.iucnredlist.org> (дата обращения 17.12.2021)].
- Joshi H.C., Arya S.C., Samant S.S. 2001. Diversity, distribution and indigenous uses of plant species in Pindari area of Nanda Devi Biosphere Reserve-II // *Indian Journal of Forestry*. Vol. 24. No. 1. Pp. 514-536.
- Kala C.P. 2000. Status and conservation of rare and endangered medicinal plant in the Indian Trans-Himalaya // *Biological Conservation*. Vol. 93. Pp. 371-379.
- Kala C.P. 2005. Indigenous uses, population density, and conservation of threatened medicinal plants in protected areas of the Indian Himalayas // *Conservation Biology*. Vol. 19. Pp. 368-378.
- Magurran A.E., Henderson P.A. 2003. Explaining the excess of rare species in natural species abundance distributions // *Nature*. Vol. 422. Pp. 714-716.
- Mandal A.B., Chattopadhyay D., Coomar T. 2000. Rare and endangered flowering plants of Bay Islands with special reference to endemics and extra Indian taxa // *Indian Forestry*. Vol. 126. No. 1-6. Pp. 389-397.
- McCarthy D.P., Donald P.F., Scharlemann J.P.W. 2012. Financial costs of meeting global biodiversity conservation targets: current spending and unmet needs // *Science*. Vol. 338. Pp. 946-949.
- Meher-Homji V.M. 1995. Comments of Endemic rare and threatened flowering plants of South India // *Current Science*. Vol. 68. No.11. Pp. 1083-1084.
- Mehta P., Sekar K.C., Bhat D., Tiwari A., Bisht K., Uppadhyay S., Negi V.S., Bhawna S. 2020. Conservation and prioritization of threatened plants in Indian Himalayan Region // *Biodiversity and Conservation*. Vol. 29. No. 6. Pp. 1723-1745.
- Misra R. 1968. Ecological Work Book. Calcutta, India: Oxford and IBH Publishing Company. Pp. 244.

- Mora C., Tittensor D.P., Sina A., Simpson A.G.B., Worm B.* 2011. How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? // PLOS Biology. Vol. 9. No. 8. Pp. e1001127.
- Mueller-Dombois D., Ellenberge H.* 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Willey and Sons. 547 p.
- Murti S.K.* 2001. Flora of cold deserts of western Himalaya, Vol. I. Calcutta: Botanical Survey of India. [Электронный ресурс <http://www.secheresse.info/spip.php?article6451> (дата обращения 17.12.2021)].
- Nayar M.P., Sastry A.R.K.* 1987, 1988, 1990. Red Data Book of Indian Plants. Vol. I-III. Botanical Survey of India, Calcutta. [Электронный ресурс [file:///C:/Users/Dr%20ashok%20singh/Downloads/Redlistbook_2003%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Dr%20ashok%20singh/Downloads/Redlistbook_2003%20(2).pdf) (дата обращения 17.12.2021)].
- Pandey A., Sekar K C., Joshi B., Rawal R.S.* 2018. Threat assessment of high-value medicinal plants of cold desert areas in Johar valley, Kailash Sacred Landscape, India // Plant Biosystems. Vol. 153. No.1. Pp. 39-47.
- Pant S., Samant S.S.* 2006. Diversity distribution, uses and conservation status of plant species of the Mornaula Reserve forest, west Himalaya, India International Journal of Biodiversity Science & Management. Vol. 2. Pp. 97-104.
- Polunin O., Stainton A.* 1984. Flowers of the Himalaya. Oxford: Oxford University Press. 580 p.
- Pimm S.L., Jenkins C.N., Abell R., Brooks T.M., Gittleman J.L., Joppa L.N., Raven P.H., Roberts C.M., Sexton J.O.* 2014. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection // Science. Vol. 344. No. 6187. Pp. 1246752.
- Prendergast J.R., Quinn R.M., Lawton J.H., Eversham B.C., Gibbons D.W.* 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies // Nature. Vol. 365. Pp. 335-337.
- Rana M.S., Samant S.S.* 2010. Threat categorization and conservation prioritization of floristic diversity in the Indian Himalayan region: A state of art approach from Manali Wildlife Sanctuary // Journal for Nature Conservation. Vol. 18. Pp. 159-168.
- Raven P.H.* 1987. The scope of plant conservation problem world-wide, Botanical Gardens and World Conservation Strategy / Eds. D. Bramwell, O. Hamann, V. Heywood, H. Synge. England: Academic Press London. Pp. 19-20. [Электронный ресурс <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302660101> (дата обращения 17.12.2021)].
- Rawal R.S., Dhar U.* 1997. Sensitivity of timberline flora in Kumaun Himalaya, India: conservation implications // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. Vol. 29. No. 1. Pp. 112-121.
- Samant S.S., Dhar U., Rawal R.S.* 1996. Conservation of rare endangered plants: the context of Nanda Devi Biosphere Reserve and Management of Biological Resources in Himalaya, Ramakrishnan / Eds. A.N. Purohit, K.G. Saxena, K.S. Rao, R.K. Maikhuri. New Delhi: Oxford & IBH Publishing Company Private Limited. Pp. 521-545. [Электронный ресурс <https://ci.nii.ac.jp/naid/10018127701/> (дата обращения 17.12.2021)].
- Samant S.S., Dhar U.* 1997. Diversity, endemism and economic potential of wild edible plants of Indian Himalaya // International Journal of Sustainable Development & World Ecology. Vol. 4. Pp. 179-191.
- Samant S.S., Dhar U., Rawal R.S.* 1998. Biodiversity status of a protected area of west Himalaya, I-Askot Wildlife Sanctuary // International Journal of Sustainable Development & World Ecology. Vol. 5. Pp. 194-203.
- Samant S.S.* 1999. Diversity, nativity and endemism of vascular plants in a part of Nanda Devi Biosphere Reserve in West Himalaya // Himalayan Biosphere Reserves (Biannual Bulletin). Vol. 1. No. 1-2. Pp. 1-28.
- Samant S.S., Dhar U., Palni L.M.S.* Himalayan Medicinal Plants: Potential and Prospects, Nainital: Gyanodaya Prakashan, 2001a [Электронный ресурс https://www.researchgate.net/publication/329236422_Himalayan_Medicinal_Plants_Potential_and_Prospects (дата обращения 17.12.2021)].
- Samant S.S., Dhar U., Rawal R.S.* 2001b. Diversity and distribution of wild edible plants of Indian Himalaya, Plant Diversity of the Himalaya / Eds. P.C. Pande, S.S. Samant. Nainital: Gyanodaya Prakashan. Pp. 421-482.
- Samant S.S., Joshi H.C., Arya S.C., Pant S.* 2002. Studies on the structure, composition and changes of the vegetation in Nanda Devi Biosphere Reserve of West Himalaya, New Delhi, India // FTR submitted to Ministry of Environment and Forests. Pp. 208.
- Samant S.S., Pal M.* 2003. Diversity and conservation status of medicinal plants in Uttaranchal State // Indian Forestry. Vol. 129. No. 9. Pp. 1090-1108.
- Samant S.S., Singh M., Lal M., Sharma A., Singh A.* 2006. Studies on the floristic diversity of the Hamta Jagatsukh catchment in Himachal Pradesh, New Delhi // FTR Submitted to Word Pheasantry Association. Pp. 166.
- Samant S.S., Pant S., Singh M., Lal M., Singh A., Sharma A., Bhandari S.* 2007. Medicinal plants in Himachal Pradesh, north western Himalaya, India // International Journal of Biodiversity Science & Management. Vol. 3. Pp. 234-251.
- Samant S.S., Singh A., Sharma P., Lal M.* 2010. Studies on diversity and conservation status of plants in a proposed Cold Desert Biosphere Reserve of Trans and northwest Himalaya, New Delhi // FTR Submitted to Ministry of Environment and Forest. Pp. 228.
- Samant S.S., Singh A., Lal M., Sharma P.* 2011. Diversity, distribution and conservation prioritization of economically important species in Lahaul Valley, North-Western Himalaya, India // Global change, Biodiversity and Livelihoods

- in Cold Desert Region of Asia / Eds. K.G. Saxena, Luohui L., Xian X. Pp. 31-42.
- Schemske D.W., Husband B.C., Ruckelshaus M.H., Goodwillie C., Parker I.M., Bishop J.G.* 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants // *Ecology*. Vol. 75. Pp. 584-606.
- Sharma K.D., Singh S., Singh N., Bohra D.N.* 1989. Satellite remote sensing for detecting temporal changes in grazing lands // *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. Vol. 17. No. 4. Pp. 55-59.
- Singh A.* 2007. Assessment of Plant Diversity and Conservation Status of Forest Vegetation in a Cold Desert Biosphere Reserve of North-Western Himalaya, Nainital. PhD Thesis, Kumaun University. 250 p.
- Singh A., Lal M., Samant S.S.* 2009. Diversity, indigenous uses and conservation prioritization of medicinal plants in Lahaul valley, proposed Cold Desert Biosphere Reserve India // *International Journal of Biodiversity Science & Management*. Vol. 5. No. 3. Pp. 132-154.
- Singh A., Samant S.S.* 2010. Conservation prioritization of habitats and forest communities in the Lahaul valley of proposed Cold Desert Biosphere Reserve, North-Western Himalaya, India // *Applied Ecology and Environmental Research*. Vol. 18. No. 2. Pp. 101-117.
- Singh A., Samant S.S.* 2020. Population and community structure pattern of *Juniperus polycarpus* K. Koch with Climate Change Effect in the Cold Desert Trans Himalayan Region, India // *Arid Ecosystems*. Vol. 10. No. 1. Pp. 17-26.
- Sood S.K., Nath R., Kalia D.C.* 2001. Ethnobotany of cold desert tribes of Lahoul–Spiti (Northwest Himalaya). Deep Publications [Электронный ресурс <http://www.secheresse.info/spip.php?article6452> (дата обращения 17.12.2021)].
- Tali B., Ganie A., Nawchoo, Irshad A., Wani A.A., Reshi Z.A.* 2014. Assessment of Threat status of selected endemic medicinal plants using IUCN regional guidelines: A case study from Kashmir Himalaya // *Journal for Nature Conservation*. No. 23. Pp. 80-89.
- Tollefson J.* 2019. Humans are driving one million species to extinction, Landmark United Nations-backed report finds that agriculture is one of the biggest threats to Earth’s ecosystems // *Nature*. Vol. 569. Pp. 171.
- Tulloch V.J.D., Tulloch A.I.T., Visconti P., Halpern B.S., Watson J.E.M.* 2015. Why do we map threats? Linking threat mapping with actions to make better conservation decisions // *Frontiers in Ecology and the Environment*. Vol. 13. No. 2. Pp. 91-99.
- Uniyal S.K., Awasthi A., Rawat G.S.* 2002. Current status and distribution of commercially exploited medicinal plants in Upper Gori valley, Kumaun Himalaya, Uttaranchal // *Current Science*. Vol. 82. No. 10. Pp. 1246-1252.
- Ved D.K., Tondon V.* 1998. CAMP Report for High Altitude Medicinal Plants of Jammu-Kashmir and Himachal Pradesh, Bangalore, India: FRLHT [Электронный ресурс <https://www.cpsg.org/sites/cbsg.org/files/documents/> (дата обращения 17.12.2021)].
- Ved D.K., Kinhal G.A., Ravikumar K., Prabhakaran V., Ghate U., Vijaya Shankar R., Indresha J.H.* 2003. Conservation Assessment and Management Prioritization for the Medicinal Plants of Jammu & Kashmir, Himachal Pradesh & Uttaranchal, Bangalore: Foundation for Revitalization of Local Health Traditions, India [Электронный ресурс <https://www.researchgate.net/publication/236945418> (дата обращения 17.12.2021)].
- Ved D.K., Kinhal G.A., Ravikumar K., Vijaya Shankar R., Haridasan K.* 2005. Conservation assessment and management prioritization (CAMP) for the wild medicinal plants of North-East India // *Medicinal Plant Conservation*. Vol. 11. Pp. 40-44.
- Walker D.H., Thorne P.J., Sinclair F.L., Thapa B., Wood C.D., Subba D.B.* 1999. A systems approach to comparing indigenous and scientific knowledge: Consistency and discriminatory power of indigenous and laboratory assessment of the nutritive value of tree fodder // *Agricultural Systems*. Vol. 62. Pp. 87-100.
- Zijp M.C., Huijbregts M.A.J., Schipper A.M., Mulder C., Posthuma L.* 2017. Identification and ranking of environmental threats with ecosystem vulnerability distributions // *Scientific Reports*. Vol. 7. Pp. 9298.

УДК 581.552+504.732; 504.7+470.67

ЦЕНОФЛОРЫ БЕРЁЗОВЫХ И СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ГУНИБСКОГО ПЛАТО (ДАГЕСТАН)

© 2022 г. Д.С. Кессель*, З.И. Абдурахманова**, К.В. Щукина*, М.Г. Гаджиатаев**

*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
Россия, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, д. 2
E-mail: dasha_kessel@mail.ru, Vyatka_ks_72@mail.ru

**Горный ботанический сад ДФИЦ РАН
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45
E-mail: zagidat.abdurahmanova88@mail.ru, gadzhiataev@mail.ru

Поступила в редакцию 31.12.2021. После доработки 22.02.2021. Принята к публикации 01.04.2022.

Приводятся результаты анализа и сравнения ценофлор берёзовых (*Betula litwinowii* Doluch., *B. raddeana* Trautv) и сосновых (*Pinus kochiana* Klotsch ex G. Koch.) лесов Гунибского плато (Внутригорный известняковый Дагестан). Лесные массивы на плато преимущественно приурочены к северным, северо-восточным и северо-западным склонам, встречаются на высотах 1400-2170 м н.у.м. БС. Анализ проведён на основании данных полевых исследований 2011-2013 и 2018-2020 гг. – 53 стандартных геоботанических описания. При сборе материала ставилась задача максимально отразить разнообразие сообществ берёзовых и сосновых лесов Гунибского плато.

Выявлен видовой состав сосудистых растений берёзовых (251 вид) и сосновых (226 видов) лесов. Проведено сравнение спектров ведущих семейств обеих ценофлор, относящихся к Rosaceae-типу, характерному для средневропейской группы флор. На долю ведущих 6 семейств приходится 50% видов ценофлор берёзняков и сосняков (129 и 113 видов соответственно), 130 видов являются общими для сообществ берёзовых и сосновых лесов.

Проанализирован видовой состав доминантов и содоминантов травяно-кустарничкового яруса берёзняков и сосняков. Сообщества обеих формаций занимают сходные экотопы и в большинстве случаев доминантами и содоминантами травяно-кустарничкового яруса в них являются одни и те же виды. В то же время выявлены виды, играющие заметную роль в сообществах только одной из рассматриваемых формаций.

Определено соотношение флороценоэлементов в травяно-кустарничковом ярусе берёзовых и сосновых лесов. В ценофлорах исследованных формаций Гунибского плато преобладают виды лугового флороценоэлемента. При этом видов, характерных для лугов, в том числе субальпийских и альпийских, в берёзовых (57%) лесах меньше, чем в сосновых (64%). В берёзниках произрастает большее количество видов, относящихся к лесному ценоцентру: 29% лесных видов от общего количества видов в берёзниках, 21% – в сосняках. Также в берёзниках обнаружено меньшее количество рудеральных видов (2.5%), чем в сосняках (4.5%). Одной из причин выявленного соотношения видов лесных, луговых и рудеральных флороценоэлементов в ценофлорах берёзовых и сосновых лесов, по нашему мнению, являются особенности возобновления этих лесобразующих пород на Гунибском плато.

Проведённый анализ позволил выявить различия местообитаний, занимаемых на территории Гунибского плато берёзовыми и сосновыми лесами при крайних значениях свето- и влагообеспеченности.

Ключевые слова: *Betula litwinowii*, *Betula raddeana*, *Pinus kochiana*, растительность, берёзовые леса, сосновые леса, Гунибское плато, Дагестан.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-45-52

EDN: CHUXIK

Гунибское плато общей площадью около 36 км² находится в северо-западной части известнякового Внутригорного Дагестана на высотах от 1400 до 2354 м н.у.м. БС. Флора сосудистых растений плато является уникальной по видовой насыщенности, в ней насчитывается 657 видов

(Омарова, 2013).

На Гунибском плато ведётся активная хозяйственная деятельность (рубки, выпас, строительство, рекреационная нагрузка), что негативно сказывается в первую очередь на процессах естественного восстановления леса. В то же время существование особо охраняемой территории природного парка «Верхний Гуниб» и научного стационара Горного ботанического сада Дагестанского федерального исследовательского центра РАН позволяет изучать растительность плато на территориях, где антропогенная нагрузка ограничена.

Климат на плато умеренно континентальный. Его особенностью является сухость воздуха, обусловленная преобладанием западных ветров и удаленностью от Каспийского моря. Среднегодовое количество осадков – 680 мм, средняя годовая температура составляет +8°C, с максимумом в июле-августе. Суммарное количество часов солнечного сияния в Верхнем Гунибе (1583 м н.у.м. БС) составляет 2250 часов в год. Режим выпадения осадков – типично материковый. Самая низкая относительная влажность в году – в апреле (59%). Почвы на плато щебнистые, маломощные коричневые лесные и горнолуговые чернозёмовидные на карбонатных почвообразующих породах (Акаев и др., 1996).

Берёзовые с доминированием *Betula litwinowii* Doluch. и *B. raddeana* Trautv и сосновые из *Pinus kochiana* Klotsch ex G. Koch. леса на Гунибском плато встречаются на высотах 1400-2170 м н.у.м. БС. Они приурочены в основном к склонам северной экспозиции, образуют смешанные массивы, а в верхней части плато – чистые. В нижней части (1400-1600 м н.у.м. БС) *Betula raddeana* не встречается, а *Betula litwinowii* и *Pinus kochiana* входят в состав смешанных лесов с участием *Acer platanoides* L., *Alnus incana* (L.) Moench, *Betula pendula* L., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Malus orientalis* Uglitzk., *Populus tremula* L., *Pyrus caucasica* Fed., *Salix caprea* L., *Sorbus aucuparia* L., *Tilia cordata* Mill. В настоящее время и на склонах южной экспозиции появляются небольшие участки, зарастающие сосной. Почти полную идентичность ареалов березы и сосны на Кавказе большинство авторов объясняют тем, что границы их распространения совпадают с границами бывшего оледенения (Гулисашвили, 1956; Махатадзе, 1968).

Целью настоящей работы является сравнение ценофлор наиболее распространённых на Гунибском плато формаций берёзовых и сосновых лесов.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2011-2013 и 2018-2020 гг. на территории природного парка «Верхний Гуниб» (рис. 1). Было выполнено 53 стандартных геоботанических описания (28 в березняках, 25 в сосняках) на пробных площадях 20×20 м (Ипатов, Мирин, 2008). На каждой площади определялись географические координаты с помощью GPS-навигатора, высота над уровнем моря, крутизна и экспозиция склона, учитывался видовой состав по ярусам, проективное покрытие каждого вида (в %). Для каждого вида древесного яруса учитывалось количество особей и стволов, сомкнутость и высота древостоя.

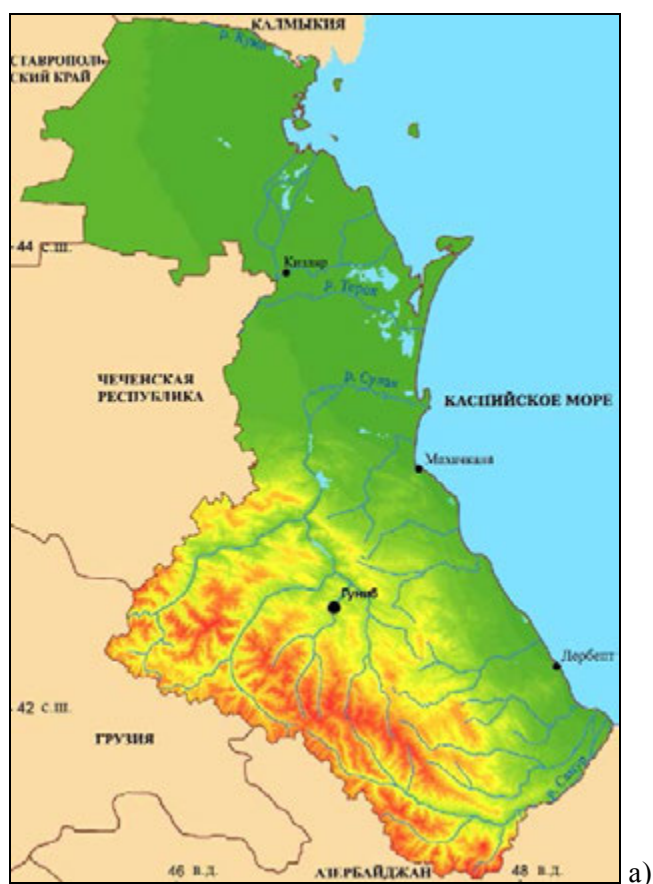
При закладке пробных площадей ставилась задача максимально отразить разнообразие сообществ берёзовых и сосновых лесов Гунибского плато. Координаты местоположения пробных площадей приведены в таблице 1.

Анализ флороценоэлементов проведён с использованием данных А.Л. Иванова (2019). Названия видов приведены по «Конспекту флоры Дагестана» (Муртазалиев, 2009).

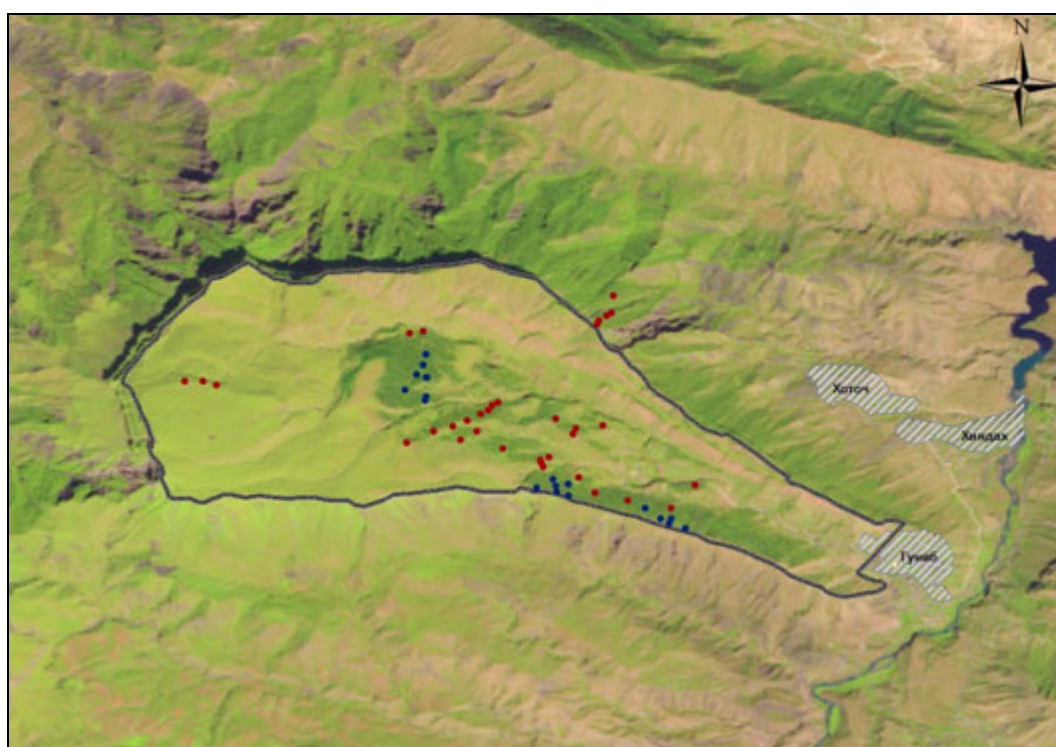
Результаты и обсуждение

Лесные массивы приурочены в Дагестане, в основном, к склонам северной экспозиции. На Гунибском плато берёзовые и сосновые леса также произрастают на северных, северо-восточных и северо-западных склонах.

В сообществах березняков выявлен 251 вид сосудистых растений, относящихся к 164 родам и 63 семействам. Ценофлора сосняков Гунибского плато включает 226 видов, относящихся к 147 родам и 49 семействам (Абдурахманова, Садыкова, 2015). 130 видов являются общими для сообществ берёзовых и сосновых лесов. Виды, являющиеся общими для обеих ценофлор, как правило, играют заметную роль в сообществах, т.е. либо имеют высокую встречаемость, либо высокие значения проективного покрытия.



а)



б)

Рис. 1. Республика Дагестан (а) и Гунибское плато (б) с обозначением пробных площадей:

● – березняки, ● – сосняки.

Таблица 1. Координаты местоположения пробных площадей.

Берёзовые леса			Сосновые леса		
№ описания	координаты		№ описания	координаты	
	с. ш.	в. д.		с. ш.	в. д.
1	42° 24.241'	46° 54.653'	1	42° 24.623'	46° 54.472'
2	42° 24.178'	46° 54.753'	2	42° 24.338'	46° 54.477'
3	42° 24.305'	46° 54.957'	3	42° 24.314'	46° 54.468'
4	42° 24.283'	46° 54.920'	4	*	*
5	42° 24.251'	46° 54.890'	5	*	*
6	42° 24.225'	46° 54.841'	6	42° 23.732'	46° 55.212'
7	42° 23.934'	46° 55.294'	7	42° 23.704'	46° 55.350'
8	42° 23.914'	46° 55.240'	8	42° 23.786'	46° 55.325'
9	42° 23.872'	46° 55.258'	9	42° 23.740'	46° 55.339'
10	42° 23.898'	46° 55.244'	10	42° 23.680'	46° 55.423'
11	42° 23.995'	46° 54.989'	11	42° 23.756'	46° 55.422'
12	42° 24.033'	46° 54.347'	12	42° 24.469'	46° 54.476'
13	42° 24.111'	46° 54.524'	13	42° 23.525'	46° 56.041'
14	42° 24.049'	46° 54.704'	14	42° 23.494'	46° 56.100'
15	42° 24.107'	46° 54.812'	15	42° 23.459'	46° 56.212'
16	42° 24.093'	46° 55.460'	16	42° 23.526'	46° 56.114'
17	42° 24.128'	46° 55.480'	17	42° 23.595'	46° 55.937'
18	42° 23.802'	46° 55.490'	18	42° 24.389'	46° 54.332'
19	42° 23.698'	46° 55.602'	19	42° 24.491'	46° 54.410'
20	42° 23.649'	46° 55.823'	20	42° 24.472'	46° 54.478'
21	42° 23.598'	46° 56.115'	21	42° 24.556'	46° 54.453'
22	42° 23.749'	46° 56.271'	22	*	*
23	42° 24.150'	46° 55.657'	23	*	*
24	42° 24.848'	46° 55.630'	24	42° 23.732'	46° 55.212'
25	42° 24.447'	46° 52.982'	25	*	*
26	42° 25.017'	46° 55.724'			
27	42° 24.770'	46° 54.449'			
28	42° 24.767'	46° 54.493'			

Примечание к таблице 1: * – координаты не сохранились.

На долю ведущих 6 семейств приходится 50% видов ценофлор березняков и сосняков (129 и 113 видов соответственно). По количеству видов в березняках лидирует семейство (сем.) Asteraceae – 33 вида, на втором месте – сем. Rosaceae с 26 видами. Сем. Poaceae – 3 место (25 видов), сем. Apiaceae – 4 место (16 видов), сем. Fabaceae – 5 место (15 видов), сем. Lamiaceae – 6 место (13 видов). Для сосновых лесов этот ряд выглядит следующим образом: 1 место – сем. Asteraceae (32 вида), 2 – сем. Poaceae (25 видов), 3 – сем. Rosaceae (18 видов), 4 – сем. Fabaceae (14 видов), 5 – сем. Apiaceae (13 видов), 6 – сем. Lamiaceae (13 видов; рис. 2).

Такой порядок расположения семейств показывает, что ценофлоры берёзовых и сосновых лесов относятся к Rosaceae-типу, характерному для средневропейской группы флор. Семейства Asteraceae и Poaceae практически всегда входят в первую триаду семейств региональных флор Палеарктики.

В семейственно-видовом спектре флоры Rosaceae-типа, помимо вышеназванных, в первую триаду входит еще сем. Rosaceae. Причем порядок семейств в триаде может быть разным. Географически «зона розоцветных» приурочена к Центральной Европе, в частности, флора Карпат в целом относится к Rosaceae-типу. А.П. Хохряков (2000) отмечает, что первая триада Rosaceae-типа в спектрах некоторых высокогорных флор Кавказа свидетельствует об их родстве с центральноевропейскими флорами. Отдельно автор подчеркивает, что первая триада семейств лесов из сосны Коха построена по Rosaceae-типу.

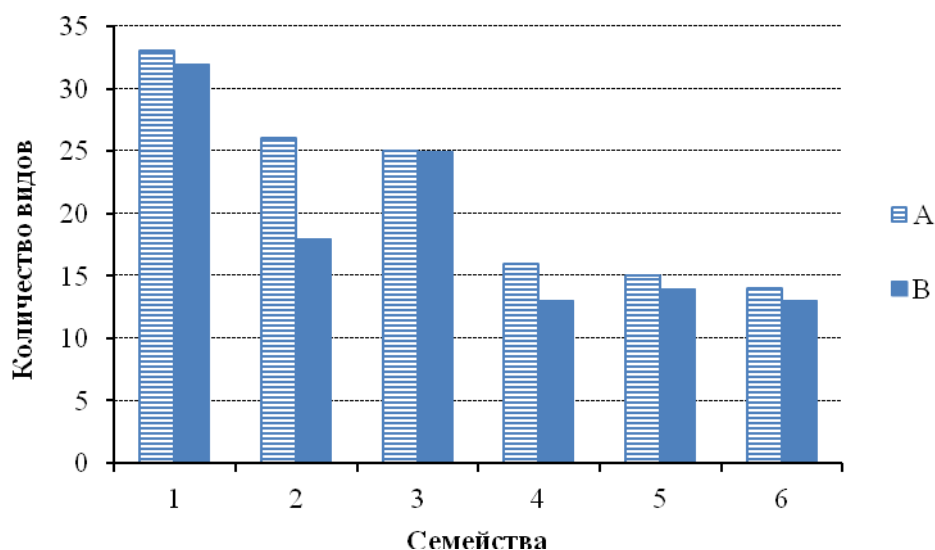


Рис. 2. Ведущие семейства ценофлор березняков и сосняков. Условные обозначения. Типы леса: А – берёзовые леса, В – сосновые леса. Семейства: 1 – Asteraceae, 2 – Rosaceae, 3 – Poaceae, 4 – Ariaceae, 5 – Fabaceae, 6 – Lamiaceae.

Берёзы, как правило, представлены многоствольной формой, возраст стволов – 60-80 лет. Сомкнутость древостоя в березняках – 0.4-0.8. Проективное покрытие (ПП) травяно-кустарничкового яруса – 25-80%, мохово-лишайникового яруса – 1-40%.

Возраст сосен – 70-80 и 120-130 лет, сомкнутость древостоя в сосняках – 0.5-0.7. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 25-80%, проективное покрытие мохово-лишайникового – 5-65%.

Подлесок в сообществах обеих формаций имеет небольшое проективное покрытие (1-10%) и представлен *Berberis vulgaris* L., *Cotoneaster integerrimus* Medik., *Juniperus oblonga* Bieb., *Lonicera xylosteum* L., *Rosa oxyodon* Boiss., *R. pimpinellifolia* L., *R. canina* L. и др.

Доминантами и содоминантами травяно-кустарничкового яруса в берёзовых и сосновых лесах в большинстве случаев являются одни и те же виды, поскольку обе формации занимают на Гунибском плато сходные экотопы. Тем не менее, есть виды, играющие заметную роль в сообществах только одной из этих формаций (табл. 2).

Dryopteris filix-mas и *Festuca ovina* доминируют, а *Campanula collina* является содоминантом в сообществах березняков, но заметной роли в сосновых лесах Гунибского плато эти виды не играют. Березняк с доминированием в травяно-кустарничковом ярусе *Dryopteris filix-mas* занимает небольшой участок в нижней части крутого северного склона на правом берегу реки Гунибки. Данное местообитание неудобно для выпаса и практически лишено прямой инсоляции. *Festuca ovina* доминирует в молодом березняке, находящемся также на крутом (30-35°) труднодоступном северном склоне, выше основной границы леса на плато (2150-2170 м н.у.м. БС), окружённом со всех сторон лугами. *Campanula collina* – вид, имеющий высокую встречаемость как в березняках, так и в сосняках, однако на Гунибском плато в роли содоминанта был отмечен только в березняках.

Anthriscus sylvestris, *Carex humilis*, *Chaerophyllum roseum*, *Primula cordifolia*, *Rubus saxatilis* – виды, являющиеся доминантами и содоминантами в сосновых лесах, встречаются и в березняках, но их проективное покрытие здесь не превышает 2%. *Carex humilis* обильно разрастается в сосняках на

хорошо прогреваемых участках с высокой пастбищной нагрузкой. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса в сообществах с доминированием *C. humilis* не превышает 50%. *Anthriscus sylvestris*, *Chaerophyllum roseum*, *Primula cordifolia*, *Rubus saxatilis* – виды, имеющие высокие значения проективного покрытия на участках с достаточным увлажнением и невысокой пастбищной нагрузкой. Травяно-кустарничковый ярус хорошо развит, проективное покрытие – до 90%.

Таблица 2. Характеристика доминантов травяно-кустарничкового яруса.

Вид	Семейство	Флороценотип	Трофоморфа/ гелиоморфа/ гидроморфа	Формация	
				Березняк	Сосняк
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	Apiaceae	Ra, Rb	Mezo/ Glf, fGlf/ Mzf	–	+
<i>Astrantia major</i> subsp. <i>biebersteinii</i> (Trautv.) I.Grint	Apiaceae	Pb, Pc	Mezo/ Glf, fGlf/ Mzf	+	+
<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) Beauv.	Poaceae	S	EvMz/ fGlf/ Mzf	+	+
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	Poaceae	Pb	Mezo/ fGlf/ Mzf	+	+
<i>Campanula collina</i> Sims	Campanulaceae	Pb, Pc, Do	Mezo/ Glf/ Mzf	+	–
<i>Carex alba</i> Scop.	Cyperaceae	S, Pb, Da	Mezo/ Glf/ Mzf	+	+
<i>Carex humilis</i> Leyss.	Cyperaceae	Pa	Olig/ Glf/ MzXer	–	+
<i>Chaerophyllum roseum</i> Bieb.	Apiaceae	Pb	Mezo/ Glf/ Mzf	–	+
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	Dryopteridaceae	S	Mezo/ Scf, fGlf/ GigMz	+	–
<i>Festuca ovina</i> L.	Poaceae	ST	Olig/ Glf/ MzXer	+	–
<i>Primula cordifolia</i> Rupr.	Primulaceae	S, Pb, Do	Mezo/ Glf/ Mzf	–	+
<i>Rubus saxatilis</i> L.	Rosaceae	Pb	EvMz/ Glf, fGlf/ GigMz	–	+
<i>Valeriana tiliifolia</i> Troitzky	Valerianaceae	S, Pb	Mezo/ fGlf/ Mzf	+	+

Примечания к таблице 2. Флороценотип: Ra – сегетальный, Rb – рудеральный; Pa – луговой равнинный; Pb – луговой субальпийский; Pc – луговой альпийский; S – лесной; ST – степной; Da – кальцепетрофильный; Do – оксилофильный. Трофоморфа: Olig – олиготроф; Mezo – мезотроф; EvMz – эвмезотроф. Гелиоморфа: Glf – гелиофит, fGlf – факультативный гелиофит; Scf – сциофит. Гидроморфа: GigMz – гигромезофит; Mzf – мезофит; MzXer – мезоксерофит.

При сравнении состава флороценоэлементов ценофлор берёзовых и сосновых лесов Гунибского плато (рис. 3) выявлено, что в березняках произрастает большее количество видов, относящихся к лесному ценоценозу: 29% лесных видов от общего количества видов в березняках, 21% – в сосняках. Видов, характерных для лугов, в том числе субальпийских и альпийских, в берёзовых лесах меньше (57%), чем в сосновых (64%). Также в березняках выявлено меньшее количество рудеральных видов (2.5%), чем в сосняках (4.5%).

Такое распределение флороценоципов можно объяснить следующим образом. Бóльшее количество лесных видов присутствует в березняках потому, что берёза, по нашим наблюдениям, хорошо возобновляется на нарушенных местообитаниях, в местах рубок или пожаров в различных типах леса, где в травяно-кустарничковом ярусе сохраняются лесные виды. В то время как сосна на Гунибском плато более успешно заселяет открытые пространства, занятые лугами, при снижении пастбищной нагрузки на них. Поэтому в сосняках присутствует больше луговых и рудеральных видов.

В ценофлорах исследованных формаций Гунибского плато преобладают виды лугового флороценоципа (рис. 3), тогда как Л.Б. Курашева (2009) при анализе ценофлоры лесов Кабардино-

Балкарии отмечает определяющую ценотическую роль лесной группы видов в формациях берёзовых и сосновых лесов.

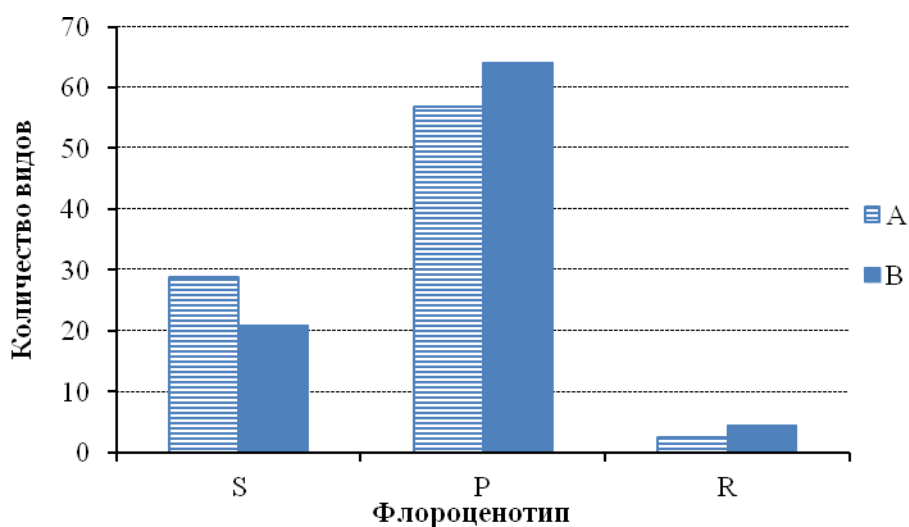


Рис. 3. Распределение флороценотивов травяно-кустарничкового яруса берёзовых и сосновых лесов Гунибского плато. *Условные обозначения.* Типы леса: А – берёзовые леса, В – сосновые леса. Флороценотивы: S – лесной флороценотип, P – луговой, R – рудеральный.

На основании проведённого анализа можно сказать, что, несмотря на то, что берёзовые и сосновые леса на Гунибском плато произрастают в сходных местообитаниях, их ниши несколько расходятся при крайних значениях свето- и влагообеспеченности. Берёзняки более устойчивы к затенению и могут произрастать на крутых северных склонах с максимальным затенением. А сосняки более устойчивы к засухе и могут занимать участки даже на южных склонах. Наши исследования лесной растительности Дагестана подтверждают общие закономерности распространения сосновых и берёзовых лесов в верхнем лесном поясе Кавказа: берёзняки занимают более влажные склоны с повышенным снегонакоплением, тогда как сосна тяготеет к более сухим и теплым склонам (Нечаев, 1954; Махатадзе, 1968; Гулисашвили и др., 1975).

Выводы

Спектры ведущих семейств ценофлор берёзовых и сосновых лесов относятся к характерному для средневропейской группы флор Rosaceae-типу. На долю ведущих 6 семейств приходится 50% видов ценофлор берёзняков и сосняков (129 и 113 видов соответственно). Берёзовые и сосновые леса на Гунибском плато занимают сходные экотопы, значительную роль в сложении травяно-кустарничкового яруса в обеих формациях в большинстве случаев играют одни и те же виды.

Особенности возобновления берёзовых и сосновых лесов на Гунибском плато могут быть одной из причин выявленного соотношения лесных, луговых и рудеральных флороценоэлементов в ценофлорах этих сообществ. Берёза здесь хорошо возобновляется на месте нарушенных лесов, где в травяно-кустарничковом ярусе сохраняются лесные виды. В сосновых лесах присутствует больше луговых и рудеральных видов, поскольку при снижении пастбищной нагрузки на лугах, на них активно возобновляется сосна.

Проведённый анализ показывает, что произрастающие на Гунибском плато в сходных местообитаниях берёзовые и сосновые леса, несколько расходятся при крайних значениях свето- и влагообеспеченности. Берёзовые леса могут произрастать на крутых северных склонах с максимальным затенением, а сосновые леса могут занимать участки на южных склонах.

Благодарности. Авторы благодарят за помощь в проведении полевых исследований директора Горного ботанического сада ОП ДФИЦ РАН, д.б.н., проф. З.М. Асадулаева, заведующего эколого-ботанической станцией «Пятигорск» БИН РАН, к.б.н. Д.С. Шильникова, н.с. Лаборатории общей геоботаники БИН РАН Н.С. Ликсакову.

Финансирование. Работа выполнена в рамках плановой темы Ботанического института имени В.Л. Комарова РАН «Растительность Европейской России и северной Азии: разнообразие, динамика, принципы организации» (№ 121032500047-1) и плановой темы лаборатории Интродукции и генетических ресурсов древесных растений Горного ботанического сада ДФИЦ РАН «Структурные и функциональные особенности растительных сообществ с участием популяций редких и ресурсных древесных видов (на примере Восточного Кавказа)» (№ АААА-А19-119020890099-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдурахманова З.И., Садыкова Г.А.* 2015. Ценофлористический анализ сообществ с доминированием *Pinus koschiana* Klotsch ex G. Koch. Гунибского плато (Внутригорный Дагестан) // Фиторазнообразие Восточной Европы. Т. IX. № 2. С. 112-122.
- Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиев Б.С.* 1996. Физическая география Дагестана. Махачкала: Школа. 384 с.
- Гулисашвили В.З.* 1956. Генезис березовых и сосновых лесов Кавказа // Сборник работ по геоботанике, лесоведению, палеогеографии и флористике «Академику Сукачеву В.Н. к 75-летию со дня рождения», М.-Л.: АН СССР. С. 142-157.
- Гулисашвили В.З., Махатадзе Л.Б., Прилипко Л.И.* 1975. Растительность Кавказа. М.: Наука. 233 с.
- Иванов А.Л.* 2019. Конспект флоры Российского Кавказа (сосудистые растения). Ставрополь: Изд-во СКФУ. 341 с. + 1 ил.
- Ипатов В.С., Мирин Д.М.* 2008. Описание фитоценоза. Методические рекомендации. Учебно-методическое пособие. СПб: Изд-во СПбГУ. 71 с.
- Курашева Л.Б.* 2009. Эколого-биологический анализ ценофлоры лесов Кабардино-Балкарии. Автореферат дисс. ... к.б.н. Нальчик. 253 с.
- Махатадзе Л.Б.* 1968. Основные закономерности строения и распределения субальпийских лесов Кавказа // Лесоведение. № 5. С. 37-43.
- Муртазалиев Р.А.* 2009. Конспект флоры Дагестана. Т. 1-4. Махачкала: Эпоха.
- Нечаев Ю.А.* 1954. Леса Центрального Кавказа // Природа. № 9. С. 71-77.
- Омарова С.О.* 2013. Флора локальных платообразных поднятий Внутригорного Дагестана. Махачкала: Изд-во ДагГУ. 130 с.
- Хохряков А.П.* 2000. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике // Ботанический журнал. Т. 85. № 5. С. 1-11.

**ИНВАЗИЯ КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО (*ACER NEGUNDO* L.)
В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «БУЗУЛУКСКИЙ БОР»**

© 2022 г. Л.М. Абрамова*, В.С. Агишев**, Р.М. Хазиахметов**, З.Х. Шигапов*

*Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН
Россия, 450080, г. Уфа, ул. Менделеева, д. 195, корп. 3. E-mail: abramova.lm@mail.ru

**Бакирский государственный университет им. Заки Валиди
Россия, 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32. E-mail: eco3110@rambler.ru

Поступила в редакцию 28.01.2022. После доработки 04.04.2022. Принята к публикации 05.04.2022.

Приведены результаты исследования вселения *Acer negundo* L. в пойменные леса с доминированием *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. в Национальном парке «Бузулукский бор» на территории Оренбургской области. В данном регионе инвазионный вид встречается в самых разных лесонасаждениях: по современным данным, он занимает более 20 тыс. га или около 5% всей площади лесного фонда, активно натурализуется в естественных пойменных лесах, внесен в «черный список» Оренбургской области, «черные списки» близлежащих регионов и «черную сотню» инвазионных видов России в целом. Работа проводилась на двух лентах пробных площадей по правому и левому берегу реки Боровка, протекающей через охраняемую территорию (суммарно 65 площадей по 20×50 м). Древесные пойменные фитоценозы реки Боровка образованы преимущественно *Alnus glutinosa*, *Salix alba* L., *Acer negundo* и *Populus nigra* L. Доминирующей породой на всей исследуемой территории является *A. glutinosa* (встречаемость – 100%), средняя численность которой составляет 545 шт./га (80.4% от общего числа деревьев), что значительно больше, чем суммарная численность всех других древесных пород. Средняя численность *A. negundo* – 34 шт./га (встречаемость – 66.2%), инвазионный вид занимает третье место среди древесных пород после *S. alba* (46 шт./га, встречаемость – 63.1%). Еще 11 древесных пород отнесены к видам, малозначимым в пойменных сообществах реки Боровка. Согласно полученным данным, густой зрелый прирусловый лес, сформированный преимущественно *A. glutinosa* с примесью *S. alba* и *P. nigra*, поддерживает баланс своего видового разнообразия, а инвазия и степень доминирования *A. negundo* не превышает значения второстепенного вида со средней долей участия в фитоценозах 5% (максимум – 17-20% на отдельных пробных площадях). Инвазия *A. negundo* в пойменные леса Национального парка «Бузулукский бор» приводит к нежелательному флористическому загрязнению особо охраняемой природной территории.

Ключевые слова: национальный парк «Бузулукский бор», пойменные леса, *Alnus glutinosa*, инвазия, *Acer negundo*, индекс доминирования.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-53-60

EDN: СКМҮNV

Национальный парк «Бузулукский бор» – уникальный островной лесной массив среди степей Заволжья и Предуралья на границе Оренбургской и Самарской областей. Расположен в 15 км к северу от г. Бузулук, в бассейне р. Боровка. Площадь парка – 106.8 тыс. га, в пределах Оренбургской области – 57.1 тыс. га. Данный лесной массив занимает обширную приречную котловину, которая на 100-150 м ниже окружающих ее сыртовых равнин. Большую часть котловины занимают пески, мощность которых местами достигает 90 м (Чибилев и др., 2009). Более двух третей массива занято разнообразными сосновыми и смешанными лесами, остальная часть – дубняками, тополевыми, ольшаниками – последние расположены вдоль реки Боровка, в заболоченных понижениях. Древостои прирусловых ольшаников чаще всего простые по составу, доля сопутствующих пород в них редко превышает 10%. В них, помимо ольхи черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), произрастают ива белая (*Salix alba* L.) и тополь чёрный (*Populus nigra* L.). Сопутствующими древесными породами чаще

всего выступают местные виды, такие как тополь белый (*Populus alba* L.), вяз шершавый (*Ulmus glabra* Huds.), и интродуценты: североамериканский клён ясенелистный (*Acer negundo* L.), реже – вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.), единично – другие древесные виды растений. Иногда в полосе перехода к среднепойменному лесу к ольхе чёрной примешивается берёза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) и берёза бородавчатая (*Betula pendula* Roth; Турчина, 2013).

Клён ясенелистный (*Acer negundo*) – листопадное дерево с широкой раскидистой кроной, до 20-25 м высотой и диаметром ствола до 90-100 см. На исторической родине в Северной Америке это наиболее часто встречающийся вид среди пойменных лиственных пород. Клён ясенелистный имеет обширный вторичный ареал в Евразии. В России *Acer negundo* как интродуцент известен с XVIII века, а его дичание началось во второй половине XX века (Виноградова и др., 2010). Исследования натурализации и различных аспектов биологии данного вида проводили многие авторы в России (Виноградова, 2006; Емельянов, Фролова, 2011; Ефимова, Антонова, 2012; Антонова, Гниловская, 2013; Andronova, 2016; Kolyada, Kolyada, 2017; Саксонов, 2018; Veselkin et al., 2018) и за рубежом (Дайнеко и др., 2017; Künstler, 1999; Saccone et al., 2010; Porté et al., 2011; Manusadžianas et al., 2014; Ednich et al., 2015; Marozas, 2015; Turaliyeva et al., 2015; Krevš, Kučinskiene, 2017; Sikorska et al., 2019). Авторы отмечают, что вселение клёна в городские местообитания и в сообщества по берегам рек произошло во многих регионах мира. Одной из ведущих причин быстрого расширения вторичного ареала считается его успешная адаптация к пойменным условиям.

В Оренбургской области *Acer negundo* встречается в самых разных лесонасаждениях. По современным данным, он занимает площадь более 20 тыс. га или около 5% всей площади лесного фонда (Колтунова, Кузьмин, 2017). Активно натурализуется в естественных пойменных лесных насаждениях (Стецук и др., 2011). *A. negundo* внесен в предварительный «черный список» Оренбургской области (Абрамова и др., 2017), «черный список» соседней с Оренбуржьем Республики Башкортостан (Абрамова, Голованов, 2016), «Черную книгу флоры Средней России» (Виноградова и др., 2010), «черную сотню» инвазионных растений Российской Федерации (Виноградова и др., 2015) и считается одним из приоритетных видов-мишеней для исследований и контроля (Дгебуадзе, 2014). Ранее мы исследовали вселение *A. negundo* в пойменные древесные фитоценозы р. Ток в двух районах северо-запада Оренбуржья (Абрамова и др., 2019).

Цель настоящей работы – анализ влияния инвазии *Acer negundo* на черноольшаники реки Боровка в Национальном парке «Бузулукский бор». Задачи – заложить трансекты в пойменных черноольховых лесах по правому и левому берегу реки и оценить долю участия инвазионного вида в данных сообществах.

Материалы и методы

Объектом исследований стали пойменные черноольховые леса реки Боровка в пределах Национального парка «Бузулукский бор» (Бузулукский район Оренбургской области). Река Боровка пересекает бор с северо-востока на юго-восток, разделяя основной массив на две части, и впадает в р. Самару. Глубина р. Боровки – от 10 до 80 см, ширина в межень – до 35 м (Чибилев, 1996).

Климат Бузулукского района – резко континентальный, с жарким сухим летом и холодной зимой. Среднее количество осадков в вегетационный период – 238 мм, в сухие годы может уменьшаться до 96 мм, а во влажные повышаться до 506 мм. За десятилетие выдаются 2-3 засушливых года. Безморозный период длится в среднем 108 дней. Средняя дата последнего заморозка на почве – 21 мая, а первого – 13 сентября. Вегетационный период начинается в среднем 15 апреля, а заканчивается 30 сентября и продолжается 146-190 дней (Чибилев и др., 2009).

Подбор и закладка пробных площадей выполнялась по общепринятым стандартам и методикам (Гусев, 2004). Площади закладывались в виде узких лент шириной 20 м, с обязательным наличием достаточного количества деревьев. Пробные площади разделялись на равные секции длиной 50 м. Всего заложено 65 пробных площадей, объединенных в 2 ленты: на правом берегу «Боровка 1» включала 30 пробных площадей, на левом «Боровка 2» – 35 пробных площадей. Учитывались все древесные виды растений, при этом не учитывались молодой подрост с диаметром ствола менее 5 см. Данные учёта на пробных площадях пересчитывались на 1 га.

Статистическая обработка первичных данных включала расчет средней арифметической (M) и стандартного отклонения (m ; Зайцев, 1990; Сиделев, 2012). Обработку и анализ данных проводили в приложении Microsoft Office Excel 2010 и при помощи пакета статистических программ Statistica 6.0.

Численное определение доминирования вида в составе фитоценоза проводилось при помощи вычисления индекса доминирования Бергера-Паркера (Емельянов, 2011):

$$d = \frac{N_{max}}{N},$$

где N_{max} – число особей самого обильного вида, N – общее количество особей.

Для перерасчёта численности в процентном соотношении использовали индекс доминирования особей (D), предложенный И. Балогом (Логина, Лопух, 2011):

$$D = \frac{n}{N} * 100\%$$

где n – число особей вида, N – общее количество деревьев.

При анализе данных использовалась также 5-балльная шкала доминирования Е.Л. Любарского (1974).

Результаты и их обсуждение

По результатам исследований выявлено, что древесные прирусловые фитоценозы р. Боровка довольно молодые, образованы преимущественно ольхой чёрной, с примесью ивы белой, клёна ясенелистного и тополя чёрного, другие породы деревьев представлены в меньшей степени (табл. 1). Ольха черная встречается на всех без исключения пробных площадях (100%), встречаемость остальных ведущих пород деревьев (*Salix alba*, *Acer negundo* и *Populus nigra*) – 58.5-63.1%, прочие древесные виды встречены на 3.1-30.8% пробных площадей.

Таблица 1. Численность деревьев в пойменных прирусловых лесах р. Боровка Национального парка «Бузулукский бор».

№	Виды	Средняя численность, шт./га	min – max	Встречаемость, %
1	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	545.07±29.03	240 – 1260	100.0
2	<i>Salix alba</i> L.	46.00±6.46	0 – 270	63.1
3	<i>Acer negundo</i> L.	34.31±3.91	0 – 130	66.2
4	<i>Populus nigra</i> L.	26.00±3.61	0 – 120	58.5
5	<i>Populus alba</i> L.	7.85±1.77	0 – 70	30.8
6	<i>Ulmus glabra</i> Huds.	7.08±1.41	0 – 50	29.2
7	<i>Tilia cordata</i> Mill.	6.77±2.12	0 – 110	16.9
8	<i>Pinus sylvestris</i> L.	3.85±1.86	0 – 120	7.7
9	<i>Salix fragilis</i> L.	1.69±0.61	0 – 30	10.8
10	<i>Populus tremula</i> L.	1.54±0.71	0 – 40	7.7
11	<i>Padus avium</i> Mill.	1.23±0.60	0 – 40	7.7
12	<i>Betula pendula</i> Roth	0.31±0.19	0 – 10	3.1
13	<i>Ulmus pumila</i> L.	0.31±0.19	0 – 10	3.1
14	<i>Quercus robur</i> L.	0.12±0.08	0 – 20	6.2

Согласно обследованным 65 пробным площадям р. Боровка, преобладающей породой практически на всей исследуемой территории является *Alnus glutinosa*. Средняя численность ольхи чёрной составляет 545.07±29.03 шт./га, что более чем в 11 раз больше численности второго по значимости вида – *Salix alba* и значительно больше, чем суммарная численность других древесных пород. Ольха чёрная может достигать высоты до 20 м, со стволом диаметром до 50 см. Аборигенные виды ива белая и тополь чёрный занимают стабильное положение (46.00±6.46 и 26.00±3.61 шт./га) и играют важную роль в поддержании постоянства фитоценозов поймы реки Боровка. Деревья достигают 30-35 м в высоту и 1-2 м в диаметре ствола.

Индекс доминирования Бергера-Паркера (табл. 2) наиболее распространённого вида – *Alnus glutinosa* – в древесных сообществах составил 80.43%. Он указывает на высокое обилие ольхи чёрной на пробных площадях и полное доминирование во всех естественных пойменных насаждениях р. Боровка. Ольха чёрная по шкале Е.Л. Любарского является абсолютным доминантом в пойменных

прирусловых насаждениях р. Боровка. *Acer negundo* наравне с *Salix alba* имеет статус второстепенного вида. Остальные древесные породы – малозначимы в составе сообществ. Ольха черная способна к удержанию своих территорий благодаря обилию зрелого древесного покрова и самосева. Плотный ольховый лес, плохо пропускающий свет, препятствует быстрой инвазии клёна ясенелистного, которая наблюдается в других пойменных лесонасаждениях (Абрамова и др., 2019).

Таблица 2. Индекс доминирования наиболее распространённых древесных видов в прирусловых лесах р. Боровка Национального парка «Бузулукский бор».

№	Вид	D*	Балл**	Степень доминирования
1	<i>Alnus glutinosa</i>	80.43	5	Абсолютный доминант
2	<i>Salix alba</i>	6.79	2	Второстепенный вид
3	<i>Acer negundo</i>	5.06	2	Второстепенный вид
4	<i>Populus nigra</i>	3.84	1	Малозначимый вид
5	<i>Populus alba</i>	1.16	1	Малозначимый вид
6	<i>Ulmus glabra</i>	1.04	1	Малозначимый вид
7	<i>Tilia cordata</i>	1.00	1	Малозначимый вид

Примечание к таблице 2: *D – индекс доминирования Бергера-Паркера (%), **балл – по шкале Е.Л. Любарского.

В ленту «Боровка 1» по правому берегу реки входят 30 учётных площадей. Лес в данной ленте преимущественно представлен зрелой густой древесной растительностью, среднее число деревьев – 735 шт. на 1 га. Более 1000 деревьев на 1 га отмечены на пробных площадях 24 и 25. Средний показатель *Alnus glutinosa* составляет 564 шт. на 1 га или 78% от общего числа деревьев. Число деревьев превосходит 1000 шт./га на пробных площадях 24 и 25, где, соответственно, доминирование ольхи чёрной составляет 89% и 93% (рис. 1). Данные пробные площади покрыты молодым и густым лесом, за счёт чего свет почти не доходит до поверхности почвы и практически полностью отсутствует травянистая растительность. Пробные площади 4, 5, 8-10, 16, 17, 21, 23 насчитывают более 700 деревьев на 1 га, здесь также отмечено численное превосходство ольхи чёрной, представленной в виде деревьев разного диаметра и возраста. Многочисленные молодые особи ольхи занимают нижний ярус, препятствуя росту и развитию других видов деревьев, в том числе *A. negundo*. На пробных площадях № 1, 12-15 ольха чёрная также имеет статус доминанта, но её доля составляет менее 64% от общего числа деревьев. Ива белая на ленте «Боровка 1» имеет статус субдоминанта, является одним из основных лесообразующих видов, но с численностью в 2-3 раза меньшей (80 шт./га в среднем), чем ольхи черной. Высокий процент числового доминирования ольхи отмечен на учётных площадях «Боровка 1» 3, 5, 7-9, 20, 21, 24-26, 29, 30 – более 80% от общего числа деревьев, а на пробных площадях 5, 7, 20, 25, 26, 29 этот показатель составляет более 90%, наибольший показатель обнаружен на площади 20 – 95%, где остальные 5% приходятся на тополь чёрный. Более высокий процент *A. negundo* отмечен на пробных площадях «Боровка 1» 1, 3, 4, 6, 8-11, 13, 14, 17-19, 21-24, 28-30 – более 4%, что свидетельствует о второстепенности вида в фитоценозе. На пробных площадях 19 и 22 доля вида от общей численности равна 10-13%, но при этом не меняется статус доминирования вида.

Согласно полученным данным, густой зрелый прирусловый лес правого берега реки Боровка, сформированный в основном ольхой чёрной с примесью ивы белой и в меньшей степени – тополя чёрного, поддерживает баланс своего видового разнообразия, а инвазия и степень доминирования *A. negundo* не превышает значения второстепенного вида с максимальной долей участия в фитоценозах 10-13%.

В ленту «Боровка 2» входят 35 учётных площадей (рис. 2). Лес данной ленты условно делится на две части: молодой лес с разновидовым составом и густой непроходимый лес зрелых деревьев ольхи чёрной. Средний показатель числа деревьев на ленте составляет 625 деревьев на 1 га, ольхи чёрной – 528 деревьев на 1 га (84.48% от общего числа деревьев). Более 1000 деревьев на 1 га зафиксировано на пробных площадях 18, 19, 25 и 27, более 700 – на пробных площадях 24-30, доминирование *Alnus*

glutinosa в большинстве из них – более 90%. На пробных площадях 1 и 7 ива белая имеет статус субдоминанта, на остальных ее статус как субдоминанта не сохраняется. При снижении численности *A. glutinosa* не выявлено заметного увеличения числа *A. negundo*, что связано с образованием густой корневой и семенной поросли в открытых зонах у ольхи чёрной. Высокий процент числового доминирования *A. negundo* отмечен на пробных площадях 5, 10, 14, 20, 31 и 34 – более 4% (по шкале Е.Л. Любарского – второстепенный вид). На пробных площадях 4, 30 и 35 доля вида достигает 17-20%, меняется статус клёна ясенелистного, который становится субдоминантом. Увеличение численности *Alnus glutinosa* ведёт к заметному снижению численности других видов, что наблюдается на пробных площадях 1-19 и 24-29. Густой молодой черноольшаник препятствует распространению других видов, в том числе и *Acer negundo*. Малая доля подроста и молодых деревьев клена ясенелистного указывают на неспособность его к равноценному конкурированию с ольхой чёрной в исследуемых прирусловых лесах левого берега реки.

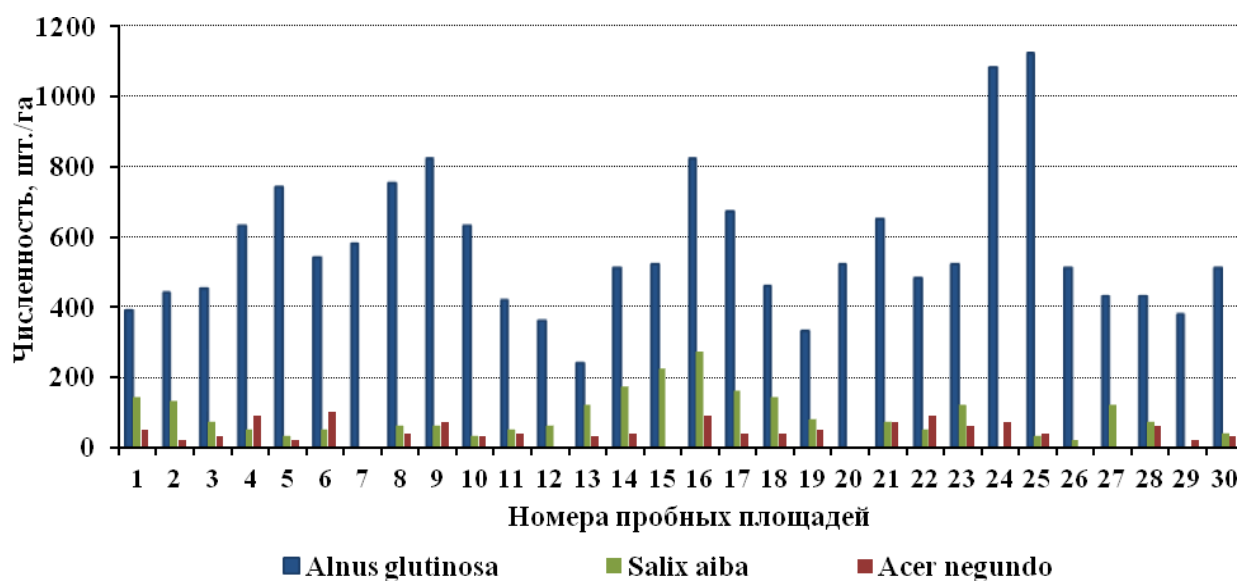


Рис. 1. Соотношение численности *Alnus glutinosa*, *Salix alba* и *Acer negundo* на ленте пробных площадей «Боровка 1».



Рис. 2. Соотношение численности *Alnus glutinosa*, *Salix alba* и *Acer negundo* на ленте пробных площадей «Боровка 2».

Ленты пробных площадей по правому и левому берегу р. Боровка различаются по плотности, возрасту и составу древесных пород, но общая тенденция сохраняется – высокая конкурентная способность ольхи черной препятствует массовому распространению инвазионного вида клёна ясенелистного в данных лесных массивах, в результате чего средняя доля *A. negundo* в пойме реки Боровка в целом составляет лишь 5%.

Заключение

Таким образом, в ходе исследований выявлено расширение вторичного ареала инвазионного вида *Acer negundo* в Оренбургской области, насаждения из которого на сегодня занимают около 5% всей площади лесного фонда, а также обнаружена повсеместная натурализация вида в пойменных прирусловых лесах. Отмечена высокая конкурентоспособность доминирующего вида *Alnus glutinosa* совместно с сопутствующими местными древесными породами в черноольховых лесах на территории Национального парка «Бузулукский бор» по отношению к инвазионному виду. Исследования показали, что внедрение клёна ясенелистного в древесную растительность наблюдается по всему руслу реки Боровка, но необходимо подчеркнуть его малую значимость в лесных массивах (средняя доля участия – около 5%), на что, вероятно, повлияла густота черноольшаниковых насаждений. По численности *A. negundo* занимает третье место среди древесных пород. Высокая адаптационная способность данного инвазионного вида может в дальнейшем способствовать его подселению под полог насаждений, а затем вследствие большей, чем у ольхи черной, теневыносливости и скорости роста выходу в первый ярус (Турчина, 2013). Неприхотливость и быстрый рост дают ему возможность произрастать наряду с аборигенными древесными растениями даже в плотных древостоях черноольшаников, поэтому на отдельных пробных площадях он имеет статус субдоминанта с долей участия до 17-20%.

Сравнение результатов с ранее проведенными исследованиями пойменных лесов р. Ток, протекающей в близко расположенных районах на северо-западе Оренбургской области (Абрамова и др., 2019), показало, что в отличие от пойменных ивово-тополевых лесов реки Ток, где *A. negundo* занимает положение доминанта со средней долей участия 66%, в черноольховых лесах реки Боровка доля участия инвазионного вида ниже на порядок и составляет всего 5%. Тем не менее, в целом инвазия *A. negundo* в пойменные леса Национального парка «Бузулукский бор» приводит к нежелательному для особо охраняемой природной территории флористическому загрязнению. Необходим дальнейший мониторинг инвазионного процесса с участием *A. negundo*.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме № АААА-А18-118011990151-7 "Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамова Л.М., Агишев В.С., Хазиахметов Р.М. 2019. Вселение клёна ясенелистного (*Acer negundo* L., Aceraceae) в пойменные леса северо-запада Оренбургской области // Российский журнал биологических инвазий. № 2. С. 2-10.
- Абрамова Л.М., Голованов Я.М. 2016. Инвазивные виды Республики Башкортостан: «черный список», библиография // Известия Уфимского научного центра РАН. № 2. С. 54-61.
- Абрамова Л.М., Голованов Я.М., Хазиахметов Р.М. 2017. Инвазивные растения Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. № 1 (63). С. 184-186.
- Антонова И.С., Гниловская А.А. 2013. Побеговые системы кроны *Acer negundo* L. (Aceraceae) в разных возрастных состояниях // Ботанический журнал. Т. 98. № 1. С. 53-68.
- Виноградова Ю.К. 2006. Формирование вторичного ареала и изменчивость инвазионных популяций клёна ясенелистного (*Acer negundo* L.) // Бюллетень Главного ботанического сада. Вып. 190. С. 25-47.
- Виноградова Ю.К., Абрамова Л.М., Акатова Т.В., Аненхонов О.А., Анкипович Е.С., Антипова Е.М., Антонова Л.А., Афанасьева В.Е., Багрикова Н.А., Баранова О.Г., Борисова Е.А., Борисова М.А., Бочкин В.Д., Буланый Ю.И., Верхозина А.В., Владимиров Д.Р., Григорьевская А.Я., Ефремов А.Н., Зыкова Е.Ю., Кравченко А.В., Крылов А.В., Куприянов А.Н., Лавриненко Ю.В., Лактионов А.П., Лысенко Д.С., Майоров С.Р., Меньшакова М.Ю., Меццержакова Н.О., Мининзон И.Л., Михайлова С.И., Морозова О.В., Нотов А.А., Панасенко Н.Н., Пликина Н.В., Пузырев А.Н., Раков Н.С., Решетникова Н.М., Рябовол С.В., Сагалаев В.А., Силаева Т.Б., Силантьева М.М., Стародубцева Е.А., Степанов Н.В., Стрельникова Т.О., Терехина Т.А., Трemasова Н.А.,

- Третьякова А.С., Хорун Л.В., Чернова О.Д., Шауло Д.Н., Эбель А.Л. 2015. «Черная сотня» инвазионных растений России. Совет ботанических садов стран СНГ при Международной ассоциации Академии наук. Информационный бюллетень. Вып. 4 (27). С. 85-89.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. 2010. Чёрная книга флоры Средней России (чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). М.: ГЕОС. С. 83-93.
- Гусев Н.Н. 2004. Справочник лесоустроителя. М.: ВНИИЛМ. 328 с.
- Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф., Булохов А.Д., Панасенко Н.Н. 2017. Инвазия клёна ясенелистного (*Acer negundo* L.) в условиях Добрушского района Гомельской области // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. № 3 (102). С. 35-39.
- Дзедубадзе Ю.Ю. 2014. Чужеродные виды в Голарктике: некоторые результаты и перспективы исследований // Российский журнал биологических инвазий. Т. 7. № 1. С. 2-8.
- Емельянов А.В., Фролова С.В. 2011. Клён ясенелистный (*Acer negundo* L.) в прибрежных фитоценозах р. Ворона // Российский журнал биологических инвазий. Т. 4. № 2. С. 40-43.
- Ефимова И.В., Антонова И.С. 2012. Развитие однолетних проростков *Acer negundo* L. в разных климатических и экологических условиях // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология. № 3. С. 31-37.
- Зайцев Г.Н. 1990. Математика в экспериментальной биологии. М.: Наука. 296 с.
- Колтунова А.И., Кузьмин Н.И. 2017. Клён ясенелистный (*Acer negundo* L.) в Оренбуржье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. № 5 (67). С. 211-213.
- Логонова Е.В., Лопух П.С. 2011. Гидроэкология. Минск: Белорусский государственный университет. 300 с.
- Любарский Е.Л. 1974. К методике экспресс-квалификации и сравнения описаний фитоценозов // Количественные методы анализа растительности. Уфа: БФАН СССР. С. 123-125.
- Саксонов С.В. 2018. Инвазии *Acer negundo* L. (Aceraceae) в Ульяновской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 27. № 3. С. 215-219.
- Сиделев С.И. 2012. Математические методы в биологии и экологии: введение в элементарную биометрию: Учебное пособие. Ярославль: Ярославский государственный университет. 140 с.
- Стецук Н.П., Шонина С.М., Кухлевская Ю.Ф. 2011. Древесные интродуценты в озеленении г. Оренбурга // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. № 44. Т. 2 С. 153-158.
- Турчина Т.А. 2013. Обоснование критериев назначения рубок ухода в молодняках ольхи чёрной степной зоны // Лесотехнический журнал. № 2 (10). С. 86-95.
- Чибилёв А.А. 1996. Природное наследие Оренбургской области: учебное пособие. Оренбург: Оренбургское книжное издательство. 384 с.
- Чибилёв А.А., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А. (мл.), Коннов М.Ф. 2009. Природное наследие Оренбургской области: особо охраняемые природные территории. Оренбург: Издательство Уральского отделения РАН. 328 с.
- Andronova M.M. 2016. Maple Ash (*Acer negundo* L.) in Gardening in Small North Towns // European Science Review. No. 7-8. Pp. 194-195.
- Ednich E.M., Chernyavskaya I.V., Tolstikova T.N., Chitao S.I. 2015. Biology of the Invasive Species *Acer negundo* L. in the Conditions of the North-West Caucasus Foothills // Indian Journal of Science and Technology. Vol. 8. No. 30. Pp. 85426.
- Kolyada N.A., Kolyada A.S. 2017. Occurrence of Potentially Invasive Species Box Elder (*Acer negundo* L.) in the South of the Russian Far East // Russian Journal of Biological Invasions. Vol. 8. No. 1. Pp. 41-44.
- Krevš A., Kučinskiene A. 2017. Influence of Invasive *Acer negundo* Leaf Litter on Benthic Microbial Abundance and Activity in the Littoral Zone of a Temperate River in Lithuania // Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. Vol. 2017-January. No. 418. Pp. 170002.
- Künstler P. 1999. The role of *Acer negundo* L. in the structure of floodplain forests in the middle course of the Vistula river // Proceedings of the 5th International Conference on the Ecology of the Invasive Alien Plants 13-16 October 1999. La Maddalena, Sardinia, Italy. Pp. 23-26.
- Manusadžianas L., Darginavičiene J., Gilyte B., Jurkoniene S., Krevš A., Kučinskiene A., Mačkinaite R., Pakalnis R., Sadauskas K., Sendžikaite J., Vitkus R. 2014. Ecotoxicity Effects Triggered in Aquatic Organisms by Invasive *Acer negundo* and Native *Alnus glutinosa* Leaf Leachates Obtained in the Process of Aerobic Decomposition // The Science of the Total Environment. Vol. 496. Pp. 35-44.
- Marozas V., Cekstere G., Laivins M., Straigyte L. 2015. Comparison of Neophyte Communities of *Robinia pseudoacacia* L. and *Acer negundo* L. in the Eastern Baltic Sea Region Cities of Riga and Kaunas // Urban Forestry and Urban Greening. Vol. 14. No. 4. Pp. 826-834.
- Porté A.J., Lamarque L.J., Michalet R., Delzon S., Lortie C.J. 2011. Invasive *Acer negundo* Outperforms Native Species in Non-Limiting Resource Environments due to its Higher Phenotypic Plasticity // BMC Ecology. Vol. 11. Pp. 28.
- Saccone P., Pagès J., Brun J., Girel J., Michalet R. 2010. *Acer negundo* Invasion along a Successional Gradient: Early

- Direct Facilitation by Native Pioneers and Late Indirect Facilitation by Conspecifics // *New Phytologist*. Vol . 187. No. 3. Pp. 831-842.
- Sikorska D., Chormański J., Sikorski P., Archiciński P., Hopkins R.J.* 2019. You Can't See the Woods for the Trees: Invasive *Acer negundo* L. in Urban Riparian Forests Harms Biodiversity and Limits Recreation Activity // *Sustainability*. Vol. 11. No. 20. Pp. 5838.
- Turaliyeva M., Yeshibaev A., Uspabayeva A., Elibayeva G., Sartayeva K.* 2015. Molecular Identification of Invasion Diseases Agents of *Acer negundo* L. in South Kazakhstan // *Journal of Pure and Applied Microbiology*. Vol. 9. No. 1. Pp. 691-696.
- Veselkin D.V., Korzhinevskaya A.A., Ekshibarov E.D., Rafikova O.S., Kiseleva O.A.* 2018. Abundance and Diversity of Seedlings of the Soil Seed Bank in the Thickets of the Invasive Species *Acer negundo* L. // *Russian Journal of Biological Invasions*. Vol. 9. No. 2. Pp. 108-113.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОБОЯЛЫШЕВО-БИЮРГУНОВЫХ ПАСТБИЩ
КАРАКАЛПАКСКОГО УСТЮРТА (УЗБЕКИСТАН)**

© 2022 г. Н.К. Рахимова, Т. Рахимова

Институт ботаники АН Республики Узбекистан

Узбекистан, 100125, г. Ташкент, ул. Дурмон йули, д. 32. E-mail: rakhimovanodi@mail.ru

Поступила в редакцию 22.02.2022. После доработки 23.03.2021. Принята к публикации 01.04.2022.

Статья посвящена изучению современного состояния пастбищ чернобоьялышево-биюргунового (*Anabasis salsa*, *Salsola arbusculiformis*) типа, распространенных на территории Каракалпакского Устюрта (Узбекистан). Изложены результаты натурных исследований видового состава и урожайности растительных сообществ с доминированием *S. arbusculiformis* и обсуждены причины отличия полученных данных от данных каракалпакских исследователей 1970-х годов. Эти пастбища охватывают половину северной и восточной части территории (1291414 га) и распространены на щебнистых, суглинистых, отакыренно-солонцеватых, гипсированных почвах Каракалпакского Устюрта, в состав которого входят 4 пастбищные сообщества: кустарниково-белоземельнополынно-чернобоьялышевое (*Salsola arbusculiformis*, *Artemisia terrae-albae*, *Atraphaxis spinosa*, *Convolvulus fruticosus*) с участием зайсанского саксаула (*Haloxylon ammodendron*); белоземельнополынно-чернобоьялышевое (*Salsola arbusculiformis*, *Artemisia terrae-albae*): а) с участием *Convolvulus fruticosus*, *Rheum tataricum*, *Stipa richteriana*; б) с участием *Anabasis brachiata*; биюргуново-чернобоьялышевое (*Salsola arbusculiformis*, *Anabasis salsa*) с зайсанским саксаулом (*Haloxylon ammodendron*) и кустарниками (*Salsola arbusculiformis*, *Atraphaxis spinosa*, *Convolvulus fruticosus*). Определена площадь изученных пастбищных сообществ, характер почвенного покрова, процент проективного покрытия, ландшафтные виды растений, их размещение, урожайность кормовой массы и рекомендуемая сезонность использования. В составе растительности сохраняется монотонность за счет комплексов боьялышевых, биюргуновых и полынных сообществ. От недостатка влаги в год наблюдения (2021 г.) у доминантных видов (*S. arbusculiformis*, *Artemisia terrae-albae*) отмечено слабое годовое отрастание (до 1 см), они находились в угнетенном состоянии. Сезонная урожайность кормовой массы пастбищ чернобоьялышево-биюргунового типа колеблется от 0.5 до 3.5 ц/га, максимальная урожайность приходится на осенний период. По оценкам урожайности поедаемой части (ц/га), изученные пастбищные сообщества рекомендуется использовать как осенне-зимнее пастбище.

Ключевые слова: Республика Каракалпакстан, Устюрт, опустынивание, пастбищное сообщество, деградация, растительный покров, урожайность.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-61-71

EDN: DVANDI

Процесс опустынивания в настоящее время является одной из самых значимых глобальных, экологических и социальных проблем человечества. В связи с изменением климата, а также непосредственно из-за усыхания Аральского моря процессы деградации земель и опустынивания влияют на состояние биоразнообразия Каракалпакской части Устюрта. При этом создавшиеся экстремальные условия привели к ухудшению экологического комплекса, что резко повлияло на естественную растительность. Поэтому проблема изучения современного состояния пастбищ Устюрта, связанная с аридизацией климата, исключительно актуальна и является неотложной задачей сегодняшнего дня.

Одним из наиболее экологичных способов природопользования является пастбищное животноводство, которое способствует укреплению кормовой базы, увеличению производства продукции животноводства и снижению ее себестоимости. При этом особое внимание в аридных районах уделяется пустынным пастбищам с целью разведения каракульских овец, коз, верблюдов –

целесообразному и экономически выгодному способу рационального хозяйственного использования пустынных территорий. Однако в связи с проблемой деградации современное состояние пастбищ в аридных районах оценивается как неудовлетворительное.

Производство продуктов животноводства, в том числе и пастбищного животноводства, должно способствовать повышению эффективности экономического роста. Осуществляемые в нашей стране меры и действия по развитию каракулеводческой отрасли еще раз доказывают необходимость проведения мероприятий по укреплению кормовой базы животноводства, определению деградированных площадей пастбищ и повышению их продуктивности. А это требует научно обоснованных практических рекомендаций по нормированию пастбищных нагрузок, опирающихся на результаты обследования и оценки современного состояния существующих пастбищ для дальнейшего развития животноводства в республике. При этом растительность Каракалпакского Устюрта является крупным пастбищным резервом республики.

Устюрт представляет собой плато площадью 20.0 млн. га, находящееся в административных границах республик Казахстана, Узбекистана и частично Туркменистана. Оно отличается от других пастбищных каракулеводческих районов суровой зимой. Для пастбищного использования территории необходимо обеспечить плато водой, которая здесь практически отсутствует. Каракалпакская часть Устюрта, занимающая площадь более 7.2 млн. га, перспективна для развития животноводства, особенно для каракульских овец и верблюдов. Однако пастбища этого региона характеризуются изреженным растительным покровом, состоящим из кустарников и полукустарников с низкой урожайностью (0.5-2.0 ц/га), его резким колебанием по годам и сезонам (Алланиязов, 1995). Поэтому изучение современного состояния пастбищ Устюрта и его связи с аридизацией климата исключительно актуально и является неотложной задачей сегодняшнего дня.

Пастбищная растительность Устюрта, слагающаяся преимущественно из *Artemisia terrae-albae*¹, *Anabasis salsa*, *Salsola arbuscula*, *Salsola arbusculiformis*, *Salsola orientalis*, эфемеров и других видов растений, является основным кормовым фондом для овец и верблюдов. Почвы Устюрта серо-бурые, характеризуются малой мощностью; уже на глубине 50-70 см мелкозем подстилается материнской породой. В них много гипса и мало перегноя.

Характеристика пастбищ Узбекистана, Средней Азии приведена в публикациях многих авторов (Адилов и др., 2015; Бобокулов и др., 2014; Пенджиёв, 2013; Раббимов и др., 2016; Шамсутдинов, Шамсутдинов, 2012; Юсупов и др., 2010; Rajabov et al., 2010). Очень содержательны монографии, посвященные естественным пастбищам (Гаевская, 1971; Гаевская, Сальманов, 1975; Шамсутдинов, 1975).

По характеру растительного покрова Каракалпакский Устюрт можно разделить на три части: южную, среднюю и северную. Описываемый тип пастбищ распространён в северной части Каракалпакского Устюрта, который характеризуется своеобразным сочетанием бурых почв под *Artemisia terrae-albae* и серо-бурых глинистых почв с растительностью галофитного ряда (*Anabasis salsa*, *Salsola arbusculiformis*), что означает распространение большого разнообразия эдафических вариантов пастбищ на этой территории. Это выражается в присутствии и других северотуранских пустынных видов в составе данного комплекса, например, *Stipa richteriana* – типичного представителя растительности Западной Сибири и Прибалхашья (Акжигитова и др., 2003). Этот вид широко распространен от Арало-Каспийской низменности до горных и субальпийских степей и кустарников Памиро-Алая и гор Восточного Тянь-Шаня, а также юго-восточных отрогов Копетдага в Иране. На Устюрте южные границы сообществ с участием ценного кормового растения – черкеза (*Stipa richteriana*) – проходят в полосе опустыненных степей в переходе к пустыням. Немаловажным является присутствие в составе растительности приволжско-северотуранского вида ревеня татарского (*Rheum tataricum*), характерного для пустынных степей и северных пустынь (Сафронова, Востокова, 1982). Данный вид характеризуется в своем распространении узкой эколого-географической приуроченностью к биотопам с солонцами, глинистыми отложениями и щебнистыми участками пустынных и пустынно-степных равнин.

По данным В.Н. Николаева с соавторами (1977), в связи с короткой и сухой весной развитие растительности в этот период идет за счет увлажнения талыми водами. Лето обычно длинное и

¹ Латинские названия видов растений приводятся по работе «Plants of the World Online» (2022).

жаркое и влага выпадающих дождей в основном расходуется на испарение. Растительность после сухой весны развивается медленно, и максимум поедаемой массы корма сдвигается на осень. Зима холодная, обычно малоснежная, с ранними морозами и сильными ветрами. Периодическое подтаивание снежного покрова в дневные солнечные часы и подмерзание ночью часто приводят к гололедице, делающей пастбищный корм малодоступным для животных. Такой годовой ход климатических показателей неизбежно приводит к слабому весеннему отрастанию растительности. К тому же атмосферные осадки, особенно в теплый период года, не проникают в солонцеватую почву, а либо полностью испаряются, либо стекают в более пониженные части рельефа. Только зимние осадки оказывают заметное влияние на режим влажности почв, обеспечивая минимальную влажность, необходимую для поддержания жизни угнетенных видов (Момотов, 1953).

В связи с экстремальными экологическими условиями, возникшими в последние десятилетия в результате изменения климата и развития промышленности в регионе, целью исследования является оценка современного состояния пастбищных сообществ чернобоялышево-биюргунового типа пастбищ каракалпакского Устюрта.

Объекты и методы

Объектами исследования являются 4 пастбищные сообщества, относящиеся к чернобоялышево-биюргуновому типу Каракалпакского Устюрта: кустарниково-белоземельнополынно-чернобоялышевое; белоземельнополынно-чернобоялышевое: а) с участием *Convolvulus fruticosus*, *Rheum tataricum*, *Stipa richteriana*; б) с участием *Anabasis brachiata*; биюргуново-чернобоялышевое с кустарниками.

Чернобоялышево-биюргуновый тип пастбищ распространен на серо-бурых, малосолонцеватых, щелнистых, суглинистых, отакыренных, гипсированных почвах Каракалпакского Устюрта. Он занимает огромную территорию Каракалпакского Устюрта (1291414 га) и охватывает половину северной и всю восточную часть территории. При формировании чернобоялышево-биюргунового комплекса особую роль играет двучленность северных почвенных комплексов – сочетание серо-бурых солончаковых северных почв под биюргуном и солончаковатых под боялышем. Комплекс встречается в окрестностях оз. Барсакельмес, на Южном Устюрте, в Ассаке-аудане, в районах Елтеже, а также в Айдаболе и других местах Устюрта (Зарипов и др., 1972).

Основу урожая в этом типе пастбищ дают *Artemisia terrae-albae* (полынь белоземельная), *Salsola arbuscula* (боялыш), а также и *Anabasis salsa* (биюргун), которые являются ценными нажировочными кормовыми растениями, содержат достаточное количество питательных веществ. По отрастанию полыни уже весной можно судить о полном годовом кормозапасе и заранее принимать необходимые меры в неурожайные годы. Листья и молодые побеги боялыша поедаются удовлетворительно верблюдами в течение всего года: осенью, особенно во время плодоношения, и зимой иногда хорошо. Овцы и козы поедают ее удовлетворительно весной и хорошо осенью. К зиме листья боялыша опадают и поедаются частично с земли, главным же образом в пищу идут молодые побеги (Ларин и др., 1950-1951). Биюргун зимой лишь немного поедается мелким рогатым скотом. В кормовом балансе обилие многих многолетников незначительно, при этом *Stipa richteriana*, *S. caucasica*, *Biebersteinia multifida*, *Poa bulbosa*, *Rhinopetalum karelinii*, *Asparagus breslerianus* встречаются единично. В благоприятные годы данные виды являются отличным кормом для овец и верблюдов. Специфику флористического состава подчеркивает сравнительно низкий процент однолетников, что характерно для сообществ Устюрта.

Для полного рационального использования пустынных пастбищ необходимо их полное обводнение колодцами. Основной проблемой для развития животноводства на данной территории является отсутствие водоемов, пригодных для водопоя скота. Здесь зарегистрировано свыше 10 исторических колодцев: Каракудук, Коскудук, Турлыбай, Сенгир, Онбай, Егыз, Кашкын, Каратыкабай, Туралы, Тулеген, Коскудук и др. Но, к сожалению, им нужна очистка и значительные восстановительные работы. О нынешнем состоянии этих водоисточников достоверная информация отсутствует. Для развития животноводства требуется увеличение колодцев. Кроме того, на территории развивается дорожная инфраструктура, линии электропроводов и газотрубопроводов. Эти работы препятствуют процессам самозарастания и сохранности растительности.

При изучении пастбищной растительности использованы общепринятые методы (Полевая геоботаника, 1964). Проективное покрытие определялось глазомерно (Раменский, 1971).

Покилометровая глазомерная запись полезна для определения процентного соотношения ассоциаций комплексов. Эти записи необходимы для всех маршрутов, особенно там, где растительность подвергается неуволнимым изменениям (Коровин, 1949).

Для каждого вида отмечалась его степень обилия, средняя высота единообразных кустов в сантиметрах. Наименование пастбищных типов и сообществ, а также геоботанические данные, определение урожайности, установление пастбищных выделов приведены согласно «Методическому указанию по геоботаническому обследованию естественных кормовых угодий Узбекистана» (1980).

Проводилось фотографирование видов растений и растительных сообществ в природе с помощью цифрового фотоаппарата Nikon D7500, Nikon D80. При идентификации видовой принадлежности растений использовали «Определитель высших растений Каракалпакии» (Бондаренко, 1964).

Карта-схема пастбищных выделов территорий создавалась на основе «Карта растительности Каракалпакского Устюрта» (Адилов и др., 2020) и легенды к ней, состоящей из 1 климатипа, 2 эдафотипа, 3 ценотипа, 5 формаций и 43 ассоциаций. По методике классификации пастбищной растительности (Методические указания ..., 1980) были сгенерированы территории пастбищных выделов и создана классификация пастбищ на базе карты растительности территорий.

Результаты и обсуждение

Характер растительного покрова определяется природно-климатическими факторами: интенсивной солнечной инсоляцией и высокими летними температурами, сильными морозами, сочетающимися со слабым снежным покровом зимой, дефицитом влаги в почве и воздухе летом и резко выраженными суточными и годовыми колебаниями температуры (Хасанов и др., 2000).

В ходе полевых исследований, организованных в течение 2020-2021 гг. на Каракалпакском Устюрте, были исследованы 4 пастбищные сообщества, входящие в состав чернобоялышево-биюргунового типа пастбищ. Список видов представлен в таблице 1. Ниже приводится краткая характеристика изученных пастбищных сообществ (ПС).

Кустарниково-белоземельнопопынно-чернобоялышевое (*Salsola arbusculiformis*, *Artemisia terrae-albae*, *Atraphaxis spinosa*, *Convolvulus fruticosus*) с участием зайсанского саксаула (*Haloxylon ammodendron*) ПС расположено в Кунградском районе, географические пункты: урочище Кучеркудук, Каражол (рис. 1). Ее площадь – 460023 га.

Эти пастбища расположены в виде лент и пятен. Общее проективное покрытие ПС составляет 20%. Основу растительного покрова образует *Salsola arbusculiformis* (солянка боялычевидная или черный боялыш), второе место по обилию занимает *Artemisia terrae-albae* (полынь белоземельная). Полынь образует серый фон, в изреженном покрове отличается более крупными кустами, чем в густом. В результате щебнистости и повышенной сухости почв растительность состоит из далеко отстоящих друг от друга угнетенных единичных экземпляров растений таких видов, как *Anabasis salsa*, *Rheum tataricum*, *Petrosimonia sibirica*, *Eremopyrum bonaepartis*, *Biebersteinia multifida*, *Diptychocarpus strictus*. Кустарники *Atraphaxis spinosa* и *Convolvulus fruticosus* имеют мозаичный характер. Молодые побеги *A. spinosa* весной и частично летом удовлетворительно поедаются верблюдом. В небольшом количестве листья поедаются козами и овцами. А *C. fruticosus* весной частично поедается овцами и верблюдами как в свежем, так и в сухом виде. На 1 га отмечено 280-290 шт. больших кустов *Salsola arbusculiformis*, 10-12 шт. *Atraphaxis spinosa*, 2-3 шт. *Convolvulus fruticosus*. Ландшафт оживляет зайсанский саксаул (*Haloxylon ammodendron*) в незначительном обилии, его высота достигает 100 см, на 1 га встречается 5-6 больших кустов. Овцы поедают опавшие плоды и веточки саксаула лишь поздней осенью и зимой (Ларин и др., 1950-1951). Непосредственного антропогенного влияния на растительность здесь не наблюдалось. Высота особей *Artemisia terrae-albae* достигает 20-25 см. От недостатка влаги у доминантных видов отмечено слабое годовое отрастание – до 1 см.

Засушливый климат и малое количество атмосферных осадков отрицательно сказываются на продуктивности пустынных пастбищ. По данным И.Ф. Момотова и К. Файзиева (1973), на Устюрте урожайность боялышников составила 3 ц/га, полынно-боялышевых пастбищ – 3.5 ц/га, причем этот показатель является нормой для пустынных пастбищ. А в благоприятные годы урожайность чернобоялышевых пастбищ составляет 4.9-5.1 ц/га (Алланиязов, Сарыбаев, 1983). Результаты исследования показали, что в засушливом 2021 году поедаемая часть кормовой массы кустарниково-

белоземельно-полынно-чернобоялышевых пастбищ колебалась от 0.8 до 2.1 ц/га. При этом поедаемая часть черного боялыша осенью составила 40%, а у полыни белоземельной – 50% от годового выхода, и это влияет на повышение урожайности. Весенняя урожайность низкая за счет меньшего прироста годичных побегов *Salsola arbusculiformis*, *Atraphaxis spinosa*, *Convolvulus fruticosus* и *Haloxylon ammodendron* (4-29%), кроме *Artemisia terrae-albae* (32%).

Таблица 1. Список видов, зарегистрированных в обследованных пастбищных сообществах.

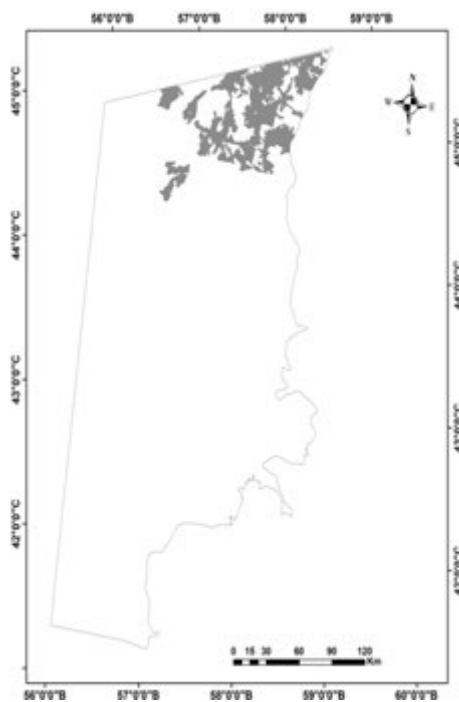
№	Латинское название растений	Обилие видов, %			
		Кустарниково-белоземельно-полынно-чернобоялышевое	Белоземельно-полынно-чернобоялышевое с участием <i>Convolvulus fruticosus</i> , <i>Rheum tataricum</i> и <i>Stipa richteriana</i>	Белоземельно-полынно-чернобоялышевое с участием <i>Anabasis brachiata</i>	Биургуново-чернобоялышевое с зайсанским саксаулом и кустарниками
Деревья					
1	<i>Haloxylon ammodendron</i> (C.A. Mey.) Bunge ex Fenzl.	+	–	–	2
Кустарники					
2	<i>Atraphaxis spinosa</i> L.	2	–	–	4
3	<i>Convolvulus fruticosus</i> Pall.	2	1	–	4
4	<i>Salsola arbusculiformis</i> Drobow	10	8	14	8
Полукустарники					
5	<i>Anabasis salsa</i> (Ledeb.) Benth. ex Volkens	+	+	+	5
Полукустарнички					
6	<i>Artemisia terrae-albae</i> Krasch.	6	4	5	–
7	<i>Anabasis brachiata</i> Fisch. & C.A. Mey. ex Kar. & Kir.	–	+	1	–
Травянистые многолетники					
8	<i>Rheum tataricum</i> L.f.	+	1	+	2
9	<i>Biebersteinia multifida</i> DC.	+	–	–	–
10	<i>Stipa richteriana</i> Kar. & Kir.	–	1	–	–
11	<i>S. caucasica</i> Schmalh.	–	–	+	–
12	<i>Poa bulbosa</i> L.	–	+	+	+
13	<i>Fritillaria karelinii</i> (Fisch. ex D.Don) Baker	–	–	+	–
14	<i>Asparagus breslerianus</i> Schult. & Schult.f.	–	–	+	–
Однолетники					
15	<i>Petrosimonia sibirica</i> (Pall.) Bunge	+	+	+	–
16	<i>Eremopyrum bonaepartis</i> (Spreng.) Nevski	+	–	–	+
17	<i>Diptychocarpus strictus</i> (Fisch. ex M. Bieb.) Trautv.	+	–	–	–
18	<i>Ceratocarpus arenarius</i> L.	–	–	–	+

Белоземельнопопынно-чернобоялышевое (*Salsola arbusculiformis*, *Artemisia terrae-albae*) ПС по составу видов, рельефа и почвенного покрова различается на варианты: а) белоземельнопопынно-чернобоялышевое с участием *Convolvulus fruticosus*, *Rheum tataricum*, *Stipa richteriana* на супесчаных равнинах и в понижениях, б) белоземельнопопынно-чернобоялышевое с участием *Anabasis brachiata* на плоских повышениях.

Белоземельнопопынно-чернобоялышевое ПС с участием *Convolvulus fruticosus*, *Rheum tataricum* и *Stipa richteriana* расположено в Кунградском районе, географические пункты: урочище Каракум, Кассарма (рис. 2). Ее площадь составляет 206560 га.



а)



б)

Рис. 1. Кустарниково-белоземельнопопынно-чернобоялышевое ПС на щебневатых бурых почвах (а) и схема расположения его территории (б).

Растительный покров этих пастбищ очень разрежен и однороден, местами встречаются голые площади. Общее проективное покрытие составляет 15%. Видовой состав довольно беден, включает 10 видов. Ландшафтными видами данного ПС являются *Salsola arbusculiformis* и *Artemisia terrae-albae*. На 1 га отмечено 240-250 шт. больших кустов черного боялыша и 3-4 шт. вьюнка кустарникового. Из-за малого количества осадков и сухости почвы виды находятся в угнетенном состоянии, а, когда засуха достигает максимума, *S. arbusculiformis* сбрасывает листву и стоит почти голый. Распространение *Rheum tataricum* и *Stipa richteriana* имеет мозаичный характер. По данным И.В. Ларина с соавторами (1950-1951), листья ревеня прекрасно поедаются верблюдами, овцами и козами даже после засыхания. Для верблюдов считается наилучшим наживочным кормом. А ковыль удовлетворительно поедается скотом до колошения, позже не поедается. Среди кустов *Salsola arbusculiformis* и *Artemisia terrae-albae* можно встретить единичные экземпляры *Anabasis salsa*, который хорошо поедается осенью и зимой.

Урожайность надземной массы основных растительных сообществ зависит от местообитания и погодных условий года и, главным образом, сочетания влаги и тепла. По нашим расчетам, поедаемая кормовая масса изученного ПС колеблется от 0.4 до 1.2 ц/га в зависимости от сезонных условий (в связи с небольшим количеством осадков при неравномерном выпадении в течение вегетационного периода в сочетании с высокими температурами воздуха). Урожайность кормовой массы составляет 1.2 ц/га, летом достигает 2.0 ц/га, при этом 75% приходится на массу *Salsola arbusculiformis*. Урожайность пастбищ осенью близка к весенней – 1.2 ц/га; в этот период основу биомассы

формирует черный боялыш – 55%. Зимой урожайность пастбищ в два раза снижается по сравнению с весенней и осенней – 0.6 ц/га. По данным Б. Сарыбаева и Ш. Сапарова (1977), в более благоприятные по осадкам годы урожайность полынно-боялышевых пастбищ на Устюрте достигает 4.5-5.2 ц/га.

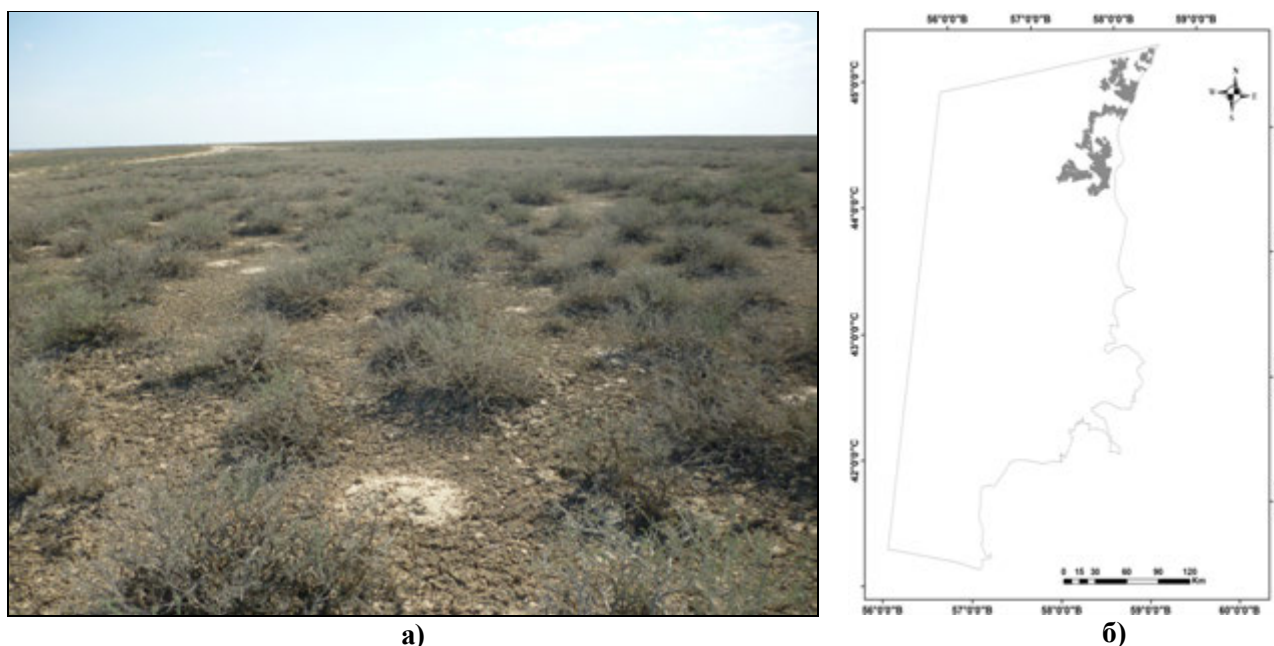


Рис. 2. Белоземельнополынно-чернобоялышевое пастбищное сообщество на отакрыренных солонцеватых почвах (а) и схема с расположением занимаемой ею территории (б).

Белоземельнополынно-чернобоялышевое ПС с участием *Anabasis brachiata* расположено в Кунградском районе (рис. 3), географический пункт: Ак-Тобе. Ее площадь – 308577 га.

Основными ландшафтными видами здесь являются *Artemisia terrae-albae* и *Salsola arbusculiformis*. Общее проективное покрытие составляет 20%. Пятна полыни расположены на ровных участках среди чернобоялыша с разреженным растительным покровом. *Anabasis brachiata* имеет мозаичный характер. В весенне-летний период он плохо поедается сельскохозяйственными животными. Большинство особей полыни белоземельной и черного боялыша в силу глубокого покоя в связи с засухой выглядят отмершими, отрастание побегов слабое, не превышает 1 см. На 1 га отмечено 180-190 шт. больших кустов черного боялыша. В связи с тем что в зимне-весенний период на Устюрте выпало очень мало осадков, видовой состав сообществ был относительно мало разнообразен. Кроме доминантов здесь отмечены следующие виды: *Atraphaxis spinosa*, *Anabasis salsa*, *Poa bulbosa*, *Rheum tataricum*, *Fritillaria karelinii*, *Asparagus breslerianus*, *Stipa caucasica*, *Petrosimonia sibirica* (табл. 1). Их доля в сложении проективного покрова травостоя и в образовании урожайности пастбищ незначительна.

Безусловно, видовое разнообразие, проективное покрытие травостоя и особенно формирование биомассы растений в пустынных условиях зависят от погодных условий каждого года. По данным А. Алланиязова и Б. Сарыбаева (1983), урожайность полынно-боялышевых пастбищ с участием *Anabasis brachiata* составляет 4.9-5.1 ц/га. По нашим подсчетам, урожайность кормовой массы данного ПС низкая – 0.5-1.5 ц/га, при этом его максимальное значение наблюдается осенью (табл. 2). К этому времени большинство видов достигает максимального прироста, что положительно влияет на образование поедаемой биомассы. В весенний и летний сезоны урожайность пастбища низкая – в пределах 0.5 ц/га.

Биюргуново-чернобоялышевое (*Salsola arbusculiformis*, *Anabasis salsa*) с зайсанским саксаулом (*Haloxylon ammodendron*) и кустарниками (*Salsola arbusculiformis*, *Atraphaxis spinosa*, *Convolvulus fruticosus*; рис. 4) расположено в Кунградском районе, географические пункты: Ак-Тобе, разв. Белеули, Джаманмурун. Площадь пастбищного сообщества – 316254 га.

Ландшафт монотонно-серый, однообразный из-за обнаженной почвы, безжизненных кустов черного боялыша и биюргуна. Общее проективное покрытие ПС составляет 25%. Основу

растительности образуют в основном *Salsola arbusculiformis* и *Anabasis salsa* (табл. 1). Отмечается очень слабое годовое отрастание – до 1 см. На фоне разреженных кустов черного боялыша и биюргуна едва заметны единичные кусты *Atraphaxis spinosa* и *Convolvulus fruticosus*. Местами встречается хозяйственно-ценный многолетний эфемероид *Rheum tataricum*. В период исследований ревень татарский был представлен 1-2 экз./га, в основном с 2-3 крупными высохшими распластанными по земле листьями. Оживление вносят одиночные деревья саксаула (*Haloxylon ammodendron*) высотой до 160 см. В незначительной доле встречаются высохшие мятлик луковичный (*Poa bulbosa*), мортук Бонапарта (*Eremopyrum bonaepartis*) и рогач песчаный (*Ceratocarpus arenarius*). На 1 га отмечено 140-150 больших кустов чернобоялыша, 12-13 курчавки колючей, 4-5 вьюнка кустарникового и 6-7 зайсанского саксаула.

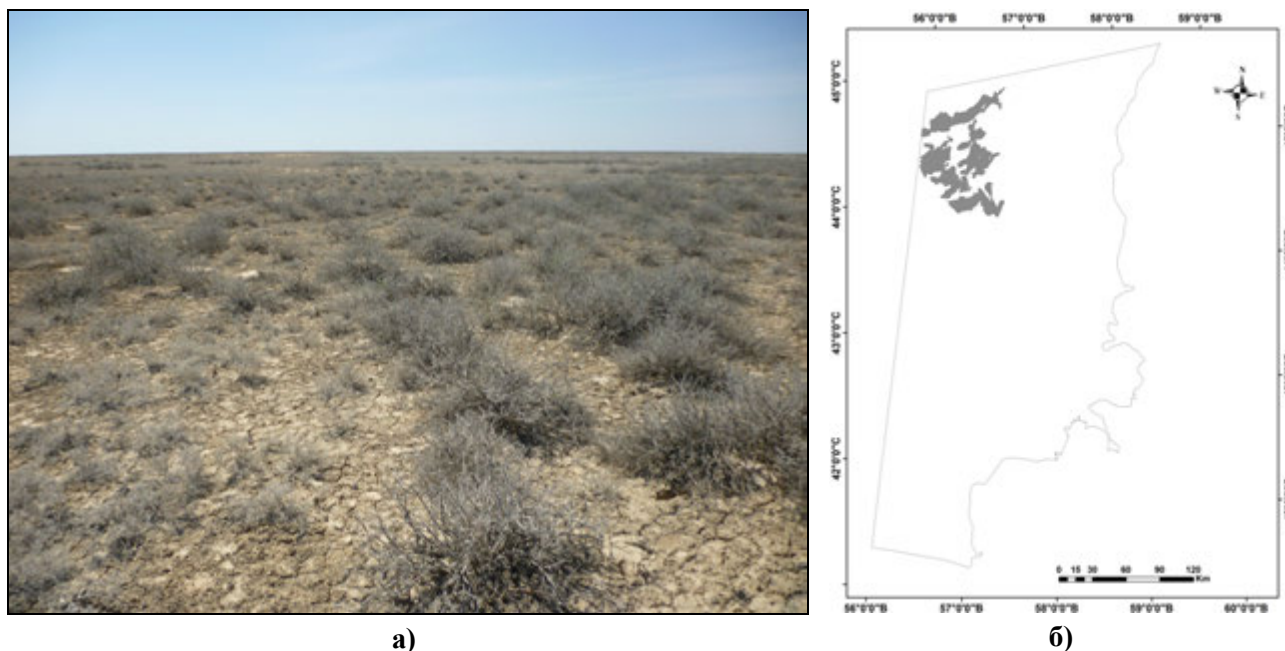


Рис. 3. Белоземельнопопынно-чернобоялышевое пастбищное сообщество на плоских повышениях (а) и схема с расположением занимаемой ею территории (б).

Как и в остальных ПР, урожайность биюргуново-боялышевых пастбищ зависит от количества выпавших осадков. По данным Б. Сарыбаева и Ш. Сапарова (1977), на Устюрте она составляет 3.2-4.2 ц/га. По нашим данным, урожайность ПС варьирует от 1.5 до 3.5 ц/га (табл. 2). Как и в предыдущем ПС, здесь тоже максимальное значение урожайности приходится на осенний сезон за счет максимального прироста годовых побегов основных ценозообразователей. Урожайность ПС весной и летом не превышает 1.5 ц/га в связи с низким содержанием поедаемой массы растений.

Заключение

В связи с неблагоприятными погодными условиями, такими как малое количество атмосферных осадков и засушливость, поздней весной 2021 г. во время проведения натурных исследований наблюдалось значительное уменьшение видового состава растительных сообществ. Северная часть Каракалпакского Устюрта на обширном пространстве представлена весьма однородным ландшафтом. В составе растительности сохраняется монотонность за счет комплексов боялышевых, биюргуновых и попынных сообществ. От недостатка влаги в год наблюдения у доминантных видов (*Salsola arbusculiformis*, *Artemisia terrae-albae*) отмечено слабое годовое отрастание (до 1 см), они находились в угнетенном состоянии.

В растительном покрове древесные виды представлены *Haloxylon ammodendron*, кустарники – *Atraphaxis spinosa*, *Convolvulus fruticosus*, *Salsola arbusculiformis*, полукустарники – *Anabasis salsa*, полукустарнички – *Artemisia terrae-albae*, *Anabasis brachiata*, травянистые многолетники – *Rheum tataricum*, *Stipa richteriana*, *Biebersteinia multifida*, *Poa bulbosa*, *Fritillaria karelinii*, *Asparagus*

breslerianus, *Stipa caucasica*, однолетники – *Petrosimonia sibirica*, *Eremopyrum bonaepartis*, *Diptychocarpus strictus*, *Ceratocarpus arenarius*. Специфику флористического состава подчеркивает сравнительно низкий процент однолетников, что характерно для сообществ Устюрта. Роль однолетников в чернобоялышево-биюргуновом типе незначительна. Это объясняется кратковременностью их вегетации и исключительной зависимостью от метеорологических условий. В засушливые годы весной многие эфемеры не появляются, в особо влажные годы их количество увеличивается в 2-3 раза. В целом по количеству видов преобладают представители жизненной формы «многолетние травы». Но, несмотря на это, основными ценозообразователями и эдификаторами в рассмотренных растительных сообществах являются кустарники и полукустарники.

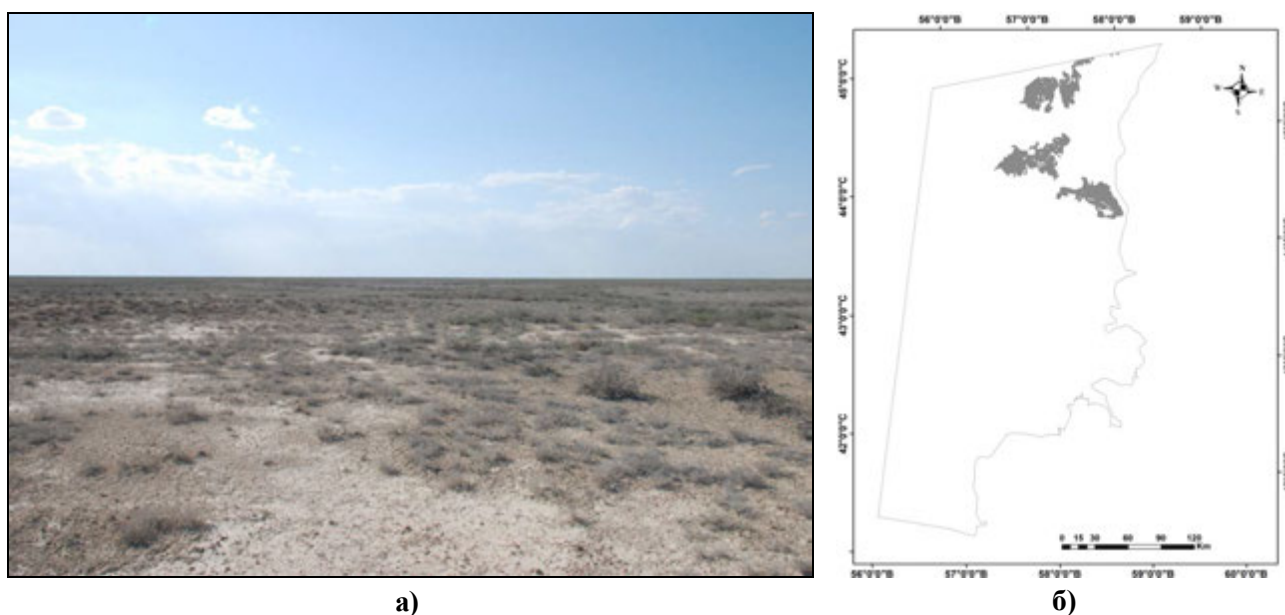


Рис. 4. Биюргуново-чернобоялышевое пастбищное сообщество с зайсанским саксаулом и кустарниками на щебневатой серо-бурой почве с пятнами такыров (а) и схема расположения занимаемых ею территорий (б).

Таблица 2. Урожайность кормовой массы (по сезонам года) пастбищных сообществ.

Пастбищное сообщество	Сезонная урожайность (ц/га)			
	весна	лето	осень	зима
Кустарниково-белоземельнопопынно-чернобоялышевое	0.8	2.0	2.1	1.4
Белоземельнопопынно-чернобоялышевое с участием <i>Convolvulus fruticosus</i> , <i>Rheum tataricum</i> и <i>Stipa richteriana</i>	1.2	2.0	1.2	0.6
Белоземельнопопынно-чернобоялышевое с участием <i>Anabasis brachiata</i>	0.5	0.5	1.5	0.9
Биюргуново-чернобоялышевое с зайсанским саксаулом и кустарниками	1.5	1.5	3.5	2.7

Исследования, проводимые за последние годы по изучению продуктивности пастбищ пустынь Узбекистана, показали заметное снижение биомассы растений. Это, прежде всего, связано с глобальным потеплением и катастрофическим усыханием Аральского моря, которое играло важную роль при урегулировании климата в регионе. По данным Б. Адилова с соавторами (Adilov et al., 2021), в период с 1970 по 2020 гг. на Устюрте отмечено повышение годовой температуры воздуха на 2°C, а количество среднегодовых осадков возросло почти на 40 мм. Следовательно, урожайность пастбищных сообществ, выявленная нами за последние годы, заметно отличается от данных,

полученных местными исследователями в 1970-х годах. Сезонная урожайность кормовой массы пастбищ чернобоаялышево-биоргунового типа в настоящее время колеблется от 0.5 до 3.5 ц/га, максимальная урожайность приходится на осенний период. По оценкам урожайности поедаемой части (ц/га), данный тип рекомендуется использовать как осенне-зимнее пастбище.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственной программы (ПФИ-5) «Оценка современного состояния растительного покрова и пастбищных ресурсов Республики Каракалпакстан».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Адилов Б.А., Рахимова Т., Рахимова Н.К., Халилов А.М.* 2015. Характеристика поlynных пастбищ Центрального Кызылкума (Республика Узбекистан) // Растительный мир Азиатской России. № 3 (19). С. 65-71.
- Адилов Б.А., Шомуродов Х.Ф., Рахимова Т., Полвонов Ф.И.* 2020. Карта растительности Каракалпакского Устюрта. Масштаб 1:200000. Ташкент: Институт ботаники АН РУз. 1 л.
- Акжигитова Н.И., Брекле З.В., Винклер Г., Волкова Е.А., Вухрер В., Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б., Огарь Н.П., Рачковская Е.И., Сафронова И.Н., Храмов В.Н.* 2003. Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). СПб: Бостон-Спектр. С. 36-59.
- Аланиязов А.* 1995. Эколого-биологические основы и методы повышения продуктивности пастбищ плато Устюрт (Каракалпакский). Ташкент: Фан. 217 с.
- Аланиязов А., Сарыбаев Б.* 1983. Эколого-геоботанические особенности пастбищ Каракалпакской части Устюрта. Ташкент: Фан. 120 с.
- Бобокулов Н.А., Мукимов Т.Х., Рафиев Б.Х., Расулов А.* 2014. Пустынно-пастбищное животноводство Узбекистана и рациональное использование кормовых ресурсов. Ташкент. 18 с.
- Бондаренко О.Н.* 1964. Определитель высших растений Каракалпакии. Ташкент: Наука УзССР. 303 с.
- Гаевская Л.С.* 1971. Каракулеводческие пастбища Средней Азии. Ташкент: Фан УзССР. 296 с.
- Гаевская Л., Сальманов Н.* 1975. Пастбища пустынь и полупустынь Узбекистана. Ташкент: Фан УзССР. 139 с.
- Зарипов Х., Турсунбаев К., Аланиязов А.* 1972. Растительность, пастбищ Юго-Восточного Устюрта. Ташкент: Фан. 171 с.
- Коровин Е.П.* 1949. Усть-Урт Каракалпакский: его природа и хозяйство. Ташкент: АН СССР. 229 с.
- Ларин И.В., Агабабян Ш.М., Работнов Т.А., Ларина В.К., Касименко М.А., Любская А.Ф.* 1950-1951. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. М.-Ленинград. Т. 1. 686 с.; Т. 2. 932 с.
- Методические указания по геоботаническому обследованию естественных кормовых угодий Узбекистана. 1980. Ташкент. 170 с.
- Момотов И.Ф.* 1953. Растительные комплексы Устюрта. Ташкент. 136 с.
- Момотов И.Ф., Файзиев К.* 1973. Теоретические основы и методы фитомелиорации пустынных пастбищ Юго-Западного Кызылкума / Ред. И. Ф. Момотов. Ташкент. С. 5-32.
- Николаев В.Н., Амангельдиев А.А., Сметанкина В.А.* 1977. Пустынные пастбища, их кормовая оценка и бонитировка. Москва: Наука. 123 с.
- Пенджиев А.М.* 2013. Экологические проблемы освоения пустынь: миграция, улучшение пастбищ и глобальная деградация земель // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEЕ. № 14 (136). Научно-технический центр «ТАТА». С. 89-107.
- Полевая геоботаника. 1964 / Ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. М.: Наука. Т. 3. 230 с.
- Раббимов А., Хайдаров Х., Мукимов Т., Бекчанов Б., Бобоева А.* 2016. Сохранение биоразнообразия пустынно-пастбищных экосистем Узбекистана // Природные и антропогенные изменения аридных экосистем и борьба с опустыниванием: Сборник статей по материалам научно-практической конференции. Махачкала. С. 168-170.
- Раменский Л.Г.* 1971. Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Ленинград. 335 с.
- Сарыбаев Б., Сапаров Ш.Ш.* 1977. Материалы к флоре Северо-Западного Устюрта // Флора и растительность Севера-Западного Устюрта и пути улучшения пастбищ. Ташкент. С. 11-15.
- Сафронова И.Н., Востокова Е.А.* 1982. Карта растительности плато Устюрт // Геоботаническое картографирование. Ленинград: Наука. 1 л.
- Хасанов О.Х., Рахимова Т., Шомуродов Х.Ф.* 2000. О классификации пастбищ // Экологический вестник. № 1. С. 43-44.
- Шамсутдинов З.Ш.* 1975. Создание долголетних пастбищ в аридной зоне Средней Азии. Ташкент: Фан УзССР. 176 с.
- Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З.* 2012. Биогеоценотические принципы и методы экологической реставрации пустынных пастбищных экосистем Средней Азии // Аридные экосистемы. № 3 (52). С. 5-21.
- АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2022, том 28, № 3 (92)

- [*Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N.Z.* 2012. Biogeocenotic principles and methods of environmental restoration of desert pasture ecosystems in Central Asia // *Arid Ecosystems*. Vol. 2. No. 3. P. 139-149.]
- Юсунов С.Ю., Раббимов А.Р., Мукимов Т.Х.* 2010. Современное состояние каракулеводческих пастбищ Кызылкумов и пути их рационального использования // *Аридные экосистемы*. № 2 (42). С. 38-46.
- Adilov B.A., Shomurodov Kh.F., Polvonov F.I., Eshmuratov R.A., Tamambetova Sh.* 2021. Changes in the Biomass of Vegetation in the Aral Sea Region // *International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis*. Vol. 4. P. 676-683.
- Plants of the World Online. 2022 [Электронный ресурс <https://powo.science.kew.org/> (дата обращения 25.04.2013)].
- Rajabov T.F., Mardonov B.K., Nasyrov M.G., Muminov M.A., Mukimov T.X.* 2010. Application of Remote Sensing and Geographical Information Systems for Rangeland Monitoring in Uzbekistan // *Journal of Environmental Science and Engineering*. Vol. 6. P. 78-82.

УДК 574.3:581 (470.67)

ГЕОБОТАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СООБЩЕСТВ
С УЧАСТИЕМ СОЛЯНКИ ДАГЕСТАНСКОЙ (*SALSOLA DAGHESTANICA* (TURCZ.) TURCZ.)
НА АРИДНЫХ СКЛОНАХ ХРЕБТОВ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

© 2022 г. Б.М. Магомедова, З.М. Асадулаев

Горный ботанический сад Дагестанского федерального исследовательского центра РАН
Россия, 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д.45. E-mail: bary_m@mail.ru

Поступила в редакцию 11.03.2022. После доработки 31.03.2022. Принята к публикации 01.04.2022.

Представлены результаты изучения сообществ с участием солянки дагестанской (*Salsola daghestanica* (Turcz.) Turcz.) в Предгорном и Внутреннегорном Дагестане, где выявлено 108 видов цветковых растений, среди которых встречаются: редкий вид, занесенный в «Красную книгу Дагестана» (2009), – карагана крупноцветковая (*Caragana grandiflora* (M. Bieb) DC.); эндемики Большого Кавказа: левкой каспийский (*Matthiola caspica* (Busch) Grossh., шалфей седоватый (*Salvia canescens* С.А. Mey), пырей стройный (*Elytrigia gracillima* Nevski); эндемик Дагестана – бьюнок Рупрехта (*Convolvulus ruprechtii* Boiss.), а также вид, занесенный в «Красную книгу Российской Федерации» (2008), – полынь солянковидная (*Artemisia salsoloides* Willd.). Выделенные ассоциации с произрастанием редкого эндемичного вида солянки дагестанской (*S. daghestanica*) *Salsoletum graminioso-xeroherbosum*, *Salsoletum graminioso-artemisosum*, *Caraganetum varioherboso-graminosum*, *Caraganetum salsoloso-artemisosum* встречаются только на территории Восточного Кавказа. *Caraganetum salsoloso-artemisosum* описана на трех пробных площадях на северо-западном и восточном склонах крутизной 30–40° хребта Надырбек (окрестности с. Дубки, Предгорный Дагестан). Кустарниковый ярус (проективное покрытие яруса (п.п.) – до 45%) образован 12 видами, доминируют солянка дагестанская (*S. daghestanica*) и карагана крупноцветковая (*Caragana grandiflora*). Общее покрытие травяно-кустарничкового яруса – до 60%; видовое богатство сравнительно невысокое (40 видов), доминирует вид полынь таврическая (*Artemisia taurica* Willd.). *Caraganetum varioherboso-graminosum* описана на северо-западном склоне хребта Надырбек (окрестности с. Дубки, Предгорный Дагестан) крутизной 40°. Кустарниковый ярус (п.п. – 29%) образован 9 видами, доминантом выступает карагана крупноцветковая (*C. grandiflora*), встречаемость которой составляет 20%. Травяно-кустарничковый ярус разрежен, с проективным покрытием 4–5%, встречаются полынь таврическая (*A. taurica*), чий раскидистый (*Stipa caragana* Trin.), шалфей седоватый (*Salvia canescens*), перловник трансильванский (*Melica transsilvanica* Schur.). Сообщества ассоциации *Salsoletum graminioso-artemisosum* описаны на склонах хребта Чакулабек в окрестностях с. Цудахар (Внутреннегорный Дагестан). В разреженном древесно-кустарниковом ярусе (12%) доминирует солянка дагестанская (*S. daghestanica*) с п.п. 10%, преобладают пузырник восточный (*Colutea orientalis* L.), спирея зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia* L.). Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 54%; видовое богатство сравнительно невысокое; доминантом по численности и проективному покрытию (50%) является *A. taurica*. *Salsoletum graminioso-xeroherbosum* описана на склонах хребта Чонкатау в окрестностях с. Губден (Предгорный Дагестан). В древесно-кустарниковом ярусе доминирует солянка дагестанская (*S. daghestanica*) с п.п. 42%. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют с проективным покрытием от 3 до 5% полынь таврическая (*A. taurica*) – 4% и представители семейства Poaceae: овсяница разноцветная (*Festuca varia* Haenke) – 4%, пырей стройный (*Elytrigia gracillima*) – 3%, ковыль дагестанский (*Stipa daghestanica* Grossh.) – 3%. Необходимо создание особо охраняемых природных территорий в районах произрастания изучаемого вида для сохранения растений *in situ*. Результаты по изучению сообществ представлены впервые и могут быть использованы в мониторинговых работах по редким эндемичным видам.

Ключевые слова: *Salsola daghestanica*, Дагестан, Красная книга, растительные сообщества, флора, эндемик.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-72-78

EDN: GDPSBC

Одной из задач охраны растительного мира является сохранение редких и эндемичных видов растений – наиболее уязвимой части природных экосистем. Эндемизм, как явление, свойственное естественным флорам, характеризуется специалистами показателем их индивидуальности, поскольку отражает самобытность и оригинальность флор. Эндемичные виды в природе представлены небольшими популяциями, имеющими узкие ареалы. Наибольшее количество эндемичных видов произрастает на каменисто-щебнистых участках (Муртазалиев, 2012). Данный тип местообитаний, по мнению ученых, стал ареной микроэволюционных процессов на Восточном Кавказе, что и привело к образованию значительного числа эндемичных таксонов на данной территории после орографического обособления некоторых его районов от остальной части Кавказа и аридизации климата (Муртазалиев, 2016). Одним из редких эндемичных видов Восточного Кавказа, произрастающих в аридных условиях, является солянка дагестанская (*Salsola daghestanica*; Красная книга ..., 2009; Литвинская, Муртазалиев, 2009). Изучение популяций солянки необходимо как для синтаксономии сообществ, так и для организации охраны наиболее уязвимых типов сообществ с участием редких эндемичных видов Дагестана, встречающихся только на территории республики. Также нужно отметить, что в аридных условиях горного Дагестана очень часто происходят оползневые процессы, связанные с близким от поверхности залеганием известняковых плит, большой крутизной склона и интенсивной пастбищной нагрузкой (Асадулаев и др., 2020). В связи с этим выявление видового состава растений на склонах имеет значение не только для изучения сообществ эндемичных видов, но для проведения мониторинговых наблюдений видового состава растений на оползневых склонах.

Материалы и методы

Объектом исследования является *S. daghestanica* (Turcz.) Turcz. – полукустарник высотой 0.3-1.2 м, с бледно-зелеными, прямыми, сильноветвистыми стеблями, покрытыми едва заметным, в последующем исчезающим пушком. Вид встречается в основном на сухих глинистых и каменистых местах, в среднем и нижнем горном поясе Дагестана (Гулисашвили, 1963; Бочанцев, 1969; Муртазалиев, 2009; Атаев и др., 2015; Камелин, 2017; Маллалиев, Асадулаев, 2018; Абдурзакова и др., 2020).

Климат Восточного Кавказа значительно суше, чем климат Западного и Центрального. В нижнем и среднем горных поясах здесь в среднем выпадает 400-600 мм. Лето жаркое, а зима сравнительно мягкая, но неустойчивая на северном макросклоне и довольно теплая – на южном (Гвоздецкий, 1954; Акаев и др., 1996).

Геоботанические исследования сообществ с произрастанием солянки дагестанской (*Salsola daghestanica*) проведены в Предгорном Дагестане на склонах хребта Чонкатау (рис. 1) и хребта Надырбек, а во Внутреннегорном Дагестане – на южном макросклоне хребта Чакулабек.

Популяция солянки дагестанской на склонах хребта Чонкатау в окрестностях с. Губден (Предгорный Дагестан) находится в высотных пределах от 747 м н.у.м. БС (42° 33' 11.70" с.ш., 47° 30' 06.16" в.д.) до 993 м н.у.м. БС (42° 31' 08.03" с.ш., 47° 22' 24.00" в.д.). Почва – лугово-каштановая предгорная карбонатная среднесуглинистая, редко имеется мелкообломочный известняк (рис. 2). Отмечаются слабо выраженные признаки солонцеватости и легкорастворимых солей (Залибеков, 2010). Общая численность особей – 1470, занимают они 7.5 га. Высота кустов у большинства особей достигает 21 см, средний диаметр кустов – от 12 до 50 см (встречаются особи до 87 см).

Популяция солянки дагестанской на макросклоне хребта Чакулабек (Внутреннегорный Дагестан, окрестности с. Цудахар) произрастает на высоте 1017 м н.у.м. БС (42° 21' 53.6" с.ш., 47° 10' 37.7" в.д.). Особенностью климатического режима здесь являются высокая температура летнего периода и низкие зимние температуры. Среднее количество осадков – 440 мм, средняя годовая температура – 6.9°C. Растения произрастают на склонах крутизной 30-40°, на мелкообломочно-гравийно-глинистом грунте. Общая численность особей – 1200, занимают 6 га. У большинства особей высота кустов – от 25 до 45 см, число побегов – от 16 до 22.

На склонах восточной (42° 59' 28" с.ш., 46° 54' 58" в.д.) и северо-западной (42° 56' 20" с.ш., 46° 54' 55" в.д.) экспозиций хребта Надырбек (окрестности с. Дубки) популяция солянки произрастает на высоте около 375 м н.у.м. БС, крутизна склона составляет 35-40°. Профиль почвы имеет глинистый состав, с каменистыми включениями и эпизодическими выходами на поверхность

известковых горных пород. Популяция насчитывает около 300 экземпляров, занимающих 1 га, проективное покрытие кустарникового яруса колеблется от 30 до 45%. Биоморфологические параметры особей солянки дагестанской: по высоте куста значения от 58 до 70 см, по диаметру куста – от 68 до 100 см. Увеличение размеров кустов у особей данной популяции по сравнению с ранее изученными является результатом расширения потенциала реализации биоморфологической нормы при улучшении условий среды.



Рис. 1. Солянка дагестанская (*Salsola daghestanica*) во время цветения.



Рис. 2. Склон с солянкой дагестанской (*S. daghestanica*) в Карабудахкентском районе Дагестана.

Геоботанические описания сообществ выполнены с использованием пробных площадок, которые закладывали по стандартной методике, для древесных и кустарниковых видов указывали проективное покрытие яруса в % (п.п.), для травяных – проективное покрытие (%). Камеральную обработку геоботанических описаний проводили методом эколого-фитоценологического табличного анализа.

При классификации растительности следовали принципам и методам эколого-фитоценотического направления русской геоботанической школы (Нешатаев, 1987, 2001). Латинские названия сосудистых растений приведены по работам «Конспект флоры Кавказа» (2003, 2006, 2008, 2012).

Результаты и обсуждение

В сообществах с участием солянки дагестанской (*S. daghestanica*) выявлено 108 видов цветковых растений, среди которых встречаются: редкий вид, занесенный в «Красную книгу Дагестана» (2009), – карагана крупноцветковая (*Caragana grandiflora* (M. Bieb) DC.); эндемики Большого Кавказа – левкой каспийский (*Matthiola caspica* (Busch) Grossh.), шалфей седоватый (*Salvia canescens* C.A. Mey), пырей стройный (*Elytrigia gracillima* Nevski); эндемик Дагестана – вьюнок Рупрехта (*Convolvulus ruprechtii* Boiss.), а также вид, занесенный в «Красную книгу Российской Федерации» (2008), – полынь солянковидная (*Artemisia salsoloides* Willd.)

Сообщества с *S. daghestanica* отнесены к 4 ассоциациям: *Salsoletum graminioso-xeroherbosum*, *Salsoletum graminioso-artemisosum*, *Caraganetum varioherboso-graminosum*, *Caraganetum salsoloso-artemisosum*.

Caraganetum salsoloso-artemisosum описана на трех пробных площадях на северо-западном и восточном склонах крутизной 30-40° на хребте Надырбек (окр. с. Дубки, Предгорный Дагестан).

Кустарниковый ярус (проективное покрытие яруса (п.п.) – до 45%) образован 12 видами, доминируют солянка дагестанская (*S. daghestanica* (Turcz.) Turcz.), п.п. которой составляет 7-30%, и карагана крупноцветковая (*Caragana grandiflora* (M. Bieb) DC.), с п.п. 7-17%. Также встречаются спирея зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia* L.), пузырник восточный (*Colutea orientalis* Mill.), держи-дерево (*Paliurus spina-christi* Mill.), жимолость грузинская (*Lonicera iberica* M. Bieb.), курчавка отогнутая (*Atraphaxis replicata* Lam.), полынь солянковидная (*Artemisia salsoloides* Willd.), чабер мелкозубчатый (*Satureja subdentata* Boiss), единично отмечены реамюрия очереднолистная (*Reaumuria alternifolia* (Pall.) Spach.), жостер Палласа (*Rhamnus pallasii* Fisch. et C.A. Mey.), вишня седая (*Cerasus incana* (Pall.) Spach), тамарикс ветвистый (*Tamarix ramosissima* Ledeb). Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – до 60%; видовое богатство сравнительно невысокое – 40 видов, среди которых доминирует полынь таврическая (*Artemisia taurica*), на которую приходится до трети от общего проективного покрытия (до 30%). Обильны виды (5-10%): чий раскидистый (*Achnatherum caragana*), трищетинник жесткий (*Trisetum rigidum*), дубровник обыкновенный (*Teucrium chamaedrys* L.), шалфей седоватый (*Salvia canescens*). Покрытие 1-2% имеют виды: ломкоколосник дагестанский (*Psathyrostachys daghestanica*), пырей стройный (*Elytrigia gracillima*), липучка бородатая (*Lappula barbata*), левкой каспийский (*Matthiola caspica* (Busch) Grossh). У остальных видов проективное покрытие менее 1%: перловник трансильванский (*Melica transsilvanica*), ломкоколосник (*Psathyrostachys* sp.), костер японский (*Bromus japonicus*), пупавка кустарничковая (*Anthemis fruticulosa*), барвинок травянистый (*Vinca herbacea*), шалфей мутовчатый (*Salvia verticillata*), каперсы колючие (*Capparis spinosa*), подмаренник коротколистный (*Galium brachyphyllum*), козлородник коротконосый (*Tragopogon brevirostris*), резеда желтая (*Reseda lutea*), василек (*Centaurea* sp.), гулявник Лезеля (*Sisymbrium loeseli*), морковница восточная (*Astrodaucus orientalis*), черноголовник многобрачный (*Poterium polygamum*), кардария крупковидная (*Cardaria draba*), астрагал чашечковый (*Astragalus calycinus*), мачок рогатый (*Glaucium corniculatum*), люцерна клейкая (*Medicago glutinosa*). На пробных площадях единично встречены следующие виды: вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), лен таврический (*Linum tauricum*), астрагал нутовый (*Astragalus cicer*), бурачок простой (*Alyssum simplex*), подорожник ланцетолистный (*Plantago lanceolata*), смолевка вильчатая (*Silene dichotoma*), овсяница каменистая (*Festuca saxatilis*), вероника близкая (*Veronica propinqua*), зарази́ха (*Orobanchе* sp.), зарази́ха голубая (*Orobanchе caesia*).

Caraganetum varioherboso-graminosum описана на северо-западном склоне хребта Надырбек (окрестности с. Дубки, Предгорный Дагестан) крутизной 40°. Кустарниковый ярус (п.п. – 29%) образован 9 видами, доминантом выступает карагана крупноцветковая (*Caragana grandiflora* DC.), встречаемость которой составляет 20%. Средняя высота ее кустов – 0.9-1 м. Также в сложении древесно-кустарничкового яруса участвуют солянка дагестанская (*Salsola daghestanica* (Turcz.) Turcz.), держи-дерево (*Paliurus spina-christi* Mill.), пузырник восточный (*Colutea orientalis* Mill.), спирея

зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia* L.), чабер мелкозубчатый (*Satureja subdentata* Boiss), полынь солянковидная (*Artemisia salsoloides* Willd.), жостер Палласа (*Rhamnus pallasii* Fisch. et C.A. Mey.), жимолость грузинская (*Lonicera iberica* M. Bieb.) Травяно-кустарничковый ярус разрежен (общее покрытие – 20%); с покрытием 4-5% встречаются полынь таврическая (*Artemisia taurica* Willd.), чий раскидистый (*Stipa caragana* Trin.), шалфей седоватый (*Salvia canescens* C.A. Mey.), перловник трансильванский (*Melica transsilvanica* Schur.); отмечены дубровник обыкновенный (*Teucrium chamaedrys*), липучка бородчатая (*Lappula barbata*), козлобородник коротконосиковый (*Tragopogon brevirostris*), ломкоколосник (*Psathyrostachys* sp.), пупавка кустарничковая (*Anthemis fruticulosa*); василек (*Centaurea* sp.), гулявник Лезеля (*Sisymbrium loeselii*), морковница восточная (*Astrodaucus orientalis*), черноголовник многобрачный (*Poterium polygamum*), единично встречены подмаренник (*Galium* sp.), ластовень погребальный (*Vincetoxicum funebre*), молочай хрящеватый (*Euphorbia glareosa*).

Можно сделать вывод, что сообщества ассоциаций **Caraganetum salsoloso-artemisosum** и **Caraganetum varioherboso-graminosum** представлено ксерофитными растениями, произрастающими в аридных условиях (шалфей седоватый (*Salvia canescens* C.A. Mey.), полынь солянковидная (*Artemisia salsoloides* Willd.), чабер мелкозубчатый (*Satureja subdentata* Boiss), шалфей мутовчатый (*Salvia verticillata*), ломкоколосник дагестанский (*Psathyrostachys daghestanica* (Alexeenko) Nevski), левкой каспийский (*Matthiola caspica* (Conti) Busch), каперсы колючие (*Capparis spinosa* L.), чий раскидистый (*Achnatherum caragana* (Trin.) Nevski), козлобородник коротконосый (*Tragopogon brevirostris* DC.), полынь таврическая (*Artemisia taurica* Willd), дубровник обыкновенный (*Teucrium chamaedrys* L.), жостер Палласа (*Rhamnus pallasii* Fisch. et C.A. Mey.).

Salsoletum graminoso-artemisosum. Сообщества ассоциации описаны на склонах хребта Чакулабек в окрестностях с. Цудахар (Внутреннегорный Дагестан). В разреженном древесно-кустарничковом ярусе (12%) доминирует солянка дагестанская (*S. daghestanica*) с п.п. 10%, преобладают пузырник восточный (*Colutea orientalis* L.), спирея зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia* L.), также встречаются реамюрия очереднолистная (*Reaumuria alternifolia* (Labill.) Britten.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca* L.), шиповник собачий (*Rosa canina* L.), боярышник ложноразнолистный (*Crataegus pseudoheterophylla* Pojark.), кизильник Меуера (*Cotoneaster meyeri* Pojark), единично встречаются яблоня восточная (*Malus orientalis* (Uglitzk.) Juz.), орех грецкий (*Juglans regia* L.), шелковица (*Morus* sp.), груша обыкновенная (*Pyrus caucasica* Fed.). Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 54%; видовое богатство сравнительно невысокое; доминантом по численности и проективному покрытию (50%) является *Artemisia taurica* Willd. С покрытием 1-2% отмечены виды: пырей стройный (*Elytrigia gracillima*), бородач обыкновенный (*Bothriochloa ischaemum*), ковыль дагестанский (*Stipa daghestanica* Grossh.), овсяница разноцветная (*Festuca varia* Haenke); менее 1% имеют шалфей седеющий (*Salvia canescens*), шалфей мутовчатый (*Salvia verticillata*), плевел (*Lolium* sp.), подорожник ланцетолистный (*Plantago lanceolata* L.), лапчатка прямостоячая (*Potentilla erecta* (L.) Raeusch.), колокольчик карпатский (*Campanula sarmatica* Jacq.), спаржа каспийская (*Asparagus caspius* L.), морковница восточная (*Astrodaucus orientalis* (L.) Drude), девясил германский (*Inula germanica* L.), молочай грузинский (*Euphorbia iberica* Boiss.), василистник триждытройчатый (*Thalictrum triternatum* Rupr.), донник лекарственный (*Melilotus officinalis* (L.) Lam.), *Peganum harmala* L., одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Webb.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.), лопух большой (*Arctium lappa* L.), солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.), астрагал обнаженный (*Astragalus denudatus* Stev.), подмаренник коротколистный (*Galium brachyphyllum*), ковыль кавказский (*Stipa caucasica*), вьюнок Рупрехта (*Convolvulus ruprechtii*). Единично встречены: очиток кавказский (*Sedum caucasicum* (Grossh.) R. Bor.), мальва (*Malva* sp.), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), щетинник зеленый (*Setaria viridis* (L.) P.Beauv), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.).

Salsoletum graminoso-xeroherbosum описана на склонах хребта Чонкатау в окрестностях с. Губден (Предгорный Дагестан). В древесно-кустарничковом ярусе доминирует солянка дагестанская (*S. daghestanica*) с п.п. 42%, отмечены спирея зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia* L.), чабер мелкозубчатый (*Satureja subdentata* Boiss.), полынь солянковидная (*Artemisia salsoloides* Willd),

боярышник однопестичный (*Crataegus monogyna* Jacq.), шиповник собачий (*Rosa canina* L.). В травяно-кустарничковом ярусе доминантными видами с проективным покрытием от 3 до 5% являются полынь таврическая (*Artemisia taurica* Willd; 4%) и представители семейства Poaceae – овсяница разноцветная (*Festuca varia* Haenke; 4%), пырей стройный (*Elytrigia gracillima*; 3%), ковыль дагестанский (*Stipa daghestanica* Grossh.; 3%). Менее обильны овсяница жестколистная (*Festuca sclerophylla*), ковыль кавказский (*Stipa caucasica*) – 1-2%. С покрытием не более 1% встречаются: шалфей седеющий (*Salvia canescens*), шалфей мутовчатый (*Salvia verticillata*), чертополох (*Carduus* sp.), качим головчатый (*Gypsophila cephalotes* (Schrenk) F.N. Williams), астрагал (*Astragalus* sp.), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), василистник триждытройчатый (*Thalictrum triternatum* Rupr.), подорожник ланцетолистный (*Plantago lanceolata* L.), подмаренник настоящий (*Galium verum* L.), люцерна посевная (*Medicago sativa* L.), девясил британский (*Inula britannica* L.), василек (*Centaurea* sp.), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.), ковыль перистый (*Stipa pinnata* L.), люцерна голубая (*Medicago caerulea* L.), эспарцет рогатый (*Onobrychis cornuta* (L.) Desv.), скабиоза гумбетская (*Scabiosa gumbetica* Boiss.), подмаренник коротколистный (*Galium brachyphyllum*), вьюнок Рупрехта (*Convolvulus ruprechtii* Boiss.).

Сообщества ассоциаций ***Salsoletum graminioso-artemisosum*** и ***Salsoletum graminioso-xeroherbosum*** характерны для степной и полупустынной растительности аридных горных склонов Внутреннегорного и Предгорного Дагестана.

Изученные сообщества имеют высокую фитосоциологическую ценность, характеризуются как редкие и эндемичные синтаксоны, которые в России представлены только на территории Дагестана.

Заключение

Изучение биоразнообразия, выявление новых видов и оценка состояния редких видов имеет теоретическую, научную и практическую значимость. Сохранение и воспроизводство живых организмов *ex situ*¹ в настоящее время возможно при постоянном мониторинге. В программах долгосрочного сохранения биологического разнообразия актуально сохранение растений в условиях *in situ*². Наиболее эффективными мероприятиями по сохранению природного разнообразия становятся в условиях особо охраняемых природных территорий.

В настоящее время ведущим принципом, определяющим общую стратегию охраны флористического разнообразия, является сохранение не отдельных видов, а целых растительных сообществ. Отмечается большой интерес ученых к проблеме выделения сообществ с особой природоохранной значимостью (Садыкова и др., 2018). Ассоциации с участием редкого эндемичного вида Восточного Кавказа солянки дагестанской (*Salsola daghestanica*) выделены впервые и имеют высокую флористическую значимость, на что указывает наличие редкого вида, занесенного в «Красную книгу Дагестана» (2009), – караганы крупноцветковой (*Caragana grandiflora* (M. Bieb) DC.); эндемиков Большого Кавказа: левкоя каспийского (*Matthiola caspica* (Busch) Grossh.), шалфея седоватого (*Salvia canescens* С.А. Мей), пырея стройного (*Elytrigia gracillima* Nevski); эндемика Дагестана – вьюнка Рупрехта (*Convolvulus ruprechtii* Boiss.); а также вида, занесенного в «Красную книгу Российской Федерации» (2008), – полыни солянковидной (*Artemisia salsoloides* Willd.). Фитосоциологическая ценность данных растительных сообществ (***Salsoletum graminioso-xeroherbosum***, ***Salsoletum graminioso-artemisosum***) с участием вида *Salsola daghestanica* состоит в том, что встречаются они только на территории Дагестана. В связи с этим необходимо создать ООПТ в районах произрастания изучаемого вида для сохранения растений *in situ*.

Сообщества ассоциаций ***Caraganetum salsoloso-artemisosum*** и ***Caraganetum varioherbosograminosum*** представляют собой комплекс нагорно-ксерофитной и сухостепной растительности, произрастающий в аридных условиях. Сообщества ассоциаций ***Salsoletum graminioso-artemisosum*** и ***Salsoletum graminioso-xeroherbosum*** характеризуются степной и полупустынной растительностью горных склонов Внутреннегорного и Предгорного Дагестана.

¹ *Ex situ* сохранение буквально означает "внеплощадочная консервация". Это процесс защиты исчезающих видов, разновидностей или популяций или животных за пределами их естественной среды обитания.

² *In situ* – научный термин на латинском языке, для обозначения «на месте», в месте нахождения, в естественной среде или оригинального (первичного, без перемещения) места проведения опытов, наблюдений и экспериментов, т.е. в исходном месте.

Результаты по изучению сообществ могут быть использованы в мониторинговых работах по редким эндемичным видам, произрастающим только на территории Дагестана.

Финансирование. Работа выполнена по теме Госзадания Горного ботанического сада Дагестанского федерального исследовательского центра РАН «Геоклиматические особенности распространения и описание сообществ с участием популяций редких и ресурсных древесных видов Северного Кавказа» № 1021032423798-8-1.6.11.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдурзакова А.С., Астамирова А.М.-А., Магомадова Р.С., Байбатырова Э.Р. 2020. Список охраняемых видов ксерофильной флоры Российского Кавказа // Биологическое разнообразие Кавказа и юга России. С. 79-90.
- Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиев Б.С. 1996. Физическая география Дагестана. М.: Школа. 382 с.
- Асадулаев З.М., Маллалиев М.М., Садыкова Г.А. 2020. Флора эродированных склонов и откосов автодорог Горного Дагестана. Махачкала: ДГУ. 144 с.
- Атаев З.В., Абдулаев К.А., Магомедова А.З. 2015. Географические особенности котловинных ландшафтов Внутригорного Дагестана // Юг России: экология, развитие. Т. 3. № 2. С. 122-126.
- Бочанцев В.П. 1969. Род *Salsola* L., краткая история его развития и расселения // Ботанический журнал. Т. 54. № 7. С. 989-1001.
- Гвоздецкий Н.А. 1954. Физическая география Кавказа. М.: Изд-во МГУ. 208 с.
- Гулисаивили В.З. 1963. Дендрофлора Кавказа: Дикорастущие и культурные деревья и кустарники. *Angiospermae* – покрытосеменные: *Dicotyledoneae* – двудольные. Тбилиси: Изд-во АН ГССР. Т. 3. 307 с.
- Залибеков М.Г. 2010. Почвы Дагестана. Махачкала: Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, Дагестанский государственный университет. 243 с.
- Камелин Р.В. 2017. Флороценоотипы Кавказа и Закавказья // Ботанический журнал. Т. 102. № 6. С. 717-732.
- Конспект флоры Кавказа. 2003 / Ред. А.Л. Тахтаджян. СПб.-М.: Товарищество научных изданий КМК. Т. 1. 204 с.
- Конспект флоры Кавказа. 2006 / Ред. А.Л. Тахтаджян. СПб.-М.: Товарищество научных изданий КМК. Т. 2. 467 с.
- Конспект флоры Кавказа. 2008 / Ред. А.Л. Тахтаджян. СПб.-М.: Товарищество научных изданий КМК. Т. 3 (1). 469 с.
- Конспект флоры Кавказа. 2012 / Ред. А.Л. Тахтаджян. СПб.-М.: Товарищество научных изданий КМК. Т. 3 (2). СПб. 623 с.
- Красная книга Республики Дагестан. 2009 / Ред. и сост. Г.М. Абдурахманов. Махачкала: ИПЭ РД. 552 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008 / Ред. Л.В. Бардунов, В.С. Новиков. М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ и Росприроднадзор. 856 с.
- Литвинская С.А., Муртазалиев Р.А. 2009. Кавказский элемент во флоре Российского Кавказа: география, созоология, экология. Краснодар: Просвещение-Юг. 439 с.
- Маллалиев М.М., Асадулаев З.М. 2018. Сравнительный анализ парциальных флор внутреннегорного Дагестана // Ботаника в современном мире. Труды XIV Съезда Русского ботанического общества и конференции «Ботаника в современном мире», г. Махачкала, 18-23 июня 2018 г. Т. 1. С. 158-160.
- Муртазалиев Р.А. 2009. Конспект флоры Дагестана / Ред. Р.В. Камелин. Махачкала: Эпоха. Т. 1. 319 с.
- Муртазалиев Р.А. 2012. Анализ эндемиков флоры Восточного Кавказа и особенности их распространения // Вестник Дагестанского научного центра. Т. 47. С. 81-85.
- Муртазалиев Р.А. 2016. Анализ распределения видов флоры Дагестана // Ботанический журнал. Т. 101. № 9. С. 1056-1074.
- Нешатаев В.Ю. 1987. Методы анализа геоботанических материалов. Л.: Изд-во Ленинградского университета. 192 с.
- Нешатаев В.Ю. 2001. Проект Всероссийского кодекса фитоценологической номенклатуры // Растительность России. № 1. С. 62-70.
- Садыкова Г.А., Алиев Х.У., Нешатаева В.Ю., Амирханова Н.А. 2018. Сообщества *Juniperus excelsa* subsp. *polycarpus* (Cupressaceae) Высокогорного Дагестана // Ботанический журнал. Т. 103. № 12. С. 1514-1539.

УДК 581.5

**ИЗМЕНЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЭКОСИСТЕМ МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЦОВ
НА ПРИЕРГЕНИНСКОЙ РАВНИНЕ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД
(РЕСПУБЛИКА КАЛМЫКИЯ)**

© 2022 г. Н.М. Новикова*, М.В. Конюшкова ** ***, С.С. Уланова****, Н.А. Волкова*,
Н.Л. Федорова ****, О.Г. Бембева****, М.М. Чемидов****

**Институт водных проблем РАН*

Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: nmnovikova@gmail.com

***Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12. E-mail: mkon@inbox.ru

****Почвенный институт им. В.В. Докучаева*

Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2. E-mail: mkon@inbox.ru

*****Институт комплексных исследований аридных территорий*

Россия, Республика Калмыкия, 358005, г. Элиста, ул. Хомутникова, д. 111

E-mail: svetaulanova@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.03.2022. После доработки 30.03.2022. Принята к публикации 01.04.2022.

В вегетационный период 2021 г. в начале мая, конце июня и начале сентября проведены наблюдения за функционированием основных компонентов экосистем, восстанавливающихся после мелиорации на 8 участках IV опытного Аршань-Зельменского стационара, где почти 50 лет назад были прекращены мелиоративные работы, продолжавшиеся 20 лет. В настоящее время почвы относятся к одному типу сильно преобразованных почв – агроземов глубоководнозасоленных. В почвенном профиле сохранились пахотный (0-45 см) и подпахотный (50-60 см) горизонты. В 2018 г. на большинстве участков в подпахотном горизонте повысилось содержание солей и, в частности, иона хлора. В растительности эти изменения не нашли отражения, продолжается формирование растительных сообществ, характерных для заключительных стадий вторичной сукцессии не для солонцовых, а для светло-каштановых почв. Гидротермические условия 2021 г. в период наблюдения (май-сентябрь) можно оценить как засушливые. Наблюдалось двукратно увеличенное значение средней температуры за каждый месяц. Осадки выпадали каждый месяц за исключением июля. Выпавшие в этот период осадки (176 мм), превысили среднемноголетнюю сумму за эти месяцы 2011-2021 гг. в 1.3 раза, а сумма температур – только на 2°C. Поэтому гидротермические условия вегетационного периода 2021 г. можно оценить как более благоприятные для функционирования компонентов экосистем, чем в прочие годы.

Сопоставление данных, характеризующих солевой профиль почв в вегетационный период показало, что содержание водорастворимых солей (в % на 100 г. почвы) в горизонтах с сентября по май изменилось в диапазоне от -1.42 до +0.36. В разные сроки наблюдений в одних и тех же горизонтах почв отмечались как однонаправленные изменения (только увеличение или только возрастание) содержания солей, так и разнонаправленные. В мае верхние горизонты всех почв, включая и целинные, до глубины 30 см были незасоленными они остались в этой же категории по засолению к сентябрю. В профиле целинных почв засоление начиналось с глубины 30-40 см и усиливалось с глубиной, достигая в горизонте 70-100 см значений сильного засоления (1.1-2%). К концу вегетационного периода в этих горизонтах произошло снижение содержания солей до средней степени (0.5-1%). В почвах, испытавших ранее лесомелиорацию, слабо засоленные в мае нижние горизонты (80-100 см) к осени перешли в категорию незасоленные. В ранее мелиорированных почвах под бывшей пашней, наоборот, прежде незасоленные нижние горизонты перешли в категорию слабо засоленных. Величина изменения засоления почвенных горизонтов имеет высокую достоверную тесноту связи ($r=0.89$) с ионом хлора.

Растительный покров относительно разреженный, общее проективное покрытие колеблется от 35% до 73%. Средние значения от мая к июню изменялись от 43% до 52% и к сентябрю снизились до 47%. В течение всего года в сообществах доминировали мятлик луковичный (*Poa bulbosa*) и полынь Лерха (*Artemisia lerchiana*). На всех участках присутствовал, и на ряде участков, в том числе и на целине, выступал содоминантом ромашник (*Tanacetum achilleifolium*). В мае аспектировал волоснец (*Leymus ramosus*), в июне и в сентябре – однолетники *Anisantha tectorum* и *Atriplex tatarica* соответственно. Надземная фитомасса большинства растительных сообществ нарастала с весны до осени с 4-5 ц/га до 10-25 ц/га. На отдельных участках, преимущественно ранее лесомелиорированных и некоторых целинных, максимальные значения её были достигнуты в конце июня и к осени снизились за счет существенного снижения фитомассы многолетних злаков. Растительные сообщества по видовому составу и доминированию в течение всего вегетационного периода *Artemisia lerchiana* и *Poa bulbosa* были отнесены к пастбищному варианту зональных полкустарничково-тырсиковых (*Stipa sareptana*) растительных сообществ, характерных для опустыненной степи на каштановых незасоленных и слабозасоленных почвах.

Новизна данного исследования связана с новыми количественными данными изменения характеристик основных компонентов экосистем опустыненных степей в течение вегетационного периода.

Ключевые слова: Прикаспийская низменность, целинные солонцы, мелиорация, орошаемое лесоразведение с поливом, орошаемая пашня, гидротермические условия, вегетационный период, засоление-рассоление почв, видовое богатство, растительные сообщества, надземная фитомасса.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-79-93

EDN: JUCRSV

Проведенное исследование входит в цикл работ, посвященных изучению и оценке состояния природных комплексов аридных территорий, ранее испытавших трансформацию под влиянием гидромелиоративного антропогенного воздействия и в настоящее время развивающихся в естественном режиме. Исследования проводились на возвышенности Ергени и на Приергенинской равнине Республики Калмыкия, в условиях опустыненной степи. Они показали (Новикова и др., 2012, 2018), что изменения, внесенные в солонцовые почвы мелиорацией, оказались устойчивыми и сохраняются в течение длительного времени, т.е. спустя почти полвека после прекращения мелиоративного воздействия. Наблюдения, проведенные на Приергенинской равнине в 2008 и 2018 гг. выявили, что эти почвы относятся к одному типу сильно преобразованных почв – агроземов глубокозасоленных. В почвенном профиле сохранились пахотный (0-45 см) и подпахотный (50-60 см) горизонты, выделенные в описаниях 2008 г., однако в пробах почв к 2018 г. на большинстве участков в подпахотном горизонте повысилось содержание солей и, в частности, иона хлора. В растительности эти изменения не нашли отражения, продолжается формирование растительных сообществ, характерных для заключительных стадий вторичной сукцессии не для солонцовых, а для светло-каштановых почв. На светлокаштановых почвах формируются полкустарничково-тырсиковые (*Stipa sareptana*) степи, которые являются зональными в южной подзоне степной зоны (Сафронова, Юрковская, 2015).

Обнаруженное увеличение солей в почвенном профиле не нашло однозначного объяснения. В публикациях отечественных исследователей достаточно полно описана внутригодовая динамика современных процессов засоления гидроморфных почв в естественных условиях степных районов и на орошаемых почвах в аридных условиях (Баламирзоев, 2014; Волкова, Назаренко, 2005, Горохова и др., 2019; Елизаров, 2020; и др.) при близком залегании к поверхности засоленных грунтовых вод. В то же время в научных публикациях (Панкова и др., 2019) показано, что в автоморфных условиях засоленность почв связана с засоленностью почвообразующих пород и аридизация климата не оказывает существенного влияния. Возникший вопрос о причине увеличения концентрации солей в подпахотном горизонте в 2018 г. на ряде участков Аршань-Зельменского стационара (Новикова и др., 2020), стало причиной проведения экспериментальных наблюдений в 2021 г. с целью проследить изменение основных компонентов экосистем – почв и растительности в течение вегетационного периода.

Таким образом, цель данной работы – охарактеризовать изменение компонентов экосистем ранее мелиорированного солонцового комплекса, растительность которого приближается к стадии субклимакса. Были поставлены и решены задачи: охарактеризовать гидротермические условия 2021 г. и оценить их особенность в вегетационный период года проведенных наблюдений на фоне многолетних данных 2011-2021 гг.; установить изменение величины засоления генетических почвенных горизонтов в разные сроки вегетационного периода; выявить сходство и отличие изменения засоления почвенного профиля на ранее мелиорируемых по-разному участках (выращивание сельскохозяйственных культур с поливом и лесомелиорация с поливом) и целинных участках; охарактеризовать изменение растительности в течение вегетационного периода и сравнить с целинными участками.

Район работ, материалы и методы

Исследования проводились на IV опытном участке Аршань-Зельменского научного стационара Института лесоведения Академии наук СССР, располагающегося на Приергенинской равнине Прикаспийской низменности в Республике Калмыкия. Район исследования располагается в южной подзоне степной зоны (опустыненных степей) со светло-каштановыми почвами. Опытный участок вытянут с севера на юг (рис. 1). Его площадь составляет 30.6 га (900 м с севера на юг и 350 м с запада на восток). В центре проходила дорога с посадками древесных видов и канавами для пропуска оросительной воды. Территория с обеих сторон от дороги была поделена на 8 неравных частей. Восточная половина участка была отведена под лесонасаждения на поливе (точки наблюдения 35, 37, 39, 41) а западная – под сельскохозяйственные культуры на поливе (точки наблюдения 36, 38, 40, 42).

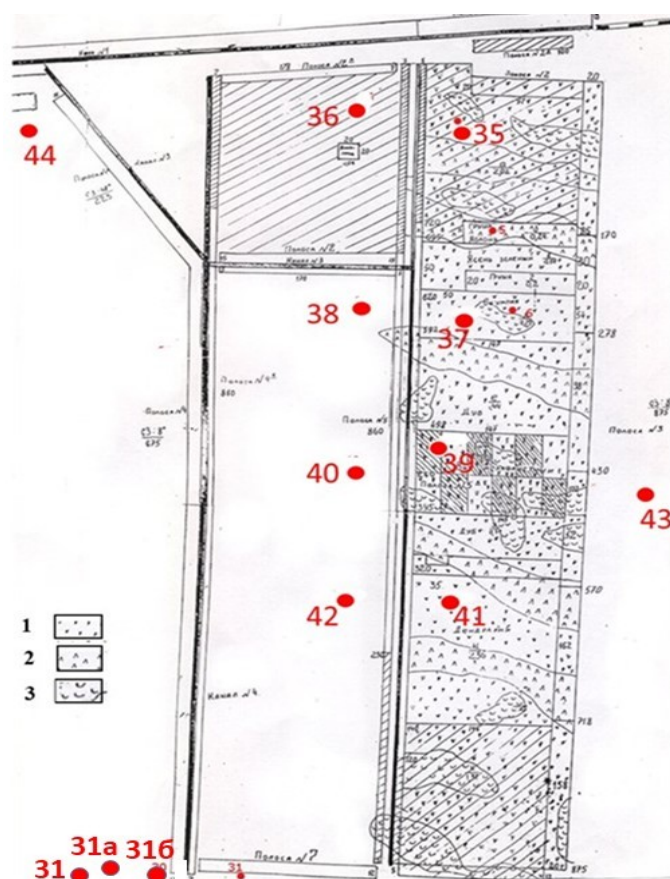


Рис. 1. Схема опытного участка и расположение точек наблюдений (Новикова и др., 2018). Условные обозначения. Почвы: 1 – солонцы мелкие и средние, 2 – светло-каштановые почвы, 3 – лугово-каштановые почвы. Точки на участках, где ранее были: 35 – сад без полива, 36 – сад с поливом, 37, 39, 41 – древесные насаждения с поливом, 38, 40, 42 – пашня с орошением, 43 – пашня без орошения (контроль), 44 – целина.

На опытном участке до мелиорации были распространены засоленные солонцы и слабо засоленные светло-каштановые почвы, грунтовые воды залегают на глубине более 7 м (Зайцев, 1955). На солонцах сильное хлоридное и сульфатно-хлоридное засоление проявлялось с 18-33 см и глубже – по всему профилю. Засоление светло-каштановых почв было слабым, с максимумом в конце первого метра, хлоридного химизма, а глубже 1 м засоление среднее хлоридное, среднее и сильное хлоридно-сульфатное (Зайцев, 1955). Растительный покров был слабо сомкнутым, общее проективное покрытие составляло 30-40%. По мнению исследователей (Власов, Зайцев, 1950) к светло-каштановым солонцеватым почвам были приурочены типчаково-лерхопопынные (*Artemisia lerchiana*–*Festuca valesiaca*) сообщества, к солонцовым – лерхопопынно-прутняковые (*Kochia prostrata*–*A. lerchiana*) и к корковым солонцам – лерхопопынно-чернопопынные (*Artemisia pauciflora*–*A. lerchiana*).

Во время проведения опытных работ с 1951 по 1971 гг. с сельскохозяйственными культурами при орошении в первые годы отмечалось рассоление верхнего метрового слоя почв и незначительное уменьшение содержания поглощенного натрия в пахотном слое (Пак, 1958). В последние годы эксперимента здесь проявилось сильное вторичное засоление, но опубликованных исследований о процессах вторичного засоления ранее рассоленных солонцов нет.

Эксперимент на лесомелиорированных участках закончился в 1971 г. с прекращением полива. На участках, используемых под пашню, распашка продолжалась до 1985 г. без полива. Далее земли стали залежью и вплоть до настоящего времени на них производится нерегулируемый выпас.

Проведенные наблюдения в мае 2008 и 2018 гг. показали (Новикова и др., 2018, 2020), что изменения, внесенные мелиорацией в солевой профиль почв, сохраняются. Все эти почвы относятся к одному типу сильно преобразованных почв – агроземов глубокозасоленных. В почвенном профиле сохранились пахотный (0-45 см) и подпахотный (50-60 см) горизонты. На ранее распаханых участках с выращиваемыми на поливе древесными и кустарниковыми видами (*Populus alba*, *Quercus robur*, *Ulmus pumila*, *Acer tatarica*, *Cotinus coggygria*), все еще сохраняются отдельные куртины зарослевого характера, но с каждым годом занимаемая ими площадь сокращается. На бывшей пашне, занятой люцерной на поливе, растительность восстановилась до субклимаксового состояния с участием видов, характерных для зональных сообществ: *Artemisia lerchiana*, *Tanacetum achilleifolium*, *Poa bulbosa*, *Stipa lessingiana*, *Leymus ramosus*, *Artemisia austriaca*. Надземная фитомасса в 2018 г. была выше, чем в 2008 г., более чем в 2 раза.

Изучение почв и растительности проводилось на точке 43 – без полива (контроль), а также на целинном солонце, расположенном рядом с опытным участком (точка 44). Точка 44 – целинный солончак (контроль), располагалась к северо-западу от опытного участка; точка 43 – к юго-востоку от точки 42, за пределами опытного участка. Точки 31, 31а и 31б были заложены в 2018 г. на целине в ЗЮЗ направлении от участка с точкой 41.

Наблюдения в 2021 г. были проведены в течение вегетационного периода в три срока. Первый – в конце весны, в первых числах мая (5-6 мая); летние наблюдения проводились в первую треть лета, 29-30 июня; и осенние наблюдения – 4-5 сентября, до начала осенних дождей, которые могли бы изменить солевой профиль почв. В каждый из сроков на всех точках опытного участка и на целинных участках проводились геоботанические наблюдения и отбирались почвенные пробы для анализа на содержание водорастворимых солей.

Для решения задачи по установлению гидротермического фона, которому соответствует вегетационный период 2021 г., в который проводились исследования, были использованы данные по температуре и осадкам за месяц на метеостанции Малые Дербеты с 2011 по 2021 гг. включительно. Гидротермические условия (конкретные значения температуры и осадков), имевшие место в месяц каждого из трех наблюдений, сопоставлялись со среднемноголетними значениями (за 10 лет наблюдений в этот месяц в период 2011-2021 гг.) для того, чтобы оценить отклонение от них температуры и осадков в 2021 г. Кроме того, многолетние данные основных климатических параметров были проанализированы на наличие тренда с оценкой его достоверности.

При изучении мелиорированных почв в годы предыдущих наблюдений (2008 и 2018 гг.) стояла задача выявления их структуры и химизма. Поэтому на каждом участке опытной территории и на 4-х целинных участках были заложены почвенные разрезы на глубину 6-7 м и сделано полное их описание, выделены генетические горизонты почв, отобраны и проанализированы пробы на содержание водорастворимых солей и их химический состав (Новикова и др., 2012, 2018).

В исследованиях 2021 г. была поставлена задача изучения и оценки изменения солевого профиля почв в верхних 100 см в течение вегетационного периода. Поэтому в 2021 г. в период полевых работ во время каждого наблюдения в вегетационный период в каждой точке образцы отбирались из генетических горизонтов в интервале одних и тех же глубин до глубины 100 см, что в дальнейшем позволило сопоставить результаты лабораторного анализа проб и оценить изменение содержания водорастворимых солей в каждом горизонте и во всем профиле в каждый из сроков наблюдений и за вегетационный период. Химический анализ образцов почв проводился в агрохимической лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия в г. Волгограде.

При анализе и описании засоления почвенных горизонтов в статье для удобства интервалы количественных значений засоления характеризовались качественно в соответствии с таблицей 1. Такой подход также облегчает выявление общих тенденций сезонного изменения засоления почв.

Таблица 1. Градации качественной оценки засоления почвы по содержанию водорастворимых солей (% от 100 г почвы).

Интервал количественных значений, %	Градация засоления
0-0.25	незасоленные
0.25-0.5	слабо засоленные
0.5-1	среднезасоленные
1.1-2	сильно засоленные
2.1-5	очень сильно засоление
>5	исключит сильное засоление

При обработке данных анализа по засолению, прежде всего, были составлены таблицы с данными по содержанию водорастворимых солей в каждой точке наблюдения по горизонтам в каждый из сроков наблюдения. Затем эти таблицы были объединены в одну, где в части таблицы, характеризующей засоление почв, получились три колонки на каждый из сроков наблюдений, следовавшие одна за другой. Таким образом, в этой таблице были сведены данные по содержанию водорастворимых солей в каждом горизонте за три срока наблюдений. Это позволило рассчитать количественное изменение засоления от срока к сроку: от мая к июню; от июня к сентябрю и за весь весенне-летний период – от мая к сентябрю; и позволило проследить изменение засоления почвенного профиля на каждом мелиорированном и целинном участке, а также изменение солевого состояния каждого горизонта в течение вегетационного периода.

Анализ изменения засоления почв в статье проводится отдельно для группы участков ранее мелиорированных почв, которые использовались под пашню на поливе (точки наблюдения 36, 38, 40, 42), для группы участков, с лесомелиорацией (точки 35, 37, 39, 41) и отдельно – для почв на целинных участках (точки наблюдения 43, 44, 31, 31а, 31б).

Также, для удобства анализа и оценки количественного изменения засоления, произошедшего между разными сроками наблюдений, весь диапазон значений от 0 до 1.47% был разбит по 0.5% на 5 интервальных значений (от 0 до 5), которым затем была присвоена качественная оценка и символ (табл. 2). Для удобства работы с таблицей в тексте статьи в столбце символов, соответствующих интервальному и качественному значениям, было использовано соответствующее цветовое обозначение в гамме от слабо серого до темно серого цвета. Нулевое значение и самое высокое (5) даны без цвета, чтобы сделать их более заметными. Перед символом, если произошло возрастание засоления от одного наблюдения к другому, ставится знак + (плюс), а при снижении – (минус).

Растительность. Результаты изучения изменения растительности в процессе восстановления после нарушения в 1951 г. при закладке опыта на 4 участке Аршань-Зельменского стационара Института лесоведения РАН, изложены в наших более ранних работах (Новикова и др., 2018, 2020).

Для того чтобы охарактеризовать изменения растительности во время вегетационного периода 2021 г. на всех исследуемых участках, в том числе и на целинных в мае, июне и сентябре были выполнены полные геоботанические описания, измерялись и фиксировались наиболее наглядные и сопоставимые количественные показатели: число видов на геоботанической площадке, общее

проективное покрытие сообщества. Для каждого вида указывалось обилие по Друде, высота, фенофаза, жизненность. В каждый из периодов отбиралась надземная фитомасса травяного яруса. Укосы отбирались с площадок размером 1x1 м, в трехкратной повторности с фотофиксацией и определением их геопозиции с помощью GPS.

Таблица 2. Градации качественной оценки засоления по количественному изменению содержания водорастворимых солей за два срока наблюдений.

Интервалы количественных значений засоления	Символ и направление изменения	Градации оценки засоления
0	0	отсутствует
0.1-0.05	+1, -1	очень слабое
0.06-0.1	+2, -2	слабое
0.11-0.5	+3, -3	заметное
0.51-1	+4, -4	сильно заметное
1.1-1.5	+5, -5	очень сильно заметное

В камеральных условиях обработка полевых данных была, прежде всего, связана с отобранной фитомассой. Растения в укосах разбирались по хозяйственным группам (разнотравье, злаки, полыни) и высушивались до абсолютно-сухого веса. Флористический список выверялся по отобранному гербарному материалу по следующим источникам: «Красная книга Республики Калмыкия» (2014); «Красная книга Российской Федерации» (2008), «Фитоценология» (Работнов, 1983), «Экологическая морфология растений» (Серебряков, 1962), «Флора Нижнего Поволжья» (2006, 2018). Латинские названия растений приводятся по работе С.К. Черепанова (1995).

По итогам обработки геоботанических описаний и укосов была создана электронная сводная база данных в Excel. Она включила: данные климатических параметров 2011-2021 гг. для ближайшей метеостанции Малые Дербеты (средние за месяц значения температуры и суммы осадков), данные химических анализов почв и данные о состоянии растительности по точкам в разные сроки наблюдений.

Результаты и обсуждение

Гидротермические условия. 2021 г. можно охарактеризовать как год повышенной увлажненности. Годовая сумма осадков составила 417 мм при среднем за последние 10 лет значении 293.7 мм, что превышает среднее значение в 1.4 раза. Средняя годовая температура составила 10.9°C, что выше на 0.5°C средней температуры за последнее десятилетие, равной 10.4°C (рис. 2а). Тренд изменения годовых сумм осадков (рис. 2б) имеет очень небольшое значение ($r=0.26$) и статистически незначим. Тренд изменения среднегодовых температур статистически значим: $r=0.71$, $\alpha=0.05$ при $n=10$. Иными словами, для данной территории характерна статистически значимая тенденция роста значений среднегодовой температуры воздуха, изменение которой за 10 лет составила примерно +1°C. За то же самое время изменение среднегодовой суммы осадков статистически незначимо.

В 2021 г. осадки в летний период выпадали каждый месяц и почти в каждом месяце были выше среднееголетних значений этого месяца за период 2011-2021 гг. (рис. 3, кривые 1 и 3). Наибольшее количество осадков выпало в марте (77 мм) и декабре (56 мм). Это выше среднееголетнего годового (35 мм) значения в 2.2 и 1.6 раза соответственно. Наименьшие значения пришлось на февраль (16 мм) и в октябре осадков не было. Во время полевых наблюдений, в мае, количество осадков было близко среднееголетнему, в июле месячная сумма осадков (24 мм) оказалась ниже среднееголетнего значения 29.6 мм, рассчитанного для этого месяца за 10 лет; в сентябре выпавшие осадки превысили среднееголетнее значение.

Температура воздуха перешла через 10°C в апреле и октябре. Вегетационный период продлился 7 мес. Среднемесячные температуры в 2021 г. почти в каждом месяце, за исключением марта, мая, сентября и октября, превысили соответствующие среднееголетние месячные значения, рассчитанные за 10-летний период (рис. 3, кривые 2 и 4). В летние месяцы средняя температура держалась около 30°C. Засушливый период, несмотря на выпадающие осадки, начался в мае и закончился в ноябре. В сентябре выпавшие осадки смягчили засушливость.

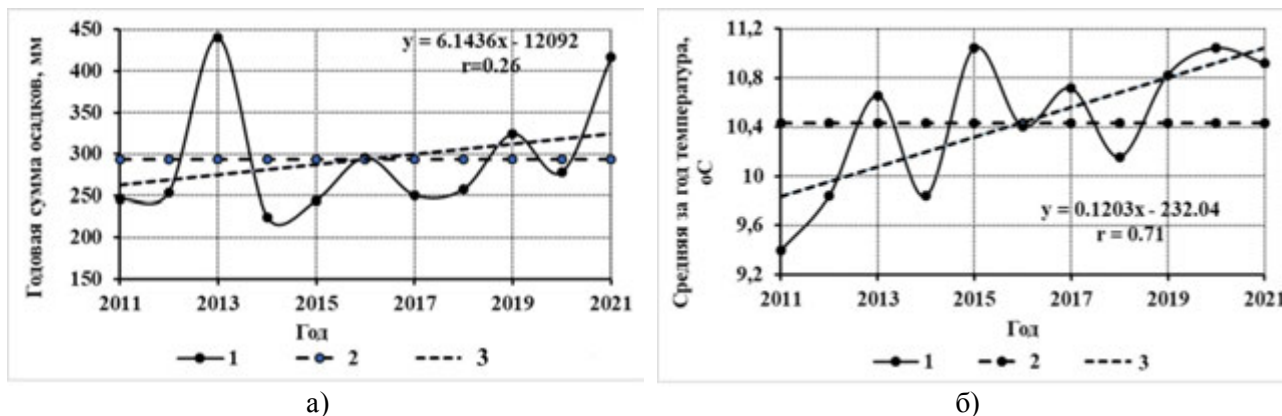


Рис. 2. Годовая сумма осадков (а) и среднегодовая температура воздуха (б) за период 2011-2021 гг. по данным метеостанции Малые Дербеты. Условные обозначения: а) 1 – годовая сумма осадков, мм, 2 – значение средней за период годовой суммы осадков, мм., 3 – линейный тренд, б) 1 – средняя за год температура воздуха, °С, 2 – значение средней за период годовой температуры, °С, 3 – линейный тренд.

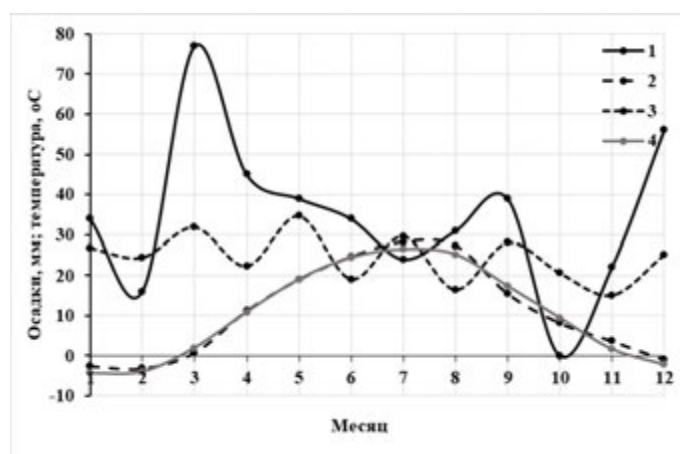


Рис. 3. Месячные суммарные осадки (1) и средняя температура воздуха (2) в 2021 г. на фоне среднемноголетних (2011-2021 гг.) месячных осадков (3) и температуры (4) по данным метеостанции Малые Дербеты.

Анализ данных многолетних рядов наблюдений температуры и осадков на метеостанциях Республики Калмыкия (Яшкуль), и рассчитанные Н.А. Шумовой (2019, 2021) на их основе индексы аридности за каждый год, оценивают гидротермические условия территории как нестабильные, изменяющиеся в диапазоне от степи до пустыни.

Рассмотрение значений температуры и осадков в 2021 г. позволяет нам сделать вывод, что этот год на фоне предыдущих лет был более благоприятным для вегетации растений и почвообразовательных процессов.

Изменение засоления почв. В мае 2021 г., в первый период наблюдений, анализы отобранных образцов почв во всех точках наблюдений, включая и целинные участки, позволили охарактеризовать их как незасоленные (табл. 3-5) до глубины 30-40 см, за исключением точки 37, где два верхних горизонта до глубины 40 см оказались слабозасоленными (табл. 3), а глубже и до 100 см весь профиль был незасоленным. На большинстве мелиорированных участков незасоленными оказались не только верхние горизонты, но и вся почвенная толща на глубину до 70-80 см, а горизонт 70 (80)-100 см был слабо засолен. На целинных участках (31, 31 а, б, 43) и на опытном участке в точках 35 и 36, расположенных вдоль его северной границы, с глубины 40 см содержание солей возрастало (табл. 3, 4) до среднего и сильного (табл. 1). Изменение содержания водорастворимых солей в генетических горизонтах почв в течение вегетационного периода далее будет рассмотрено отдельно для бывшей пашни, лесомелиорированных участков и целинных.

Изменение содержания водорастворимых солей в почвах лесомелиорированных участков (табл. 3). Весной почвы в точках 39 и 41 были практически лишены солей на всю глубину обследования – до 100 см. В точке 37 слабо засоленным оказались только два верхних горизонта до глубины 40 см. Самым засоленным оказался почвенный профиль в точке 35, где с глубины 30 см и до 60 см засоление было средним, а ниже и до 100 см – сильным. В течение летнего периода происходили разнонаправленные процессы рассоления-засоления. В итоге к сентябрю все ранее засоленные горизонты освободились от солей и все почвы оказались незасоленными от поверхности на глубину до 60-70 см и только нижние горизонты, на глубине 60-100 см, оказались слабо засоленными. Во всех точках (кроме 35) это произошло по причине накопления солей, а в точке 35 – из-за рассоления сильно засоленного горизонта весной.

Полученные наблюдения в разные сроки показывают, что в течение всего вегетационного периода изменения были преимущественно слабыми (не более сотых долей процента, 0-0.05%), и только в средне и сильно засоленных горизонтах точки 35 снижение засоления за весь период оценивается как сильно заметное и очень сильно заметное – от 1.42 до 0.51% (табл. 1).

Таблица 3. Сумма солей (%) в почвенных горизонтах на лесомелиорированных участках в три срока (май, июнь, сентябрь) и оценка изменения от одного срока измерения к другому и за весь вегетационный период.

Точка	Горизонт, см	Май, %	Разница июнь-май, %	Оценка изменения (июнь-май)*	Июнь, %	Разница сентябрь-июнь, %	Оценка изменения (сентябрь-июнь)*	Сентябрь, %	Разница сентябрь-май, %	Оценка изменения (сентябрь-май)**
35	0-30	0.08	0.00	0	0.08	-0.02	- 1	0.06	-0.02	- 1
	30-45	0.57	-0.36	- 3	0.21	-0.15	- 3	0.06	-0.51	- 4
	45-60	1.56	-0.89	- 4	0.67	-0.52	- 4	0.14	-1.42	- 5
	60-100	1.37	0.02	+1	1.39	-0.91	- 4	0.48	-0.89	- 4
37	0-10	0.30	-0.17	- 3	0.12	-0.03	- 1	0.10	-0.20	- 3
	15-40	0.30	-0.21	- 3	0.09	-0.04	- 1	0.05	-0.25	- 3
	40-50	0.11	-0.03	- 1	0.08	-0.02	- 1	0.06	-0.05	- 1
	50-70	0.14	-0.05	- 1	0.09	0.04	+ 1	0.13	-0.01	- 1
	70-100	0.17	0.01	+ 1	0.18	0.00	+ 1	0.18	0.01	+ 1
39	0-20	0.08	0.10	+ 2	0.18	-0.11	- 3	0.07	-0.01	- 1
	20-37	0.08	0.00	0	0.07	0.02	+ 1	0.10	0.02	+ 1
	40-65	0.22	-0.07	- 2	0.15	-0.02	- 1	0.13	-0.09	- 2
	65-100	0.22	0.13	+ 3	0.34	-0.01	- 1	0.33	0.12	+ 3
41	0-10	0.06	0.12	+ 3	0.18	-0.06	- 2	0.12	0.06	+ 2
	15-30	0.07	0.01	+ 1	0.08	0.02	+ 1	0.10	0.03	+ 1
	35-55	0.08	-0.02	- 1	0.06	0.03	+ 1	0.09	0.01	+ 1
	55-70	0.14	-0.06	- 2	0.08	0.10	+ 3	0.18	0.04	+ 1
	70-100	0.22	-0.16	- 3	0.06	0.20	+ 3	0.26	0.04	+ 1

Примечание к таблицам 3-5: * – символ и знак изменения содержания солей в почвенном горизонте от одного срока измерения к другому в соответствии с таблицей 2, ** – символ и знак изменения содержания солей в почвенном горизонте за весь вегетационный период в соответствии с таблицей 2.

Изменение содержания водорастворимых солей в почвах на участках, используемых под кормовые культуры на поливе (табл. 4). Весной почвы были промыты от солей на глубину пахотного и подпахотного горизонтов (до 40-60 см). Ниже почвенный профиль всех почв был слабо-, средне- и сильнозасоленным. Самая высокая концентрация солей (сильное засоление) – 1.33% была отмечена в

точке 42 в нижнем горизонте (70-100 см).

Таблица 4. Расчет изменения суммы солей (%) в почвенных горизонтах на участках, использованных под пашню с орошением в три срока вегетационного периода и за весь период.

Точка	Горизонт, см	Май, %	Разница июнь-май, %	Оценка изменения (июнь-май)*	Июнь, %	Разница сентябрь-июнь, %	Оценка изменения (сентябрь-июнь)*	Сентябрь, %	Разница сентябрь-май, %	Оценка изменения (сентябрь-май)**
36	0-20	0.07	0.00	0	0.06	0.00	0	0.07	0.00	0
	20-40	0.16	-0.09	-2	0.07	0.00	0	0.07	-0.08	-2
	40-60	0.71	-0.57	-4	0.14	0.09	+2	0.24	-0.48	-3
	65-80	0.81	-0.10	-4	0.71	0.14	+3	0.85	0.03	+1
	80-100	0.58	-0.19	-3	0.39	0.55	+4	0.94	0.36	+3
38	0-20	0.08	0.02	+1	0.09	-0.03	-1	0.07	-0.01	-1
	30-40	0.11	0.02	+1	0.14	-0.08	-2	0.06	-0.06	-2
	40-65	0.10	0.26	+1	0.35	-0.27	-3	0.08	-0.02	-1
	65-80	0.26	0.51	+4	0.77	-0.66	-4	0.11	-0.15	-3
	80-100	0.23	0.45	+3	0.68	-0.45	-3	0.22	-0.01	-1
40	0-30	0.09	0.03	+1	0.11	-0.05	-3	0.06	-0.03	-1
	30-45	0.08	0.00	+1	0.08	0.02	+1	0.11	0.02	+1
	45-60	0.17	-0.04	-1	0.13	0.03	+1	0.16	-0.01	-1
	70-100	0.49	-0.01	-1	0.48	-0.19	-3	0.29	-0.20	-3
42	0-25	0.08	0.03	+1	0.11	-0.02	-1	0.09	0.01	+1
	25-40	0.08	0.01	+1	0.08	-0.04	-1	0.04	-0.03	-1
	40-60	0.09	0.03	+1	0.12	-0.06	-2	0.07	-0.03	-1
	70-100	1.33	-0.08	-2	1.25	-1.09	-5	0.16	-1.17	-5

Анализ развития процессов засоления-рассоления почвенного профиля почв в разных точках на бывшей пашне в течение вегетационного периода показал, что одни и те же горизонты почвенного профиля в ранне- и позднелетний периоды имели разнонаправленную тенденцию; весной преобладали очень слабые количественные значения этих изменений – от 0 до 0.05%. В отдельных случаях отмечено заметное и сильно заметное изменение (от 0.05 до 1%). Позднелетние изменения с конца июня по начало сентября были выше в количественном отношении: преобладали очень слабое и заметное изменение, соответствующее 0.0-0.05% и 0.1-0.5% засоления соответственно. Очень слабое изменение было присуще верхним горизонтам почв, а среднее – нижним. Наибольшие изменения в течение вегетационного периода претерпевали более засоленные нижние горизонты почвенного профиля от 70 до 100 см. В них происходили количественные изменения, как не изменявшие категории засоления, так и приводившие к переходу в соседнюю категорию. В итоге анализ изменений, которые произошли в почвах с начала мая по начало сентября, к последнему сроку наблюдения, показал, что преимущественно произошли очень слабые изменения (61% случаев), среди прочих имели место заметные (22 % случаев) и слабые 11%. Очень сильно заметное изменение произошло только в 1 случае (6%). Анализ солевого профиля почв в сентябре показал, что в итоге процессов засоления-рассоления, имевших место в течение вегетационного периода 2011 г. преимущественно в сравнении со значениями в мае, произошло снижение засоления почвенного профиля всех почв. В сентябре по засолению горизонты почвенных профилей относились преимущественно к категории незасоленных почв. Лишь два нижних горизонта в точке 36 (65-80 см и 80-100 см) остались в категории средnezасоленные (0.5-1%), но содержание солей возросло в сравнении с маем очень слабо и заметно (на 0.02% и 0.36%) соответственно. В точке 40 нижний горизонт 80-100 см весь вегетационный период оставался неизменно в категории слабо засоленный,

но содержание солей заметно снизилось (на 0.20%) и он приблизился к категории *незасоленный*.

В итоге к сентябрю в точках 38 и 42 ранее засоленные нижние горизонты оказались промытыми от солей и весь профиль стал незасоленным, в точке 40 слабое засоление нижнего горизонта снизилось вдвое. В точке 36 средnezасоленный горизонт 40-60 см к концу сезона оказался лишенным солей, но в нижележащих горизонтах до глубины 100 см засоление незначительно увеличилось, но они так и остались в категории среднего засоления.

Изменение содержания водорастворимых солей в почвах на целинных участках (табл. 5). Весной, в мае, профиль целинных почв отличался от мелиорированных большей концентрацией солей уже с глубины 20-40 см. Верхние горизонты были не засолены, а нижние имели преимущественно среднее и сильное засоление. Максимальное значение за время всех наблюдений – 1.72% (сильное засоление) было отмечено в мае в точке 31а в горизонте 70-100 см.

Таблица 5. Расчет изменения суммы солей (%) в почвенных горизонтах на целинных участках в три срока вегетационного периода и за весь период.

Точка	Горизонт, см	Май, %	Разница июнь-май, %	Оценка изменения (июнь-май)*	Июнь, %	Разница сентябрь-июнь, %	Оценка изменения (сентябрь-июнь)*	Сентябрь, %	Разница сентябрь-май, %	Оценка изменения (сентябрь-май)**
31	0-15	0.10	-0.04	- 1	0.06	-0.01	- 1	0.05	-0.05	- 1
	15-30	0.19	-0.06	- 2	0.13	0.00	+ 1	0.13	-0.06	- 2
	30-45	0.51	0.10	+ 3	0.60	-0.12	- 3	0.49	-0.02	- 1
	50-70	1.15	-0.25	- 3	0.89	-0.05	- 1	0.84	-0.30	- 3
	70-100	0.96	-0.10	- 3	0.86	0.02	+ 1	0.88	-0.08	- 2
31а	0-7	0.12	0.19	+ 3	0.31	-0.27	- 3	0.04	-0.08	- 2
	10-20	0.14	0.01	+ 1	0.15	-0.11	- 3	0.04	-0.09	- 2
	20-30	0.17	-0.09	- 2	0.08	0.10	+ 3	0.18	0.00	+ 1
	35-50	0.34	-0.23	- 3	0.10	0.38	+ 3	0.48	0.14	+ 3
	55-70	0.98	-0.41	- 3	0.57	0.20	+ 3	0.77	-0.21	- 3
	70-100	1.72	-1.01	- 5	0.71	0.15	+ 3	0.86	-0.86	- 4
31б	0-10	0.06	0.10	+3	0.16	-0.09	- 2	0.07	0.01	+ 1
	15-30	0.11	-0.04	- 1	0.07	-0.07	- 2	0.01	-0.10	- 3
	30-40	0.12	-0.05	- 1	0.07	-0.01	1	0.06	-0.06	2
	40-60	0.34	-0.20	- 2	0.14	-0.06	2	0.08	-0.26	1
	70-100	0.53	-0.04	- 1	0.49	-0.24	3	0.25	-0.28	1
43	0-20	0.14	0.00	+ 1	0.14	-0.11	3	0.04	-0.11	1
	20-32	0.26	-0.06	- 2	0.20	0.00	1	0.20	-0.06	2
	32-40	0.46	-0.10	- 3	0.36	0.17	3	0.53	0.07	2
	40-65	1.32	-0.69	- 4	0.63	0.19	3	0.82	-0.50	3
	70-100	1.10	-0.51	- 4	0.60	0.12	3	0.72	-0.38	3
44	0-10	0.11	0.03	+ 1	0.14	-0.09	2	0.05	-0.06	2
	10-20	0.13	0.00	+ 1	0.12	-0.08	2	0.05	-0.08	2
	20-30	0.15	-0.01	- 1	0.14	-0.06	2	0.08	-0.07	2
	30-50	0.12	0.03	+ 1	0.15	-0.04	1	0.11	-0.01	1
	50-70	0.16	0.14	+ 3	0.30	-0.13	3	0.17	0.01	1
	70-110	0.68	-0.20	+ 3	0.48	-0.28	3	0.20	-0.48	3

В течение вегетационного периода преобладало слабое (0.05-0.1%) и заметное (0.1-0.5%) снижение засоления горизонтов. В точках 31, 31а и 43 от июня к сентябрю отмечалось очень заметное (0.1-0.5%; табл. 2), накопление солей в нижних горизонтах. В итоге к концу вегетационного периода профили почв в точках 31б и 44 оказались незасоленными на глубину до 100 см, а в профиле

остальных почв произошло снижение засоления на 0.1-0.5%, что оценено как «заметное». Наиболее заметное изменение произошло в наиболее сильно засоленных горизонтах в точках 31, 31а и 43, где сильное засоление сменилось средним. Однако в трех горизонтах произошло увеличение солей на десятые и сотые процента, но категории засоления они не поменяли.

Для более наглядного анализа и оценки изменений засоления горизонтов почвенного профиля в течение вегетационного периода 2021 г. была составлена таблица 6, из которой видно, с каким знаком и в интервале каких значений происходило изменение содержания солей в каждом из 63 горизонтов. Как видим из таблицы 6, изменение не затронуло в период май-июнь 6 горизонтов, с июня по сентябрь – только 5, а в течение вегетационного периода – только 2. Изменения со знаком минус (рассоление) по числу превышают число изменений со знаком плюс (засоление), что демонстрирует общую тенденцию произошедших изменений за вегетационный период. С наибольшей частотой происходили изменения в интервале 0.01-0.5% и крайне редко – в интервале 0.5-1.5%.

Таблица 6. Соотношение числа изменений засоления почвенных горизонтов на всех обследованных участках в вегетационный период 2021 г.

Период	Количество горизонтов без изменений в засолении	Направление изменений	Изменения в интервале значений, %					Всего изменений
			0.01-0.05	0.051-0.10	0.11-0.50	0.51-1.0	1.10-1.50	
Май-июнь	6	плюс	12	2	7	1	0	22
		минус	9	10	11	4	1	35
Всего с мая по июнь			21	12	18	5	1	57
Июнь-	5	плюс	7	2	9	1	0	19
сентябрь		минус	12	11	12	3	1	39
Всего с июня по сентябрь			19	13	21	4	3	58
Май-	2	плюс	11	2	3	0	0	16
сентябрь		минус	14	12	13	4	2	45
Всего с мая по сентябрь			25	14	16	4	2	61

Значимый коэффициент корреляции величины изменения засоления по горизонтам и иона хлора составляет 0.87 от мая к июню, 0.89 от июня к сентябрю и 0.96 за весь вегетационный период. Это подтверждает, что изменения происходят за счет изменения ионов хлора.

Растительность. На рассматриваемой территории в настоящее время сформировались растительные сообщества, в которых с обилием *sp2* в течение всего вегетационного периода доминируют мятлик луковичный (*Poa bulbosa*) и полынь Лерха (*Artemisia lerchiana*). Повсеместно присутствует, но заметное участие принимает в точках 37, 39, 31а и 31б ромашник (*Tanacetum achilleifolium*). В ряде участков распространены черная полынь (*Artemisia pauciflora*), кохия (*Kochia prostrata*), солнечник (*Galatella villosa*). Эти виды, наряду с *Leymus ramosus*, *Artemisia santonica*, *Salsola tamariscina* и *Eremopyrum triticeum*, И.А. Горяев (2020), исследовавший галофитную растительность в пределах Республики Калмыкия, относит к *эугалофитам* – растениям, выносящим засоление почв не выше 1% (0.2-1%). В мае в число субдоминантов выходит *Leymus ramosus*, в июне – *Anisantha tectorum* (гликогалофит), осенью – *Atriplex tatarica*.

Общее проективное покрытие (ОПП) сообществ в течение вегетационного периода изменяется от 35% до 75%. В среднем, от мая к июню идет увеличение показателя от 43% до 52% и снижение к сентябрю до 47%. Это точки 37, 44 и 31 б. Однако, для большей части сообществ (точки 35, 40-43 и 31а) характерно минимальное значение ОПП в мае и стабильное значение в июне и сентябре. На всех рассматриваемых участках, включая и целинные, в среднем 10-17% площади не задернованы и представлены голыми участками земли.

На всех наблюдаемых участках, включая целинные, за три периода наблюдений (май, июнь, сентябрь) в 2021 г. на геоботанических площадках было встречено 105 видов. Из них в мае встречены 63 вида, в июне – 73, в августе 67 видов. Наиболее широко распространены 29 видов. Стабильно высокое обилие (3 балла – *sp2*) на протяжении всего вегетационного периода имеют лишь два вида –

Poa bulbosa и *Artemisia lerchiana*. Обилие sp во все периоды наблюдений имеют виды: *Leymus ramosus*, *Stipa lessingiana*, *Tanacetum achilleifolium*. Большая часть видов имеет низкое обилие (менее sp) во все периоды наблюдений.

В мае число видов на площадках колеблется от 20 до 33. Мало распространены 29 видов. Они встретились на 1-3 площадках. Еще 18 видов встречены в 30-50% описаний. Наиболее широко распространены 6 видов. Их присутствие отмечено в описаниях на всех точках: *Artemisia lerchiana*, *Holosteum umbellatum*, *Leymus ramosus*, *Poa bulbosa*, *Ranunculus oxyspermus*, *Tanacetum achilleifolium*.

В июне на 13 повторно обследованных ключевых площадках было встречено 73 вида. Число видов на площадке изменяется от 14 до 29. Повсеместное распространение получили 5 видов: *Artemisia lerchiana*, *Poa bulbosa*, *Tanacetum achilleifolium*, *Atriplex tatarica*, *Sedobassia sedoides*. Широко распространенными видами оказались многолетние виды: *Stipa sareptana*, *Leymus ramosus*, *Artemisia austriaca*, и однолетники *Eremopyrum orientale*, *Descurainia sophia*, *Camelina sylvestris*. Узкое распространение имеет большинство видов (52 из 78) – те виды, которые встретились не больше, чем на 3 площадках.

В сентябре было встречено 67 видов растений. Число видов на площадке изменяется от 16 до 27. В сентябре распределение частоты встречаемости видов отличается от других периодов незначительно. 42 вида из списка оказались редкими – встретились в 1-3 описаниях. 7 видов обнаружены во всех описаниях: *Poa bulbosa*, *Atriplex tatarica*, *Artemisia austriaca*, *Artemisia lerchiana*, *Sedobassia sedoides*, *Tanacetum achilleifolium*, *Stipa sareptana*. Широкое распространение получили еще несколько видов: *Agropyron desertorum*, *Artemisia santonica*, *Ceratocarpus arenarius*, *Kochia prostrata*, *Eremopyrum orientale*, *Leymus ramosus*.

Отсутствие многолетних видов на геоботанических площадках, заложенных в разных местах обследованных участков в течение вегетационного периода, свидетельствует об их неравномерном распределении по территории этих участков. В то же время, постоянное присутствие доминирующих видов полукустарничка *Artemisia lerchiana* и злаков *Poa bulbosa* и *Stipa sareptana* во всех описаниях, позволяет отнести их к сформировавшимся сообществам, характерным для каштановых незасоленных и слабозасоленных почв. Доминирование *Poa bulbosa* можно объяснить высокой пастбищной нагрузкой и считать сообщества рассмотренных участков пастбищным вариантом зональной растительности.

Динамика надземной фитомассы (рис. 4). В весенний период, в начале мая, фитомасса надземной части растений на всех учетных площадках была достаточно высокой – 4-6 ц/га, и близкой по значению на всех точках наблюдения, но самой низкой за все сроки наблюдения в вегетационный период 2021 г. При этом на целинных участках фитомасса оказалась равной или даже несколько выше, чем на участках, прошедших мелиорацию.

В середине летнего периода, к концу июня, фитомасса возросла в 2-3 раза в большинстве фитоценозов, за исключением укосных площадок в точках 39 и 42 и участков 43, 44 на целине. На некоторых участках (35, 37, 39 и 44, 31б) в июне фитомасса достигла максимального значения и к осени не увеличилась. Значения в точках летом сильно варьировали при среднем значении 11.2 ц/га. К осени значительный прирост фитомассы, примерно в 2 раза в сравнении с июнем, зафиксирован на четырех точках наблюдения (31, 38, 41, 43). При этом в точках 38 и 41 он достиг максимальных значений (около 25 ц/га) за весь вегетационный период.

Анализ структуры фитомассы (рис. 5) по кормовым группам (злаки, полыни, разнотравье) показывает, что во все периоды сезона вегетации (май, июнь, сентябрь) на большинстве исследуемых участков преобладают полыни.

В мае злаки (рис. 5а) играют значительную роль в формировании фитомассы во всех описанных сообществах. Их доля преобладает над полынями на всех целинных участках (43, 44, 31, 31а, 31б) и в пяти точках наблюдения на опытном участке (35, 36, 37) преимущественно за счет *Poa bulbosa*, а также *Stipa lessingiana*, *Anisantha tectorum*, *Leymus ramosus*.

В середине вегетационного периода, в конце июня, разнотравье почти отсутствует на большинстве участков или имеет низкую фитомассу. Лишь на 4-х площадках (точки 37, 38, 39, 31б) роль разнотравья заметна преимущественно за счет *Tanacetum achilleifolium*. Основную часть фитомассы формируют полыни. На целинном участке (44) доли злаков, полыней и разнотравья в фитомассе равноценны.

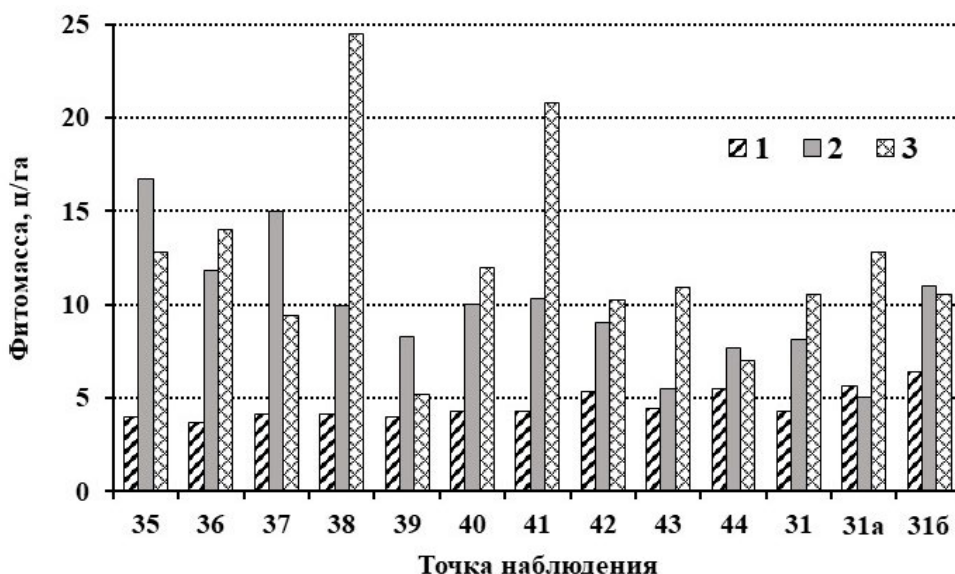


Рис. 4. Фитомасса в точках наблюдений в разные сроки вегетационного периода 2021 г. Условные обозначения: 1 – май, 2 – июнь, 3 – сентябрь.

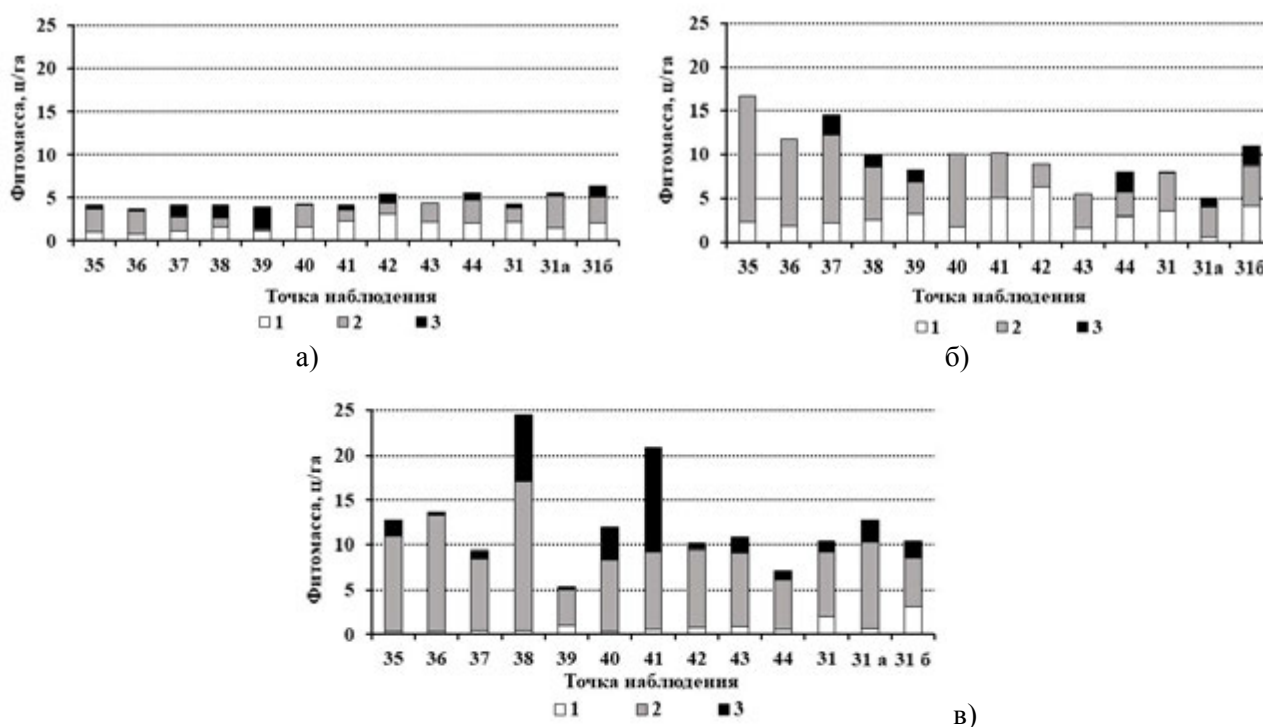


Рис. 5. Структура наземной фитомассы в точках наблюдений в мае (а), июне (б), сентябре (в) 2021 г. Условные обозначения: 1 – злаки, 2 – полыни, 3 – разнотравье.

В конце вегетации участие злаков в формировании фитомассы снижается и на большинстве участков составляет не больше 2-8% от общей суммы. Несколько больше их участие, но по-прежнему невелико (16% и 18% соответственно), в точках 31 и 31б за счет группы видов и, в особенности, – *Stipa sareptana*. Высокие значения фитомассы на всех участках формируются преимущественно за счет полыней (*Artemisia lerchiana*, *A. santhonica*, *A. taurica*). Осенние осадки дают увеличение

фитомассы за счет развития озимых злаков и сорнотравья. На участке 31б доля злаков значительна (30%) за счет доминирования *Anisantha tectorum*. В сорнотравье доминирует *Atriplex tatarica*.

Основное антропогенное воздействие на растительность – выпас крупного и мелкого рогатого скота, лошадей снижает показатели урожайности сообществ. На большинстве участков оно заметно увеличивается от весны к лету и снижается к осени.

Выводы

Гидротермические условия 2021 г. характеризуются повышенной суммой годовых осадков (417 мм), превышающей среднемноголетнее значение за период 2011-2021 гг. в 1.4 раза и среднегодовой температурой (10.9°C), близкой к среднемноголетнему значению (10.5°C). Вегетационный период можно оценить как засушливый, поскольку наблюдалось двукратное увеличенное значение средней температуры за каждый месяц. Гидротермические условия можно оценить как благоприятные для снижения засоления и произрастания растений.

Сопоставление данных, характеризующих солевой профиль почв в вегетационный период показало, что содержания водорастворимых солей (в % на 100 г. почвы) в горизонтах с сентября по май изменялось от -1.42 до +0.36. В течение вегетационного периода в одних и тех же горизонтах почв отмечались как однонаправленные изменения (только увеличение или только возрастание) содержания солей, так и разнонаправленные. В мае верхние горизонты всех почв, включая и целинные, до глубины 30 см были незасоленными они остались в этой же категории по засолению к сентябрю. В профиле целинных почв засоление начиналось с глубины 30-40 см и усиливалось книзу, достигая в горизонте 70-100 см значений сильного засоления (1.1-2%). К концу вегетационного периода в этих горизонтах произошло снижение содержания солей до среднего (0.5-1%). В почвах, испытывавших ранее лесомелиорацию, слабо засоленные в мае нижние горизонты (80-100 см) к осени рассолились. В почвах под бывшей пашней, наоборот, прежде незасоленные нижние горизонты перешли в категорию слабо засоленных. Коэффициент корреляции r величины изменения суммы солей в почвенных горизонтах с содержанием иона хлора за отдельные периоды (май-июнь и сентябрь-июнь) очень высокий и составляет 0.87, 0.89, а за период с мая по сентябрь 0.96, что при большой выборке ($n=63$) и максимальной значимости ($\alpha=0.001$) свидетельствует о высокой достоверности этой зависимости и подтверждает, что изменения связаны с колебаниями содержания иона хлора.

Растительный покров относительно разреженный, общее проективное покрытие колеблется от 35% до 73%. Средние значения от мая к июню изменяются от 43% до 52% и к сентябрю снижаются до 47%. В течение всего года в сообществах доминируют мятлик луковичный (*Poa bulbosa*) и полынь Лерха (*Artemisia lerchiana*). На всех участках присутствует, и на ряде участков, в том числе и на целине, выступает содоминантом ромашник (*Tanacetum achelliefolium*). В мае аспектирует волоснец (*Leymus ramosus*), в июне и в сентябре – однолетники *Anisantha tectorum* и *Atriplex tatarica* соответственно.

Надземная фитомасса большинства растительных сообществ нарастает с весны до осени с 4-5 ц/га до 10-25 ц/га. На отдельных участках, преимущественно ранее лесомелиорированных и некоторых целинных максимальные значения были достигнуты в конце июня и к осени снизились за счет существенного снижения фитомассы многолетних злаков. В то же время на некоторых участках осенняя вегетация озимых злаков и сорнотравья дает существенный прирост надземной фитомассы.

Растительные сообщества по видовому составу и доминированию в течение всего вегетационного периода *Artemisia lerchiana* и *Poa bulbosa* следует отнести к пастбищному варианту зональных полукустарничково-тырсиковых (*Stipa sareptana*) растительных сообществ, характерных для опустыненной степи на каштановых незасоленных и слабозасоленных почвах.

Основной вывод – идет рассоление почв на фоне гумидного потепления климата!

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0002 Государственного задания ИВП РАН «Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баламирзоев М.А.* 2014. Основные направления в развитии эколого-генетического почвоведения в работах профессора З.Г. Залибекова // Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия. Труды Института геологии Дагестанского Научного Центра РАН. № 63. С. 14-18.
- Власов С.И., Зайцев Н.М.* 1950. Защитные лесонасаждения в орошаемых условиях Прикаспийской низменности // Полезащитное лесоразведение на Ергенях и Прикаспийской низменности. Труды института леса. Т. XLII. М.: Изд-во АН СССР. С. 99-131.
- Волкова Н.А., Назаренко О.Г.* 2005. Растительность природно-территориальных комплексов современного гидроморфизма на юго-восточных отрогах Донецкого кряжа. М.: РАСХН. 2001 с.
- Горохова И.Н., Панкова Е.И., Харланов В.А.* 2019. Изменения мелиоративного состояния орошаемых почв Волгоградской области в XXI веке // Почвоведение. № 5. С. 595-612.
- Горяев И.А.* 2020. Галофитная растительность Прикаспийской низменности (в пределах Республики Калмыкия). Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Спб.: Ботанический институт РАН. 20 с.
- Елизаров Н.В., Попов В.В., Семендяева Н.В.* 2020. Современный гидроморфизм солонцов лесостепной зоны Западной Сибири // Почвоведение. № 12. С. 1451-1459.
- Зайцев Н.М.* 1955. Почвы четвертого опытного орошаемого участка // Почвенный и растительный покров Аршань-Зельменского стационара // Труды института леса. Т. XXVIII. М.: Изд-во АН СССР. С. 177-197.
- Красная книга Республики Калмыкия. 2014. Т. 2. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения. Растения и грибы. Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар». 199 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008. М.: Товарищество научных изданий КМК. 855 с.
- Кузьмина Ж.В.* 2007. Анализ многолетних метеорологических трендов на юге России и Украины (от лесостепи до пустынь) // Аридные экосистемы. Т. 13. № 32. С. 47-61.
- Новикова Н.М., Конюшкова М.В., Уланова С.С.* 2018. Восстановление растительности на мелиорированных солонцовых почвах Приергенинской равнины (Республика Калмыкия) // Аридные экосистемы. Т. 24. № 3 (76). С. 67-89. [*Novikova N.M., Konyushkova M.V., Ulanova S.S.* 2018. Vegetation Restoration on Reclaimed Soils on the Peri-Yergenian Plain (Republic of Kalmykia) // Arid Ecosystems. Vol. 8. No. 3. Pp. 213-224.]
- Новикова Н.М., Назаренко О.Г.* 2007. Современный гидроморфизм: процессы, формы, проявления, признаки // Аридные экосистемы. Т. 13. № 33-34. С. 70-82.
- Новикова Н.М., Новикова А.Ф., Конюшкова М.В.* 2012. Антропогенная трансформация почв и растительности в результате лесоразведения в опустыненных степях // Поволжский экологический журнал. № 2. С. 216-230.
- Пак К.П.* 1958. Мелиорация солонцов Прикаспийской низменности в условиях орошения и культуры многолетних трав // Вопросы мелиорации солонцов. М.: Изд-во АН СССР. С. 43-70.
- Панкова Е.И., Горохова И.Н., Конюшкова М.В., Любимова И.Н., Базыкина Г.С.* 2019. Современные тренды развития почв солонцовых комплексов на юге степной и в полупустынной зонах в природных условиях и при антропогенных воздействиях // Экосистемы: экология и динамика. Т. 3. № 2. С. 44-88.
- Работнов Т.А.* 1983. Фитоценология. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ. 296 с.
- Сафронова И.Н., Юрковская Т.К.* 2015. Зональные закономерности растительного покрова равнин европейской России и их отображение на карте // Ботанический журнал. Т. 100. № 11. С. 1121-1141.
- Серебряков И.Г.* 1962. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа. 377 с.
- Флора Нижнего Поволжья. 2006. Т. 1. М.: Товарищество научных изданий КМК. 231 с.
- Флора Нижнего Поволжья. 2018. Т. 2. Ч. 1, 2. М.: Товарищество научных изданий КМК. 1083 с.
- Черепанов С.К.* 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Л.: Наука. 990 с.
- Шумова Н.А.* 2021. Количественные показатели климата в приложении к оценке гидротермических условий в Республике Калмыкия // Аридные экосистемы. Т. 27. № 4 (89). С. 13-24. [*Shumova N.A.* 2021. Quantitative Climate Indicators Applied to the Assessment of Hydrothermal Conditions in the Republic of Kalmykia // Arid Ecosystems. Vol. 11. No. 4. Pp. 327-336.]
- Шумова Н.А.* 2019. Межгодовая изменчивость гидротермических условий в Республике Калмыкия // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. № 1 (38). С. 28-32.

**ЗИМНЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛОДЫХ БОЛЬШИХ ПОДОРЛИКОВ (*CLANGA CLANGA*),
ПОМЕЧЕННЫХ GPS-GSM ТРЕКЕРАМИ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

© 2022 г. А.В. Шариков*, А.С. Педенко*, Д.А. Зотов*, Е.И. Тоболова**, А.Л. Мищенко***,
В.Н. Мельников****, О.С. Гринченко**

*Московский государственный педагогический университет
Россия, 129164, г. Москва, ул. Кибальчича, д. 6, к. 2. E-mail: avsharikov@ya.ru

**Институт водных проблем РАН
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: olga_grinchenko@mail.ru

***Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33. E-mail: almovs@mail.ru

****Ивановский государственный университет
Россия, 153025, г. Иваново, ул. Ермака, д. 39. E-mail: ivanovobirds@mail.ru

Поступила в редакцию 25.03.2021. После доработки 30.03.2021. Принята к публикации 01.04.2022.

С помощью GPS-GSM трекеров были получены данные по зимнему пребыванию четырех молодых больших подорликов (*Clanga clanga*), помеченных в центре Европейской части России. Окольцованные нами птицы мигрировали на зимовки, расположенные на Ближнем Востоке (Израиль, север Египта, Саудовская Аравия), на юго-востоке Африки (Судан и Южный Судан), а также на юге России (Республика Адыгея и Краснодарский край). Сроки прилёта на места зимовок значительно различались и в среднем приходились на 27 октября (± 22 дня), а отлёт происходил практически одновременно, в среднем 24 марта (± 3 дня). Установлено, что в отличие от птиц западных популяций (польской, прибалтийской и белорусской), наши подорлики отлетают с мест зимовки позже.

По результатам исследований было выявлено неравномерное распределение больших подорликов на территориях зимовок. Большую часть времени птицы придерживались излюбленных мест, приуроченных как к естественным, так и к антропогенным влажным местообитаниям. За весь период зимовки большие подорлики использовали от 2-х до 4-х ключевых участков, между которыми периодически перемещались, лишь изредка вылетая за их пределы.

Ключевые слова: большой подорлик, *Clanga clanga*, зимовки птиц, GPS-GSM телеметрия, Центральная Россия.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-94-100

EDN: NGWZQD

Большой подорлик (*Clanga clanga*) – некрупный орел, относящийся к отряду Соколообразные (Falconiformes) и семейству Ястребиные (Accipitridae). Гнездовой ареал охватывает лесную зону Евразии от Польши до Приамурья и Приморья и от северной тайги до лесостепи (рис. 1). Это редкий, охраняемый, спорадично распространенный вид. Численность резко упала за последние 70 лет в результате осушительной мелиорации, которая повлекла за собой сокращение площадей заболоченных лесов, дератизационных работ, беспокойства и физического уничтожения птиц (Изучение и охрана ..., 2008). В Европейской части России популяция насчитывает от 600 до 800 пар, экология вида изучена плохо (Оценка численности ..., 2017). Вид занесен в Красный список Международного союза охраны природы (IUCN), категория «Уязвимый вид» (BirdLife International, 2017), и в Красную книгу Российской Федерации (BirdLife International, 2017; Приказ Министерства ..., 2020).

Жизнь большого подорлика тесно связана с водно-болотными угодьями, как в период размножения, так и в период зимовки (Väli et al., 2021). Известно, что большие подорлики из разных популяций могут проявлять различия в биотопических предпочтениях, в миграционных путях и в

выборе мест зимовок, что осложняет изучение и охрану этого вида (Ferguson-Lees et al., 2001).

В целом, зимние местообитания большого подорлика известны, но распределение птиц на этих территориях малоизучено, особенно это касается птиц из Центральной России, где до наших настоящих исследований спутникового слежения не проводилось. Аспект жизни больших подорликов на зимовках требует особого внимания, так как именно там существует высокий риск гибели (Väli et al., 2021; Maciorowski et al., 2014). К центральным районам зимнего пребывания птиц относятся Средиземноморский бассейн, Ближний Восток и Индо-Малайский район. Другие районы включают в себя северо-восточный Египет, Судан и прилегающий Южный Судан, северо-центральную Эфиопию, районы Ближнего Востока – север Израиля, Кувейт и центральную Сирию (BirdLife International, 2017; рис. 1).

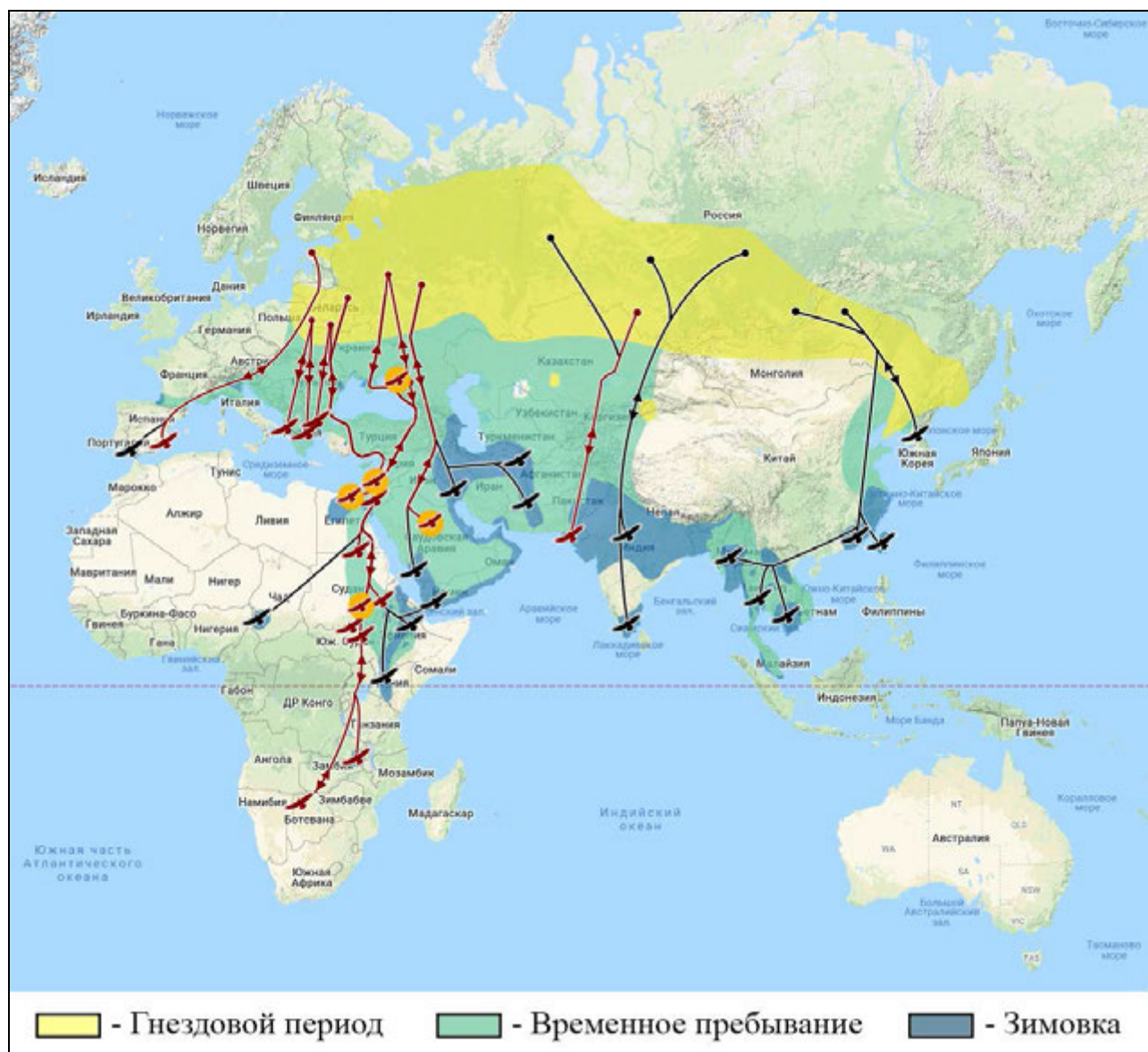


Рис. 1. Ареал большого подорлика (BirdLife International, 2017) и основные пути его миграций. Сплошными линиями со стрелками показаны миграционные пути, подтвержденные на данный момент GPS-GSM телеметрией, а пунктирными – предположительные маршруты, основанные в большей степени на визуальных наблюдениях птиц, темные кружки – зимовки, которые обсуждаются в этой статье.

Спутниковое отслеживание перемещений больших подорликов впервые началось в 1993 г. в Саудовской Аравии и затем активно продолжилось в странах Европы (Домбровский и др., 2018).

Однако основной объем накопленных данных собран в результате слежения за птицами из популяций западной Европы. Их миграционные пути и места зимовок отличаются от таковых в центральной и восточной Европе (Домбровский и др., 2018; Мищенко и др., 2022).

Нашими коллегами и нами ранее были опубликованы работы, в которых частично обсуждались районы зимовок наблюдаемых птиц (Мищенко и др., 2020, 2021, 2022). Настоящее исследование стало продолжением анализа данных, полученных с помощью GPS-GSM трекеров¹.

Целью нашего исследования было проанализировать перемещения больших подорликов в период зимовки и выявить характер использования зимовочных территорий.

Материалы и методы

В 2019 году 4 особи большого подорлика были помечены GPS-GSM-трекерами польской компании «Aquila» на территории Центральной России: Московская обл., Талдомский г.о., заказник «Журавлиная Родина» (клички – Боец и Одуванчик); Владимирская обл., Вязниковский р-н, «Клязьминско-Лухский заказник» (Задира) и Ивановская обл., Южский р-н, федеральный заказник «Клязьминский» (Клязьма). Согласно методике по идентификации видовой принадлежности В.Ч. Домбровского (2009), все молодые птицы были определены как большие подорлики. Признаков малых подорликов (*Clanga pomarina*) или гибридов у родителей наших меченных молодых птиц не было.

Масса трекеров составляла 25 г, они были оснащены солнечными панелями и сим-картами российского оператора сотовой связи «Мегафон». Передатчики прикреплялись на спину оперившихся, готовых к вылету из гнезда птенцов. Использовалось крепление «рюкзачного» типа. Слежение за передвижениями помеченных птиц осуществлялось при помощи портала данных телеметрии «AquilaSystem» (AquilaSystem, 2022). Трекеры работали только в дневное время суток. При достаточном уровне заряда аккумулятора устройство определяло географические координаты местонахождения птицы через каждые 2 ч. В случае низкого заряда или неуспешного определения географических координат, через 2 ч. осуществлялась повторная попытка. После накопления координат из 5 точек данные передавались смс-сообщением. В зоне отсутствия мобильной связи данные сохранялись, и при перемещении птицы в зону покрытия связи все накопленные данные отправлялись в базу.

Данные с трекеров, охватывающие период с 2019 по 2021 год, были экспортированы из портала данных телеметрии AquilaSystem (2022). Для анализа данных, отображения результатов и построения теплокарт использовалась географическая информационная система QGIS (2022). Тепловая карта – это растровая карта, показывающая плотность или величину информации, связанной с точками. В нашем случае, теплокарты показывают плотность распределения точек регистраций подорликов в определенной области на географической карте. Для отображения результатов теплокарт мы использовали цветовую схему «OrRd», где красный цвет соответствует более высоким значениям, а рыжий – более низким. Шаг между градациями равный, выделенные шкалы соответствуют цифровым значениям ≤ 7.6 , $7.61-15.2$ и >15.2 точек в радиусе. Определение характеристик местообитаний, в которых пребывали подорлики, проводилось на основе анализа спутниковых снимков Landsat, находящихся в свободном доступе, и крупномасштабных географических карт, находящихся в открытом доступе.

Результаты и обсуждение

В первый год жизни молодые подорлики мигрировали на зимовки, расположенные на Ближнем Востоке (Израиль, север Египта, Саудовская Аравия), в Судане и Южном Судане (рис. 1, табл.). К сожалению, подорлики Клязьма и Задира погибли, первый, предположительно, от отравления, второй от столкновения с ЛЭП. На следующий год отслеживали перемещения двух птиц. Боец вернулся примерно на тот же участок, тогда как Одуванчик сменил район зимовки. В первую зиму своей жизни этот подорлик провел на севере Египта, тогда как в последующий год он зимовал в России на территории Республики Адыгея и Краснодарского края (табл.).

¹ GPS-GSM трекер – это прибор, который определяет координаты птицы с помощью спутниковых сигналов глобальной системы GPS. Полученные координаты прибор передает по сотовой связи, для чего используется встроенная в него SIM-карта. Трекер имеет массу 25 г и крепится на спину птицы по типу рюкзака.

География зимовок различных особей большого подорлика из центральной части Европейской России весьма обширна, что обуславливает значительные различия в сроках прилета птиц к местам зимовки. Самое раннее прибытие наблюдалось 15 сентября (Краснодарский край), а самое позднее – 20 ноября (Саудовская Аравия), средняя дата прилёта – 27 октября (± 22 дня). Отлеты с мест зимовок происходили практически одновременно у всех особей в период с 22 по 28 марта, в среднем 24 марта (± 3 дня) за исключением Одуванчика, который в 2021 г. задержался на месте зимовки еще практически на месяц. Длительность зимовки составляет от 137 до 212 дней, средняя длительность – 159 ± 30 дней.

В среднем (по медиане) площадь территорий, используемых большими подорликами во время зимовки, составляла 2140 км^2 , их протяженность с запада на восток – 106 км и с севера на юг – 111 км (таб. 1). У большинства наших подорликов территория зимнего пребывания состояла из 1-4 ключевых участков, расположенных в одном регионе (рис. 2). Среди наших птиц выделяется территория Задиры – она не только самая большая (площадь в 16 раз больше средней), но и самая протяженная – более 1500 км (с запада на восток) и 940 км (с севера на юг). Эту территорию можно разделить на две части – западная, расположенная на территории Саудовской Аравии, и восточная, охватывающая побережье Персидского залива преимущественно на территории Ирана. Самая малая территория была у Одуванчика в 2020/21 г. – около 160 км^2 (в 13 раз меньше средней). В состав этой территории входили побережья крупных водохранилищ и обширные сельскохозяйственные угодья, в основном убранные рисовые поля (Мищенко и др., 2021). Территории зимовок других подорликов были значительно крупнее и включали в себя несколько ключевых участков. В состав этих территорий входили дельты рек, прибрежные равнины, низменности, водохранилища и сельскохозяйственные угодья.

Таблица. Основные параметры пребывания молодых подорликов на зимовках.

Особь	Параметры зимовки	Сезон		Районы зимовок
		2019/2020	2020/2021	
Боец	Прилёт, дата	15 октября	12 октября	Израиль
	Отлёт, дата	22 марта	28 марта	
	Зимовка, кол-во дней	159	169	
	Площадь зимовки, км^2	1310	2132	
Одуванчик	Прилёт, дата	8 ноября	21 сентября	Израиль, северный Египет, юг России
	Отлёт, дата	27 марта	21 апреля	
	Зимовка, кол-во дней	140	212	
	Площадь зимовки, км^2	2750	160	
Клязьма	Прилёт, дата	8 ноября	–*	Судан, Южный Судан
	Отлёт, дата	24 марта	–	
	Зимовка, кол-во дней	137	–	
	Площадь зимовки, км^2	2147	–	
Задира	Прилёт, дата	20 ноября	–	Саудовская Аравия, Иран
	Отлёт, дата	–	–	
	Зимовка, кол-во дней	–	–	
	Площадь зимовки, км^2	34399	–	

Примечания к таблице: * – данные отсутствуют по причине гибели птицы.

Большинство наших подорликов редко покидали свои территории на протяжении всего сезона зимовки. В 2019/20 г. Боец и Одуванчик совершали единственный длительный перелет с последующим возвращением, а Задира на протяжении всего периода зимовки широко перемещался практически каждый месяц (рис. 2). Перелеты Задиры приостановились после преодоления северной прибрежной части Месопотамской низменности и достижения им восточного побережья Персидского залива. В 2020/21 гг. из двух оставшихся птиц только Одуванчик совершал перелеты за

территорию зимовки.

Анализ построенных теплокарт показывает неравномерное использование большими подорликами своих территорий на протяжении периода зимовки (рис. 2). Внутри этих территорий можно выделить несколько ключевых участков, где птица проводила наибольшее количество времени. Использование ключевых участков распределено во времени, то есть большие подорлики находились более месяца в одном месте, затем совершали незначительный перелет и оседали на новой точке в пределах своей территории.

Второй год наблюдений за двумя оставшимися птицами показал межгодовые различия в предпочтениях птиц. Одуванчик сменил место зимовки и провел свою вторую зиму на территории России. Боец вернулся в Израиль на ту же территорию – в зону Израильской прибрежной равнины. Изменилась конфигурация используемой им территории – за период зимовки Боец не совершал перелетов за границу своей территории, но сама территория стала больше. Пространственное распределение местоположений Бойца также претерпело некоторые изменения. Птица с высокой точностью вернулась в ранее используемые ключевые участки и освоила новые в пределах увеличившейся территории зимовки.

В первый год жизни четыре наших больших подорлика мигрировали на зимовки, расположенные на Ближнем Востоке и в Северо-Восточной Африке. Подорлики из западных популяций (польской, прибалтийской и белорусской) преимущественно зимует на юге Европы (Домбровский и др., 2018; Мищенко и др., 2022).

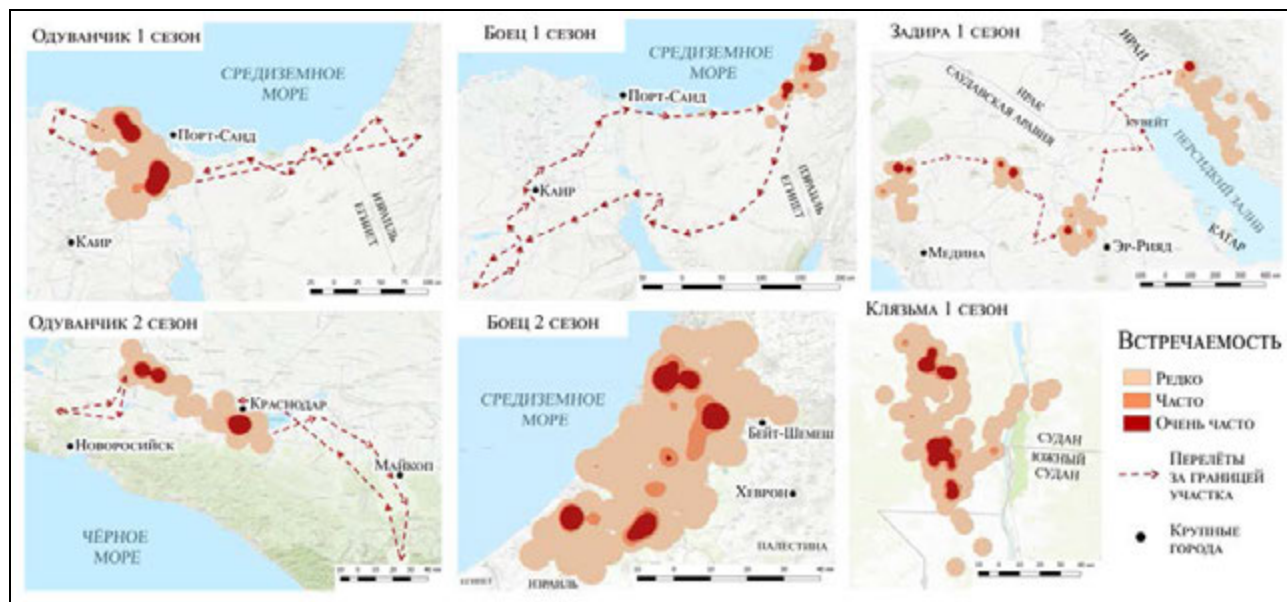


Рис. 2. Теплокарты, показывающие пространственное распределение молодых больших подорликов на протяжении зимовок 2019/20 и 2020/21 гг.

По сравнению с западными популяциями, большие подорлики из центральной части европейской России совершали отлеты с мест зимовок позже. Отлет с мест зимовок у наших птиц происходил в среднем 24 марта, у больших подорликов из прибалтийских популяций – 22 марта, белорусских – 12 марта, польских – 9 марта (Väli et al., 2021).

Результаты, продемонстрированные с помощью теплокарт, показывают неравномерное распределение больших подорликов на территориях зимовок. Большую часть времени птицы проводили на ключевых участках, где они держались в течение длительного времени. За период зимовок таких мест у каждой отдельной особи было от 2-х до 4-х. На протяжении зимовки большие подорлики использовали разные ключевые участки.

Размеры и конфигурация территорий больших подорликов зависят от наличия пригодных местообитаний. Для большого подорлика наибольшую роль играют водно-болотные ландшафты, которые редко встречаются в регионах с аридным климатом (Väli et al., 2021; Maciejowski

et al., 2014). В Южной Европе известные зимние территории больших подорликов очень малы, что связывают с деградацией и уничтожением большинства водно-болотных угодий региона (Váli et al., 2021). Большие подорлики могут использовать антропогенно измененные ландшафты, что продемонстрировали и наши птицы. Например, зимовка Одуванчика на юге России в 2020-21 гг. располагалась между двумя водохранилищами, где птица регулярно посещала территории, представленные системами скошенных рисовых полей (чеков) с сетью крупных каналов (Мищенко и др., 2021). У подорлика по кличке Боец одними из любимых мест были комплексы водоочистных сооружений и берега искусственных водохранилищ. Распределение больших подорликов на зимовках, вероятно, также ограничено распространением влажных биотопов и кормовыми базами, что может объяснить сильную привязанность птиц к ключевым участкам. В случае с Задирой, возможно, сыграла роль бедная кормовая база аридных экосистем, вынуждающая птицу активно перемещаться на протяжении всей зимовки (Мищенко и др., 2020).

Данные, полученные методом GPS-GSM телеметрии, помогли выявить наиболее важные участки территорий зимнего пребывания больших подорликов, расположенных в аридной зоне России и северо-востока Африки и Ближнего Востока. Это может стать не только шагом в изучении зимней экологии большого подорлика, но и инструментом, который поможет в принятии решений по стратегии охраны этого уязвимого вида.

Выводы

1. Установлено, что помеченные GPS-GSM трекерами в Московской и Ивановской областях Центральной России большие подорлики мигрировали на зимовки в Израиль, северный Египет, Судан, Саудовскую Аравию, Иран и на юг России.

2. По сравнению с западными популяциями, большие подорлики из центральной части Европейской России совершали отлеты с мест зимовок позже.

3. В среднем площадь территорий, используемых большими подорликами во время зимовки, составляла 2140 км², их протяженность с запада на восток – 106 км и с севера на юг – 111 км.

4. Установлено, что на территориях зимовки каждого из больших подорликов есть от 2 до 4 ключевых участков, где птица держится в течение длительного времени.

5. В качестве мест зимовки большие подорлики могут использовать искусственно созданные ландшафты: берега искусственных водохранилищ, комплексы водоочистных сооружений, скошенные рисовые поля с сетью крупных каналов и другие сельскохозяйственные угодья.

6. Данные, полученные методом GPS-GSM телеметрии, помогли выявить наиболее важные участки территорий зимнего пребывания больших подорликов, что поможет в принятии решений по территориальной охране мест обитания этого глобально угрожаемого вида.

Благодарности. Авторы благодарны NABU International за поддержку работ РОСИП в Центральной России. Выражаем благодарность М.В. Корепову за обучение методике мечения птиц трекерами и непосредственную помощь в мечении. Мы признательны Кордиану Бартошуку (Kordian Bartoszuk) за техническое и программное обеспечение слежения за птицами и ряд ценных советов, Д.А. Карвовскому М.Н. Иванову, О.А. Зубковой, Е.А. Ахатову, а также студентам и аспирантам МПГУ за активное участие в работе.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ИПЭЭ РАН по теме «Фундаментальные проблемы охраны живой природы и рационального использования биоресурсов» (№0089-2021-0010), а также в рамках темы государственного задания ИВП РАН «Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий» (№ FMWZ-2022-0002).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Домбровский В.Ч. 2009. О видовой идентификации малого, большого подорликов и их гибридов в полевых условиях. Пернатые хищники и их охрана // Raptors Conservation. № 15. С. 97-110.
- Домбровский В.Ч., Вяли Ю., Селлис У., Фенчук В.А. 2018. Миграция и зимовка белорусских больших подорликов в 2017-2018 гг.: первые результаты GPS-GSM слежения // Актуальные проблемы охраны животного мира в Беларуси и сопредельных регионах. Материалы I Международной

- научно-практической конференции. Минск: ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам». С. 143-148.
- Изучение и охрана большого и малого подорликов в Северной Евразии. 2008 // Материалы V международной конференции по хищным птицам Северной Евразии. Иваново, 4-7 февраля 2008 г. Иваново: Ивановский государственный университет. 256 с.
- Мищенко А.Л., Карвовский Д.А., Шариков А.В., Гринченко О.С., Мельников В.Н., Бекмансуров Р.Х., Иванов М.Н., Коренов М.В., Зубкова О.А. 2020. Первые результаты мечения больших подорликов GPS-GSM трекерами в Центральной России и Среднем Поволжье // Хищные птицы в ландшафтах Северной Евразии: Современные вызовы и тренды: Материалы VIII Международной конференции РГХП. Тамбов. С. 416-421.
- Мищенко А.Л., Лохман Ю.В., Суханова О.В. 2021. Зимовка большого подорлика *Aquila clanga* в Республике Адыгея и Краснодарском крае // Русский орнитологический журнал. Т. 30, № 2062. С. 1942-1948.
- Мищенко А.Л., Шариков А.В., Карвовский Д.А., Гринченко О.С., Мельников В.Н., Бекмансуров Р.Х., Теннхардт Т. 2022. Определение миграционных маршрутов и районов летних кочевок больших подорликов (*Clanga clanga*, Accipitriformes, Accipitridae) в первый год их жизни методом GPS-GSM телеметрии // Зоологический журнал. Т. 101. № 1. С. 67-78.
- Оценка численности и ее динамики для птиц европейской части России (результаты проекта «EuropeanRedListofBirds»). 2017 / Ред. А.Л. Мищенко. М.: Русское общество сохранения и изучения птиц. 63 с.
- Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 24.03.2020 № 162 «Об утверждении Перечня объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации» (Зарегистрирован 02.04.2020 № 57940) [Электронный ресурс <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202004020020?index=0&rangeSize=1> (дата обращения 19.02.2022)].
- AquilaSystem. 2022. AquilaSystem: портал данных телеметрии [Электронный ресурс <https://gps.aquila-it.pl/ru/> (дата обращения 28.01.2022)].
- BirdLife International. 2017. *Clanga clanga* (amended version of 2016 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T22696027A110443604 [Электронный ресурс <https://www.iucnredlist.org/species/22696027/110443604> (дата обращения 28.01.2022)].
- Ferguson-Lees J., Christie D.A. 2001. Raptors of the World. London: Christopher Helm. Pp. 992.
- QGIS: Свободная географическая информационная система с открытым кодом. 2022 [Электронный ресурс <https://qgis.org/ru/site> (дата обращения 11.02.2022)].
- Maciorowski G., Lontkowski J., Mizera T. 2014. The Spotted Eagle – Vanishing Bird of the Marshes. Unigraf, Poznan. Pp. 304.
- Väli Ü., Dombrovski V., Maciorowski G., Sellis U., Ashton-Butt A. 2021. Spatial and Temporal Differences in Migration Strategies Among Endangered European Greater Spotted Eagles *Clanga clanga* // Bird Conservation International. Pp. 1-14.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ НА ЮГО-ЗАПАДЕ КОПЕТДАГА

© 2022 г. П.Р. Хыдыров

*Туркменский государственный педагогический институт им. С. Сейди
Туркменистан, г. Туркменабат, ул. Шабенде, д. 7. E-mail: dolychocybe@mail.ru*

Поступила в редакцию 01.01.2022. После доработки 02.03.2022. Принята к публикации 23.03.2022.

Приводятся результаты исследований по биоразнообразию и экологии панцирных клещей, обитающих на юго-западе Копетдага. В почве, подстилке под деревьями и кустарниками, а также в муравейниках и норах грызунов выявлен 41 вид панцирных клещей, в том числе 3 новых для фауны Туркменистана. Показано значение этих клещей в разложении растительных остатков и в почвообразовательных процессах. В горах со второй половины марта до конца ноября панцирные клещи находятся в состоянии активной жизнедеятельности. Установлено, что с середины мая и по октябрь их численность в сероземных почвах достигает пика 25-30 экз./дм³. Самые низкие показатели численности панцирных клещей были отмечены в июне – 2-7 экз./дм³, что объясняется недостатком влаги и пищевых ресурсов в почве. Наблюдениями выявлены оптимальные для развития клещей значения влажности 5-25% и температуры почвы от +3 до +25°C. Впервые выявлены очаги размножения панцирных клещей в муравейниках. Выделены 2 экологические группы мирмекофильных клещей: детрит-фаги и зоонекрофаги. 14 видов клещей отнесены к мирмекофильным детрит-фагам, они обнаружены в гнездах муравьев, питающихся семенами травянистых растений. В группу мирмекофильных зоонекрофагов включены 6 видов, обнаруженных в гнездах муравьев, питающихся трупами насекомых. Рассмотрены данные о нахождении панцирных клещей в норах грызунов. Выявленные нидикольные виды панцирных клещей рассмотрены как результат приспособления их к аридным условиям обитания.

Ключевые слова: панцирные клещи, почва, биоразнообразие, горы, экология, муравьи, грызуны.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-101-106

EDN: QDGLRC

Панцирные клещи широко распространены в почвах горных и пустынных ландшафтов Центральной Азии (Криволицкий, 1966, 1975; Христов, 1973; Гиляров, 1975; Баяртогтох, 2010; Subías, 2016; Iranpoor, Akrami, 2016; Farzaneh, Akrami, 2016). В аридных климатических условиях Туркменистана почвенные клещи преобладают по биоразнообразию и численности по сравнению с другими группами членистоногих. Нами и рядом авторов было изучено видовое многообразие и экологию панцирных и сопутствующих им клещей в почвах под хлопчатником и пшеницей (Джумаев, 1971; Джумаев, Хыдыров, 1992; Khydyrov, 2001; Нудугов, 2021). Исследованы обитающие в почве оribатидные и гамазовые клещи, живущие под овощными культурами Южного Туркменистана (Сакчиев и др., 1987). Выявлены видовой состав и обилие панцирных клещей в основных фитоценозах песчаной пустыни в Каракумах (Криволицкий, Ягдыев, 1973; Хыдыров, 2021).

В Туркменистане обнаружено 122 вида свободноживущих панцирных клещей. Панцирные клещи, обитающие в горах Копетдага, до сих пор оставались малоизученными. Целью нашего исследования является анализ видового биоразнообразия и ряда экологических особенностей свободноживущих панцирных клещей на Юго-Западе Копетдага.

В 1998-1999 и 2014-2016 гг. мы провели полевые наблюдения и собрали материал в ущельях Айдере, Йол-дере, вблизи минерального источника Пархай и урочища Шевлан-Баба, а также вокруг сёл Дузлы-депе, Геркез, Акяйла, Ходжагала на Юго-Западе Копетдага. Почвенные образцы отбирались с помощью металлической рамки (10x10 см, в объёме 1 дм³). Для изъятия проб металлическая рамка вдавливалась в почву, а затем полученные образцы помещались в полиэтиленовый мешочек и специальный контейнер. Температура почвы измерялась с помощью

специальных почвенных термометров. Для этого делались почвенные срезы и располагались термометры по глубине 1-20 см, затем фиксировались данные. Влажность почвы определяли по общепринятому методу высушивания. Для этого в специальные алюминиевые боксы брали образцы почв послойно 1-20 см. Потом в лаборатории измеряли вес боксов и высушивали их на термостате

при температуре 100°C. Влажность почвы в образцах определяли по формуле: $W = \frac{(a - b) 100}{b - k}$, где W – влажность в % от веса сухой почвы, a – вес бокса с сырой почвой, г, b – вес бокса с сухой почвой, г, k – вес пустого бокса, г.

Образцы почв и растительной органики из гнезд грызунов также помещали в полиэтиленовые мешочки и алюминиевые боксы.

Для изучения видового состава клещей в муравейнике в алюминиевые боксы собирали содержимое муравейников с различной глубины. Одновременно с пинцетом отбиралось по 25 экземпляров муравьев, после чего тут же зафиксировали их в 70% этиловом спирте для определения их видовой принадлежности.

Пробы для отбора клещей транспортировались в город Туркменабат на кафедру биологии Туркменского государственного педагогического института имени Сейитназара Сейди.

Выгонка клещей из проб проводилась по общепринятой методике в термоэлектрорах в течение 24-36 часов при нагревании и освещении электролампой мощностью 40 ватт, в чашке Петри с водой (Буланова-Захваткина, 1967). В дальнейшем клещи из чашек переносились для фиксации во флаконы с 70% спиртом. Выборка клещей осуществлялась под стереомикроскопом МБС-9. При этом мы разработали способ прямого переноса клещей во флаконы со спиртом без переноса их в отдельную стеклянную посуду. Способ основывается на принципе отклеивания клещей, изъятых с поверхностного бактериального слоя воды, находящихся внутри чашек Петри во флаконе наполовину залитой спиртом. Потом путем встряхивания клещи осаждаются на дно флакона. Для изготовления микропрепаратов клещи из флаконов переводились в часовые стекла. Для растворения внутреннего содержимого клещей и для лучшего просветления клещи помещались в 10-15% раствор КОН. В растворе щелочи мы выдерживали их не более 6-8 минут. После тщательной промывки в воде клещи помещались на предметные стекла в гуммиарабиковую смесь (жидкость Фора-Берлезе) под стереомикроскопом и накрывались покровным стеклом, а при необходимости расправлялись под ним нажатием препаровальной иглы. Жидкость Фора-Берлезе изготавливали в следующем составе: гуммиарабик порошковый – 30 г, дистиллированная вода – 50 г, хлорал-гидрат – 200 г, глицерин – 20 г. На каждый микропрепарат мы размещали не более 10 экземпляров клещей. Микропрепараты просушивались в термостате в горизонтальном положении при температуре +50°C не менее 12 суток, при ежедневной проверке степени их просветления.

В период исследований были собраны 640 проб, в которых обнаружено 17180 экземпляров клещей, впоследствии зафиксированных в спирте. Из фиксированного материала во флаконе всего выборочно изготовлено 600 микропрепаратов с 8950 экземплярами клещей. Всего было проанализировано 400 образцов почвы, обработаны 50 проб из подстилки, гниющих растительных остатков, 150 проб из пищевых запасов и отходов, содержащихся в гнездах муравьев, и 40 из гнезд грызунов. Хранение клещей производилось в растворе 70-80% этилового спирта и 1-2% глицерина. Для определения видового состава клещей приготовили 760 микропрепаратов. Дальнейшие морфологические исследования клещей, перемещенных в постоянный микропрепарат, проводились световым микроскопом МБИ-3. Видовой состав и стациональное распределение обнаруженных нами панцирных клещей приведены в таблице.

Всего на Юго-Западе Копетдага был обнаружен 41 вид панцирных клещей. Из них 3 вида (*Simkinia tianschanica*, *Jacotella austriacus*, *Thamnacarus elongatus*) в фауне Туркменистана зарегистрированы впервые.

Как показывают наши наблюдения, наиболее древний горный биоценоз богат экологически пластичными и специфичными для аридных условий видами клещей. Представители семейства Zetomotrichidae рассматриваются в качестве реликтов аридных экосистем позднего мела (Кривоуцкий, Карпинин, 2006). Обнаруженные в Копетдаге виды зетомотрихид *Pallidacarus tichomirovi* и *Ghilarovus turkmenicus* относятся к числу редких находок в аридных ландшафтах.

Таблица. Видовой состав и стациональное распределение панцирных клещей (Acarina: Oribatida) на Юго-Западе Копетдага.

№	Таксоны	Почва	Подстилка	Муравейник	Нора грызуна
1	Семейство Ctenacaridae Grandjean, 1954 <i>Gilarovella demetrii</i> Lange, 1974 ¹	+	–	+	–
2	<i>Gilarovella turkmenica</i> D. Krivolutsky, 1974	–	–	+	–
3	Семейство Sphaerochthoniidae Grandjean, 1947 <i>Sphaerochthonius splendidus</i> Berlese, 1904	–	–	+++**	–
4	Семейство Cosmochthoniidae Grandjean, 1947 <i>Cosmochthonius asiaticus</i> Gordeeva, 1980	++	++	–	–
5	<i>Cosmochthonius lanatus</i> Michael, 1885	++	–	–	+
6	Семейство Brachychthoniidae Thor, 1934 <i>Brachychthonius bimaculatus</i> Willmann, 1936	++	++	–	–
7	<i>Brachychthonius berlesei</i> Willmann, 1928	++	–	++	–
8	Семейство Lohmanniidae Berlese, 1916 <i>Thamnacarus elongatus</i> D. Krivolutsky, 1971	–	–	–	++
9	<i>Lochmannia turkmenica</i> Bul.-Zachv., 1960	++++**	–	–	–
10	<i>Papillacarus aciculatus</i> Berlese, 1905	–	–	–	+
11	Семейство Epilohmanniidae Oudemans, 1923 <i>Epilohmannia cylindrica</i> Berlese, 1904.	+++	–	–	–
12	Семейство Plateremaeidae Trägårdh, 1926 <i>Allodamaeus hispanicus</i> Grandjean, 1928	–	–	+	–
13	Семейство Gymnodamaeidae Grandjean, 1954 <i>Gymnodamaeus bicostatus</i> C.L. Koch, 1840	+	–	+	–
14	<i>Jacotella austriacus</i> Willmann, 1935	+	–	–	–
15	Семейство Damaeidae Berlese, 1896 <i>Belba meridionalis</i> Bul.-Zachv., 1962	++	++	–	–
16	<i>Metabelba pulverulenta</i> . C.L.Koch, 1836	–	–	++	–
17	Семейство Ceratoppiidae M.Kunst, 1971 <i>Pyroppia tajicistanica</i> Krivolutsky et Christov, 1970	–	–	+	–
18	Семейство Microzetidae Grandjean, 1936 <i>Berlesezetes arenarius</i> D.Krivolutsky, 1966	+++	+++	–	–
19	Семейство Oppiidae Sellnick, 1937 <i>Discoppia cylindrica</i> Perez-Inigo, 1964	+	–	–	–
20	<i>Oppiella nova</i> Oudemans, 1902	+	–	–	–
21	<i>Lauropopia maritima</i> Willmann, 1928	+	+	+	–
22	Семейство Oribatulidae Thor, 1929 <i>Zygoribatula skrjabini</i> Bul.-Zachv., 1967	+++	+++	–	–
23	<i>Zygoribatula trigonella</i> Bul.-Zachv., 1967	–	–	+	–
24	<i>Oribatula tibialis</i> Nicolet, 1855	–	+	–	–
25	<i>Oribatula frisiae</i> Oudemans, 1900	–	+	–	–
26	Семейство Hemilleiidae J. et P. Balogh, 1984 <i>Simkinia turanica</i> D. Krivolutsky, 1966	+	+	+	–
27	<i>Simkinia tianschanica</i> D.Krivolutsky, 1971	–	–	+	–
28	Семейство Micreremidae Grandjean, 1954 <i>Micreremus brevipes</i> Michael, 1888	–	–	+	–

¹ Таксоны приведены по системе L.S. Subías (2016).

Продолжение таблицы.

№	Таксоны	Почва	Подстилка	Муравейник	Нора грызуна
29	Семейство Zetomotrichidae Grandjean, 1934 <i>Pallidacarus tichomirovi</i> D. Krivolutsky, 1975	+	+	+	–
30	<i>Ghilarovus turkmenicus</i> D. Krivolutsky, 1974	+	–	+	–
31	Семейство Scheloribatidae Grandjean, 1933 <i>Scheloribates fimbriatus</i> Thor, 1930	+	–	–	–
32	<i>Scheloribates laevigatus</i> C.L. Koch, 1835	+	–	–	–
33	Семейство Protoribatidae J. et P. Balogh, 1984 <i>Indoribates vindobanensis</i> Willmann, 1935	+	–	–	+
34	<i>Protoribates monodactylus</i> Haller, 1804	+	–	++	–
35	<i>Protoribates dentatus</i> Berlese, 1883	–	–	++	–
36	Семейство Chamobatidae Thor, 1937 <i>Chamobates voigtsi</i> Oudemans., 1902	+	–	–	–
37	Семейство Ceratozetidae Jacot, 1925 <i>Ceratozetes mediocris</i> Berlese, 1908	+	–	+	–
38	Семейство Galumnidae Grandjean, 1936 <i>Galumna elimata</i> C.L. Koch, 1841	+	–	++	–
39	<i>Galumna dimorpha</i> Krivolutskaja, 1952	++	–	–	–
40	Семейство Protoplophoridae Ewing, 1917 <i>Cryptoplophora asiatica</i> Gordeeva, Niemi, Petrova-Nikitina, 1998	–	–	+	–
41	Семейство Euphthiracaridae Jacot, 1930 <i>Acrotrititia duplicata</i> Grandjean, 1953	++	–	–	–
	Всего:	26	9	20	4

Примечания к таблице: +* – редкие виды, +++* – обычные, +++*** – многочисленные.

В почве на Юго-Западе Копетдага были обнаружены 26 видов панцирных клещей. Размеры почвенных клещей очень мелкие – от 250 до 700 мкм. Продолжительность жизни одной особи составляет в среднем 270-300 дней. В ходе жизненного цикла они дают 6-7 поколений, при этом самка откладывает в среднем 30-50 яиц. В цикле развития у многих видов панцирных клещей нормальное половое размножение чередуется с партеногенезом (Рябинин, Панков, 1987). Такое интенсивное размножение является главным фактором их доминирования по численности и биомассе среди почвенных беспозвоночных животных в горах.

Панцирные клещи, по сравнению с другими группами членистоногих, хорошо приспособились к обитанию на суше (Гиляров, 1970). Они обладают прочным склеротизованным хитиновым покровом тела, что позволяет им переносить различные неблагоприятные изменения условий среды. В горах панцирные клещи активны со второй половины марта до конца ноября. В середине мая и октября их численность в сероземных почвах достигает пика 25-30 экз./дм³. Самые низкие показатели численности панцирных клещей были отмечены в июне, когда они составили 2-7 экз./дм³. Это объясняется недостатком влаги и пищевых ресурсов в почве. По этой же причине панцирные клещи из горных ландшафтов распространились на равнины.

Клещи часто встречаются в верхних слоях почвы 10-20 см и в подстилке. Для перегнивания подстилки, являющейся основным источником пищи для панцирных клещей, необходимы определенные условия: прежде всего, она должна пройти первоначальную обработку микроорганизмами, после чего станет доступной для использования в пищу сапрофитными членистоногими. Виды клещей *Lochmannia turkmenica*, *Epilohmannia cylindrica*, *Zygoribatula skrjabini*, и *Berlesezetes arenarius* весной и осенью образуют массовые скопления в верхних слоях почвы,

содержащих большое количество органических остатков растительного происхождения. Панцирные клещи питаются сапрофитным способом, т.е. гниющей растительной органикой, а также почвенными грибами и другими микроорганизмами детрит-фагами. В зависимости от показателя влажности и количества растительных остатков почвы клещи совершают вертикальные миграции из более глубоких слоев к поверхности и наоборот. По нашим наблюдениям, оптимальное значение влажности почвы для нормального развития клещей составило 5-25%, а температура почвы – от +3 до +25°C. Виды *Cosmochthonius asiaticus*, *Brachychthonius bimaculatus*, *Belba meridionalis*, *Berlesezetes arenarius* и *Zygoribatula skrjabini* более устойчивы к изменениям количества влажности в почве, поэтому встречаются и в почвенных слоях, и в подстилке.

В ходе выполнения работы были изучены мирмекофильные панцирные клещи, обитающие в гнездах муравьев: *Messor variabilis* Kuznetsov-Ugamskij, 1927; *Messor aralocaspius* Ruzsky, 1902; *Pheidole pallidula* Nylander, 1848; *Tetramorium schneideri* Emery, 1898; *Tapinoma simrothi* Emery, 1925; *Camponatus turkestanicus* Emery, 1877; *Camponatus kopetdaghaensis* Dlussky et Zabelin, 1985; *Catoglyphis aenescens* Nylander, 1849; *Catoglyphis cinnamomea* Karawajew, 1909. Виды муравьев определены на основе таблиц, приведенных в работе о муравьях Туркменистана (Длусский и др., 1989). В результате в гнездах муравьев обнаружены 20 видов орибатидных клещей.

Биоценотические отношения свободноживущих клещей с насекомыми в почве имеют очень сложный характер и, как правило, являются зоохорическими (Севастьянов, 1987). Взаимоотношения панцирных клещей с муравьями в экологическом аспекте имеют характер комменсализма. Муравейники являются своеобразным микробиоценозом, состоящим из сложных компонентов. Мы выявили очаги размножения панцирных клещей в муравейниках. В ходе исследований выделены 2 экологические группы мирмекофильных клещей: детрит-фаги и зоонекрофаги. К мирмекофильным детрит-фагам относятся виды: *Sphaerochthonius splendidus*, *Brachychthonius berlessei*, *Allodamaeus hispanicus*, *Lauropia maritima*, *Gymnodamaeus bicostatus*, *Protoribates monodactylus*, *Protoribates dentatus*, *Zygoribatula trigonella*, *Simkinia turanica*, *Simkinia tianschanica*, *Pyropia tajicistanica*, *Ceratozetes mediocris*, *Micreremus brevipes*, *Galumna elimata*. Они были обнаружены в гнездах муравьев, питающихся семенами травяных растений: *Messor variabilis*, *Messor aralocaspius*, *Pheidole pallidula* и *Tetramorium schneideri*.

К группе мирмекофильных зоонекрофагов относятся виды *Gilarovella turkmenica*, *G. demetrii*, *Pallidacarus tichomirovi*, *Cryptoplophora asiatica*, *Metabelba pulverulenta*, *Ghilarovus turkmenicus*. Они были обнаружены в гнездах муравьев *Tapinoma simrothi*, *Camponatus turkestanicus*, *C. kopetdaghaensis*, *Catoglyphis aenescens*, *C. cinnamomea*, питающихся трупами насекомых. Возможно, образование двух экологических групп клещей, обитающих в гнездах муравьев, связано с типом их питания.

Норы грызунов являются своеобразным микробиоценозом, состоящим из сложных компонентов, в том числе паразитических, сапробионтных и хищных членистоногих. Внутри оставленных нор краснохвостой песчанки (*Meriones erythrorus* Gray) и пластинчатозубой крысы (*Nesokia indica* Gray), устроенных в горе, были найдены 6 видов клещей-орибатид. Норы, относящиеся к различным видам грызунов, определены по типу их строения (Нургельдыев, 1969). Пищевые отходы грызунов и благоприятный микроклимат внутри норы также притягивают к ней клещей-сапробионтов. По нашим наблюдениям, в горных условиях в июне внутри норы на глубине 100-150 см температура почвы составляет 27.5°C, влажность почвы – 0.5%, а у входа в гнездо – 37.5°C и влажность – 0.25%. По-видимому, панцирные клещи проникают в норы грызунов при наступлении жаркого периода года и укрываются там от неблагоприятных условий обитания.

Выводы

В результате исследований обнаружено обильное биоразнообразие клещей (41 вид) на Юго-Западе Копетдага, в том числе ряд видов, принадлежащих к реликтам.

Панцирные клещи приспособились к обитанию в различных экологических условиях горных ландшафтов. На почве и подстилке обнаружены 26 видов панцирных клещей, которые являются доминирующими по численности членистоногих в аридных условиях.

В результате исследований впервые выявлено 20 видов панцирных клещей в муравейниках. Панцирные клещи являются комменсалами муравьев. В муравейниках создаются условия для размножения там клещей. Выявлены две экологические группы мирмекофильных клещей: детрит-фаги и зоонекрофаги.

Также выявлено 6 видов панцирных клещей в норах грызунов. Топические взаимосвязи свободноживущих панцирных клещей с грызунами в горных условиях обитания являются первичными по отношению к трофическим. Панцирные клещи приспособились к обитанию в различных аридных экосистемах Туркменистана.

На основе проведенных научных изысканий установлено и систематизировано богатое биоразнообразие панцирных клещей Туркменистана.

Финансирование. Работа выполнена по теме Государственного задания кафедры биологии Туркменского государственного педагогического института им. С. Сейди «Биоразнообразие почвенных клещей различных систематических групп (Acari: Sarcoptiformes, Trombidiformes) и их экология» (№ ТО 10.00.2313).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баяртогтох Б.* 2010. Панцирные клещи Монголии (Acari: Oribatida). М.: Товарищество научных изданий КМК. 372 с.
- Буланова-Захваткина Е.М.* 1967. Панцирные клещи-Орибатида. М.: Высшая школа. 253 с.
- Гиляров М.С.* 1970. Закономерности приспособления членистоногих к жизни на суше. М.: Изд-во АН СССР. 272 с.
- Гиляров М.С.* 1975. Определитель обитающих в почве клещей. М.: Наука. 677 с.
- Джумаев А.* 1971. Акароидные (тироглифоидные), хищные и сопутствующие им клещи района среднего течения Амударьи // Известия АН ТССР. Серия биологические науки. № 6. С. 68-71.
- Джумаев А., Хыдыров П.Р.* 1992. Акароидные и сопутствующие им клещи в почвах под хлопчатником Туркменской ССР // Материалы Всесоюзного симпозиума «Проблемы интеграции в защите хлопчатника от вредителей». Ашгабат: Ылым. С. 265-267.
- Длусский Г.М., Союнов О.С., Забелин С.И.* 1989. Муравьи Туркменистана. Ашхабад: Ылым. 273 с.
- Криволицкий Д.А.* 1966. О панцирных клещах (Oribatei, Acariformes) почв Средней Азии // Зоологический журнал. Т. 45. № 11. С. 1629-1639.
- Криволицкий Д.А.* 1975. Панцирные клещи в почвах под лесными насаждениями Туркмении // Насекомые как компоненты биогеоценозов саксаулового леса. М.: Изд-во АН СССР. С. 215-222.
- Криволицкий Д.А., Карпинен Э.* 2006. Панцирные клещи семейства Zetomotrichidae в аридном поясе Палеарктики // Аридные экосистемы. Т. 12. № 29. С. 37-40.
- Криволицкий Д.А., Ягдыев А.* 1973. Материалы по фауне панцирных клещей (Acariformes, Oribatei) Туркмении // Известия АН Туркменской ССР. Серия биологические науки. № 5. С. 83-85.
- Нургельдыев О.Н.* 1969. Экология млекопитающих равнинного Туркменистана. Ашхабад: Ылым. 257 с.
- Рябинин Н.А., Панков А.Н.* 1987. Роль партеногенеза в биологии панцирных клещей // Экология. № 4. С. 62-64.
- Сакчиев А., Давыдова М.С., Никольский В.В.* 1987. Почвообитающие клещи под овощными культурами Южного Туркменистана // Известия АН СССР. Серия биологические науки. № 1. С. 43-47.
- Севастьянов В.Д.* 1987. Биоценологические отношения клещей с насекомыми в почве // Почвенная фауна и почвенное плодородие. М.: Наука. С. 474-475.
- Христов В.В.* 1973. Фауна и ландшафтное распределение панцирных клещей Таджикистана // Зоологический журнал. Т. 62. № 4. С. 606-608.
- Хыдыров П.Р.* 2021. Панцирные клещи Юго-Восточных Каракумов // Проблемы освоения пустынь. № 1-2. С. 35-40.
- Farzaneh T., Akrami M.* 2016. Oribatid Mites (Acari: Oribatida) of Mashhad Township, Razavi Khorasan Province, Iran // Linzer biologische Beiträge. Vol. 48. No. 1. Pp. 395-403.
- Iranpoor A., Akrami M.* 2016. Oribatid Mites (Acari: Oribatida) from the Biosphere Reserve Dashte Arjan and Parishan, and Chehel Cheshmeh Region (Fars Province) // Persian Journal of Acarology. Vol. 5. No. 3. Pp. 189-205.
- Khydyrov P.R.* 2001. The Soil-Dwelling Mites of Eastern Türkmenistan // Problems of Desert Development. New York: Allerton Press. Ins. Pp. 65-68.
- Subías L.S.* 2016. Listado sistemático, sinónimo y biogeográfico de los ácaros oribátidos (Acariformes: Oribatida) // Del Mundo. No. 60. Pp. 3-305.
- Hudyrow P.R.* 2021. Agrobiosenozlardaky çanakly sakyrtygalaryň deňşdirme barlagynyň netijeleri // Türkmenistanda Ýlym we tehnika. No. 5. Pp. 27-32.

УДК 550.4; 551.8 (925.22)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА
РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ДРЕВНЕЙ
АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СТЕПНЫХ РЕГИОНАХ**

© 2022 г. И.А. Идрисов*, Н.И. Шишлина***

**Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН
Россия, Республика Дагестан, 367000, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, д. 75. E-mail: idris_gun@mail.ru*

***Государственный исторический музей
Россия, 109012, г. Москва, Красная пл., д. 1. E-mail: nshishlina@mail.ru*

****Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого РАН
Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 3*

Поступила в редакцию 25.02.2021. После доработки 07.04.2021. Принята к публикации 08.04.2022.

Изучение балочной системы р. Сал и р. Дон на юго-востоке Ростовской области позволило установить значительную площадь распространения и большое разнообразие голоценовых отложений. Они накапливались в зависимости от локальных особенностей различных участков, особенностей экзогенных процессов, форм рельефа, характера почвообразующих пород и других факторов. В результате исследования выделены голоценовые отложения в отрицательных формах рельефа (в пойме и первой надпойменной террасе), сформированные аллювиальными и делювиальными процессами при определенной роли эоловых процессов; голоценовые отложения второй надпойменной террасы конца хвалынского этапа Каспийского моря и новозвксинского этапа Черного моря; промежуточная форма – голоценовые отложения в блюдцах. История накопления отложений на отрицательных и положительных элементах рельефа обусловлена наличием контрастных этапов изменений внешней среды. Выявленные разновозрастные отложения голоцена оказались приурочены к археологическим артефактам, фиксирующих кратковременные местообитания подвижных скотоводов разных эпох. Они обнаружены поблизости от идентифицированных голоценовых отложений. Это позволяет идентифицировать и в дальнейшем изучать «невидимые» стоянки древнего человека и получить дополнительные данные об антропогенном воздействии на степные ресурсные ареалы в древности.

Ключевые слова: палеогеография, голоцен, балка, почва, степь, р. Дон, археологический артефакт.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-107-116

EDN: TNFEWY

Голоцен охватывает последние 11000 лет. Формирование отложений происходило в условиях непрерывного антропогенного воздействия. Это определяет особое внимание к ним как к архиву сведений не только о развитии природной среды, но и о деятельности древнего человека.

Относительно хорошая сохранность и сложное внутреннее строение таких пород делают их особенно значимыми при палеогеографических, археологических и почвенных исследованиях. Однако к настоящему времени эта уникальная специфика учитывается недостаточно. Голоценовые отложения (например, палеопочвы) изучаются, в первую очередь, на археологических памятниках (Праслов, 1971; Максименко, 1983; Цыбрий, Цыбрий, 2003; Шишлина, 2007). Полученные данные используются преимущественно при реконструкции природных условий, анализа взаимодействия природы и человека (Демкин и др., 2004; Гольева, Хохлова, 2004; Ташнинова и др., 2005; Гольева, Зазовская, 2008).

Однако мы полагаем, что выявление разновозрастных отложений голоцена имеет большое значение не только для геологических, палеогеографических и палеоклиматических исследований, но и для выявления специфических археологических памятников, которые в степной зоне Евразии на

поверхности визуально не выделяются. К таким памятникам относятся кратковременные стоянки древнего человека. Их открытие и анализ важны для понимания организации жизненного пространства древнего населения в аридных зонах юга Русской равнины.

Данная статья посвящена анализу результатов полевых работ на юго-востоке Ростовской области, позволившие получить новые данные о распространении голоценовых отложений в регионе, выявлению в них археологических памятников, что позволяет получить дополнительные данные об антропогенном воздействии на степные ресурсные ареалы в древности.

Материалы и методы

Комплексная методика исследования включала анализ климатических характеристик и геологического строения юго-востока Ростовской области. Первичная обработка и анализ данных дистанционного зондирования (космоснимки высокой четкости (разрешение 0.4 м на пксл) и общедоступные (разрешение до 1 м на пксл.) района работ позволила установить наиболее перспективные участки балок на предмет выявления голоценовых отложений и форм рельефа. Это позволило разработать наиболее оптимальные маршруты полевых исследований вдоль основных балок и их притоков.

Задача полевой экспедиции – проведение геоморфологического исследования балочной системы в регионе исследования и анализ геологических разрезов; идентификация, анализ и систематизация выявленных голоценовых отложений; проведение сплошных разведывательных археологических поисковых работ в балочной системе р. Маныч и р. Сал; анализ подъемного археологического материала и определение культурной принадлежности обнаруженных артефактов.

К настоящему времени осмотрены практически все балки притоки реки Джурак Сал района работ. Общая протяженность полевых маршрутов превысила 100 км.

В ходе полевого исследований было установлено, что различные части балок обладают различной информативностью в плане анализа голоценовых отложений. Также исследования значительно усложняются при наличии густого травяного покрова. В этой связи исследования оптимально проводить в самый засушливый период года, а также ориентироваться на наиболее засушливые годы. Большой методической сложностью также является широкое распространение в балках систем запруд разной степени сохранности, выше которых формируются современные наносы, препятствующие выявлению голоценовых отложений.

Описание геологических профилей проводилось по стандартным методикам геологического описания рыхлых отложений. Также осуществлялся осмотр всех доступных карьеров по добыче общераспространенных ископаемых (песка и глины); составлялось полевое описание разрезов, приводилась характеристика выделенных слоев. В дальнейшем полученные профили соотносились друг с другом. Для уточнения особенностей почв в разных частях балок, склонов и водоразделов закладывались почвенные разрезы и пробурены скважины с помощью ручного бура.

На участках с выявленными археологическими артефактами закладывались археологические шурфы по соответствующим методикам (Шишлина и др., 2018).

Это позволило связать обнаруженные голоценовые отложения с фактическим присутствием здесь человека древних эпох.

Результаты и обсуждение

Климат. Район исследований занимает бассейн р. Джурак-Сал (приток р. Сал) на севере и междуречье между ним и р. Маныч на юге (рис. 1). Климат этого региона умеренно континентальный; среднегодовая норма атмосферных осадков – 300-350 мм, из них в летний период выпадает от 120 до 220 мм. Наибольшее количество осадков отмечено для июня – 25-40 мм. Снежный покров формируется в третьей декаде ноября; высота снежного покрова – от 3-8 до 10-12 см. Средняя температуры января составляет -3° , июля – $+31^{\circ}$. Характерны оттепели, когда температура поднимается до $5-10^{\circ}\text{C}$ (Агроклиматические ресурсы ..., 1974).

Геологическое строение исследуемой территории сложное (Геология СССР, 1969). Здесь распространены породы различного возраста от палеогена до неоплейстоцена. Основными вариантами почвообразующих пород в регионе являются майкопские глины, пески ергенинской свиты, покровные суглинки. Эти породы занимают подавляющую часть площади района исследований, а также широко развиты за его пределами.

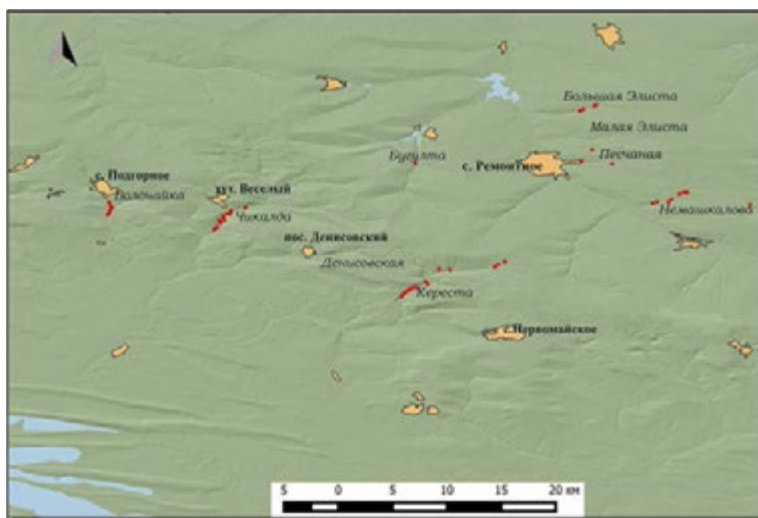
Майкопские отложения накапливались в морских условиях в течение длительного времени в палеогене и неогене. В целом, они характеризуются широким развитием глин, имеют темно-серый цвет, содержат сульфиды, в зонах окисления в них интенсивно образуются гипсы, вплоть до крупных кристаллов и линз мощностью 10-20 см.

Ергенинские отложения представляют собой аллювиальные отложения Палеодона (Ергень-реки), соотносимые с частью эоплейстоцена (апшеронского яруса Каспийского региона; Геология СССР, 1969). Среди них господствуют кварцевые мелкозернистые пески белого цвета. Мощность этих пород достигает первых десятков метров. Они разрабатываются в многочисленных карьерах. Пески этого возраста из-за особенности своего происхождения часто переслаиваются с прослоями глин и суглинков. Ергенинские отложения вверх по разрезу переходят в покровные отложения сложного строения – «скифские» глины.



а)

Рис. 1. Район исследования: а) – юго-восток Ростовской области (красный прямоугольник), б) – балочная система в междуречье р. Сал и р. Маныч.



б)

Для сопредельных территорий (Ергенинская и Ставропольская возвышенности, Приазовье) отмечается широкое развитие мощных толщ лессовых пород (Опорные ..., 2008). Юго-восточная часть Ростовской области и северный регион Ставропольского края отнесен к району «древнего бедленда» (Еременко, Панин, 2010). Здесь в плейстоцене развивалась интенсивная эрозия, формировались многочисленные овраги и лессовые породы были почти полностью смыты. В современных условиях такие реликтовые овраги трансформировались в густую сеть ложбин, дно которых заполнено снесенным с окрестностей материалом. Большая часть района работ занята склонами различной крутизны, с реликтовыми ложбинами, где степные блюдца отсутствуют. Наиболее высокие части водоразделов (менее 5% всей площади) занимают уплощенные участки с множеством степных блюдец глубиной до 2 м, диаметром 20-50 м. На этих участках сохранность лессовых пород максимальна.

Южнее района исследований протянулась Кумо-Манычская впадина. Она представляет собой промытую многочисленными трансгрессиями Черного и Каспийского морей долину-пролив; заполнена разновозрастными многокомпонентными отложениями, возраст которых остается дискуссионным (Свиточ и др., 2010). Отложения этой впадины нами не рассматривались.

Рельеф. Анализ космоснимков и полевые исследования позволили установить, что долина р. Джурак-Сал (в низовьях р. Сал), большого левого притока р. Дон, является самой крупной формой рельефа района исследования. Правые притоки (сверху вниз по течению) – Немашкалова, Песчаная, Малая Элиста, Большая Элиста, Гашун и др.; левые притоки: Киша, Гюн-Хара, Цекэта, Темрта, Булгта, Мокрая Булгта и др. В Кумо-Манычскую впадину выходят (с востока на запад) балки: Бурата, Гашун-Давста, Кереста, Чикалда, Волочайка, Водяная, Антоновская и другие (рис. 2а).

Абсолютная высота практически плоского, но извилистого водораздела между бассейнами р. Сал на севере и р. Маныч на юге повышается от 160-170 м на западе до 221 м на юго-востоке. Направления течения в соседних балках может быть противоположным, на север и на юг. Вдоль

границы с Кумо-Маньчской впадиной поверхность водораздела за счет тектонических процессов достигает высоты 120-150 м. Далее на юг переход к Кумо-Маньчской впадине представлен крутым перегибом рельефа в виде уступов высотой в несколько десятков метров.

Минимальная высота долины р. Джурак-Сал – 90 м, высота Кумо-Маньчской впадины – 10-20 м. Значительный перепад рельефа к северу от Кумо-Маньчской впадины определяет большую глубину врезания развитых здесь балок, достигающих 50-70 м, тогда как глубина врезания балок системы р. Джурак-Сал значительно меньше и составляет 5-15 м.

В системе р. Джурак-Сал и впадающих в нее балок выделяется пойма со слабо меандрирующим руслом (рис. 2б). Выше поймы хорошо выражен террасовый уровень высотой 2-5 м над тальвегом. Следует отметить, что, вероятно, в других частях бассейна р. Дон такая терраса относится к пойменным (т.н. высокая пойма). Однако, по нашим данным, с момента своего формирования последние несколько тысяч лет такая терраса полыми водами не заливалась.

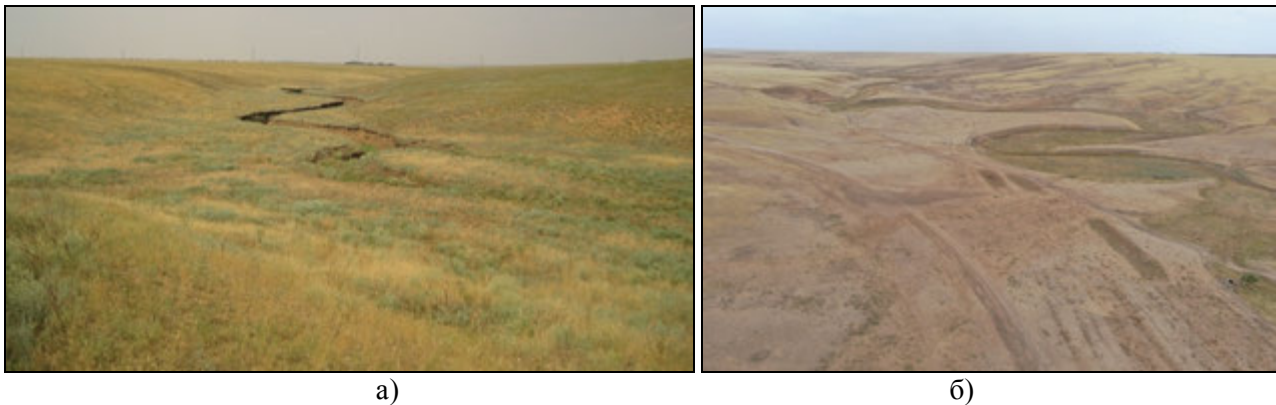


Рис. 2. Современный эрозионный врез в верховьях балки Кереста а) и террасы в средней части балки Чикалда б).

Подобная терраса занимает практически все дно балок. В рельефе хорошо читается переход от террасы к склонам долины. При этом зона перехода – тыловой шов – часто перекрыт делювиальными шлейфами различной мощности и выше них расположены лишь склоны балок, переходящие в водоразделы. На отдельных участках уровень такой террасы можно предварительно разделить на два близких подуровня. Возраст первой надпойменной террасы, вероятного аналога «высокой поймы» (Трегуб, 2010), в других частях бассейна р. Дон не менее 6000-5000 л. н. (Геология СССР, 1969). Геоморфологическое оформление этого уровня террас, возможно, связано с развитием эрозионного вреза в речной системе р. Дон, обусловленного одной из регрессий Азовского моря, датированных 3500-3100 л.н. (Матишов, Польшин, 2019).

Террасы на других уровнях в северной части исследованной территории (бассейн р.Джурак-Сал) нами не были обнаружены; вероятно, в связи с незначительным врезом реки и балок. Следует отметить наличие двух ступеней вдоль правого борта долины р. Джурак-Сал; особенно ярко они видны к юго-востоку от с. Ремонтное в районе песчаных карьеров. Возраст этих террас, скорее всего, поздний плейстоцен. Балки и долина р.Джурак-Сал при этом слабо ассиметричны и имеют более крутой правый борт.

В системах балок, относящихся к Кумо-Маньчской впадине, собственно пойма подразделяется на два уровня с разницей высот 0.3-0.7 м. Верхний из этих уровней на отдельных участках балок может быть выделен в качестве самой нижней из террас. Выше расположена терраса высотой 2-5 м, занимающая большую часть дна балки; она является важнейшим элементом ее строения. Вероятно, такая терраса здесь синхронна сопоставимой по высоте и площади развития первой надпойменной террасы балок северной части района исследований. Эту террасу мы также выделяем как надпойменную, потому что никаких следов ее затопления полыми водами с момента ее обособления не зафиксировано.

Сопоставимые данные приводятся для балок на севере Ставропольской возвышенности (Еременко, Панин, 2010) и для балок в Кумо-Маньчской впадине (Свиточ и др., 2010).

На склонах глубоко врезаемых балок (Кереста, Чикалда, Бората) на ограниченных участках имеются останцы еще одной, второй надпойменной террасы, высотой над тальвегом 12-20 м. В случае обособления верхней части поймы в качестве отдельной террасы, это будет уже третья надпойменная терраса. Поверхность такой террасы резко отличается от собственно первой надпойменной террасы: она выражена фрагментарно, отличается покатым рельефом, сильно изрезана боковыми притоками. Возможно, формирование этой террасы тесно связано со сложной историей развития Кумо-Маньчской впадины (Свиточ и др., 2010) и ее нельзя однозначно соотносить с террасой в бассейне р. Дон, имеющей близкую высоту (Геология СССР, 1969).

Широко развиты на склонах малые эрозионные формы (западины), протяженностью 100-500 м, шириной 10-50 м, глубиной до 2 м. Такие образования расположены вдоль реликтовых форм плейстоценового возраста (Панин и др., 2011).

В регионе исследования нами были выявлены особые формы рельефа – два крупных степных блюдца 300-900 м в поперечнике. Схожие формы описаны для Приазовского региона и запада Ставропольской возвышенности (Захаров, Константинов, 2019).

Анализ голоценовых отложений. В ходе полевых исследований нами были выделены отложения голоцена, которые можно объединить в две группы. Их различия определены тем, что отложения накапливались в зависимости от локальных особенностей различных участков, особенностей экзогенных процессов, форм рельефа, характера почвообразующих пород и других факторов.

К первой группе относятся отложения в отрицательных формах рельефа. Они сформированы в основном аллювиальными и делювиальными процессами, определенную роль играли эоловые процессы. Ко второй группе относятся отложения на положительных формах рельефа. Генезис отложений этой группы преимущественно эоловый.

Отложения голоцена первой группы характеризуются следующими особенностями.

В речных долинах и балках к голоцену относятся пойма и описанная выше надпойменная терраса. Для долины р. Джурак-Сал террасы выделяются вдоль всего русла. Для балок подобные особенности отмечаются в средних и нижних частях. Здесь балки приобретают характер речных долин: с древовидной сетью притоков, долинами шириной в сотни метров, меандрирующими руслами (в современных условиях поверхностный сток может и отсутствовать). Отложения первой надпойменной террасы высотой 2-5 м формировались в течение раннего и среднего голоцена, при этом отложения нижнего уровня накапливались в последней трети голоцена.

Отложения второй надпойменной террасы высотой более 10 м, вероятно, относятся ко времени конца хвалынского этапа Каспийского моря и новозвксинского этапа Черного моря (Янина, 2009), возможный возраст формирования которых может быть около 12000 л.н. При этом на их поверхности широко развиты делювиальные шлейфы голоцена.

В верховьях балок фиксируются эрозионные врезы (рис. 3а), вскрывающие отложения балок на глубину до 4 м. Подобные врезы зафиксированы для балок Кереста, Большая Элиста. Вероятно, они могут быть выявлены и для остальных балок региона. Аналогичная ситуация описана для соседних регионов юга Восточно-европейской равнины (Еременко, Панин, 2010).

Возраст эрозионных врезов можно определить как позднеголоценовый-современный. Обобщенная схема отложений, вскрываемая такими врезами в балках, показана на рисунке 3б. При этом в различных балках динамика процессов осадконакопления может существенно отличаться, в зависимости от локальных геолого-географических особенностей.

По нашим данным в большинстве подобных эрозионных врезов вскрывается погребенная почва. Она повсеместно имеет большую мощность и более интенсивную окраску, чем современная почва. Для различных участков голоценовых отложений в балках и долинах региона можно предполагать наличие нескольких горизонтов палеопочв. Выявленная погребенная почва и современная почва четко разделяются слабоокрашенным субстратом делювиальных отложений. Значительная интенсивность формирования делювия в природных условиях региона отмечалась ранее (Панин и др., 2011; Борисов и др., 2014; Шишлина и др., 2015).

Особенное строение отложений голоцена и наличие нескольких погребенных почв широко известно. Например, для аллювиальных отложений р. Дон выявлено их сложное строение и наличие нескольких погребенных почв (Сычева, 2009). Специфический характер формирования балок и западин и их развития в голоцене отмечен и для северо-востока Ставропольской возвышенности

(Еременко, Панин, 2010), и запада Ростовской области (Панин и др., 1998). В таких балках и западинах также выявлен прерывистый характер накопления субстрата и несколько погребенных палеопочв. Исследования балок, впадающих в Кумо-Манычскую впадину с юга, свидетельствуют о большой роли склоновых процессов накопления субстрата в течение большей части голоцена, при ослабленном влиянии собственно аллювиальных процессов.

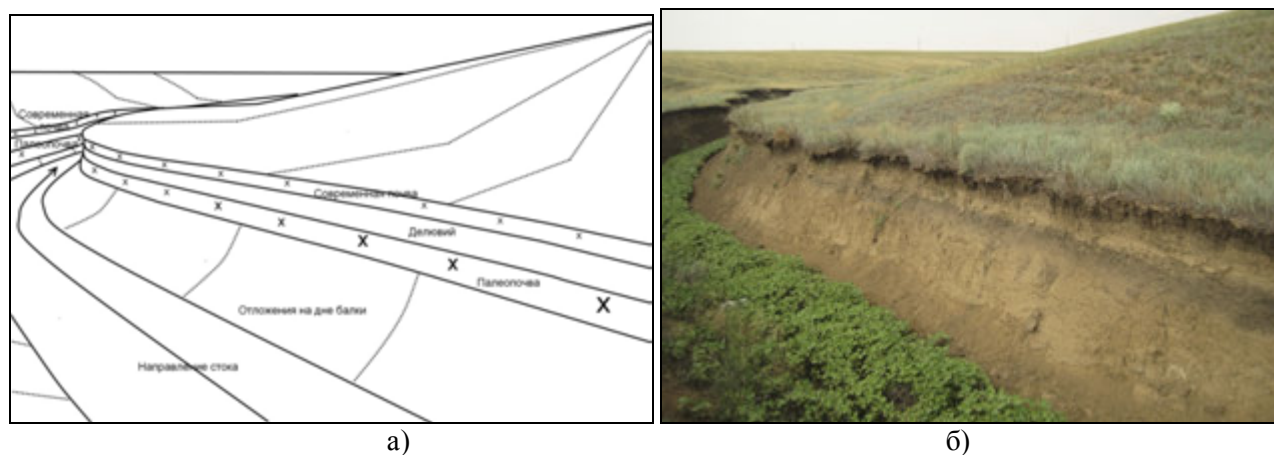


Рис. 3. Отложения голоцена в верхьях балки Кереста: а) – схема, б) – разрез отложений.

Подобное строение голоценовых отложений и значительная роль делювиальных процессов в их формировании приводит к широкому распространению погребенных почв.

Интерпретация истории накопления голоценовых отложений в малых эрозионных формах (ложбинах, западинах, логах) затруднена. Во многом это связано с незначительной мощностью отложений голоцена и их слабой дифференцированностью по профилю.

Большое значение имеют локальные геоморфологические и литологические особенности участков и индивидуальный характер эрозии и осадконакопления на таких участках. Для малых эрозионных форм можно предполагать большое значение как делювиального, так и эолового источника поступления материала. Однако в целом все малые эрозионные формы региона также являются архивом голоценовых отложений различного возраста (Еременко, Панин, 2010).

Схожее наблюдение отмечено и для отложений в «степных блюдцах». Эти формы для района работ практически не исследованы. Время и способ их формирования дискуссионны; вероятно, они начали образовываться еще до голоцена. Соответственно, отложения в блюдцах также могут представлять собой архив голоценовых отложений, правда небольшой мощности и специфического генезиса. Для склонов наиболее крупных впадин, также можно ожидать развитие делювиальных процессов и перекрытие артефактов прошлого (рис. 4а). Возможность обнаружения археологических объектов в степных блюдцах довольно высока, так как эти образования, вероятно, привлекали внимание древних скотоводов из-за более густого травостоя, который, благодаря большей влагозарядке в почве блюдца, сохранялся дольше, чем на соседних участках. При этом для степных блюдцев влияние эоловых отложения может быть еще большим, чем для малых эрозионных форм. Подобная особенность позволяет выделить такие голоценовые отложения как промежуточные формы между первой и второй группами.

Отложения второй группы формируются, в основном, в результате действий эоловых процессов на возвышенных элементах рельефа. Накопление таких отложений активизируется при развитии дефляции и прекращается при развитии сомкнутого растительного покрова. В частности, длительные этапы масштабной дефляции в голоцене (Александровский, Александровская, 2005; Борисов и др., 2006; Палеогеография ..., 2019) могли привести к синхронному погребению почв на обширных пространствах, далеко выходящих за пределы района исследований. Интенсивному развитию эоловых процессов в районе исследований также способствуют большие площади, занятые слабосцементированными ергенинскими песками.

Для юго-востока Ростовской области выявлено несколько участков с развитием подобных эоловых отложений голоцена. Они часто примыкают к площадям с крутым перепадом рельефа –

северный борт Кумо-Маньчской впадины, бровки долин и балок. Например, подобные отложения выявлены вдоль правого борта долины р. Джурак-Сал в 2-4 км выше с. Ремонтное; вдоль правого борта балки Песчаная, в районе с. Ремонтное; вдоль правого борта балки Большая Элиста; вдоль правого борта балки Большая Элиста, в районе поселения Большая Элиста 1 (Борисов и др., 2014); вдоль правого борта балки Малая Элиста; вдоль северного уступа Кумо-Маньчской впадины, вдоль увала, на котором расположена гора Лысая. Фактически все исследованные обнажения, вскрывающие ергенинские пески в районе полевых работ в целом однотипны; например, типичный разрез в карьере в балке Песчаная, восточная окраина с. Ремонтное (рис. 5).

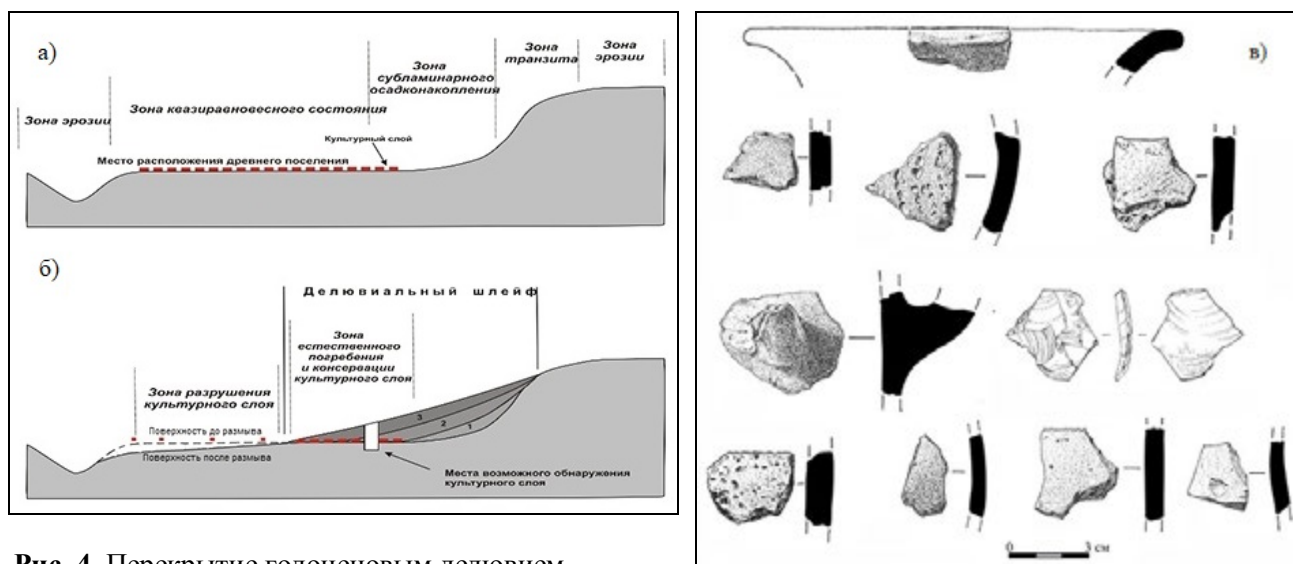


Рис. 4. Перекрытие голоценовым делювием отложений с артефактами (Борисов и др., 2014) – а-б); фрагменты керамики эпохи бронзы и раннего железного века из местонахождений в балке Чикалда – в).

Голоценовые эоловые отложения мощностью до 3 м разделены несколькими погребенными почвами. Нижняя почва залегает непосредственно на эоплейстоценовых породах, может предварительно датироваться концом плейстоцена – началом голоцена и соответствует светло-каштановым и бурым пустынно-степным почвам, развитым на юге Европейской России в то время (Александровский, Александровская, 2005). Сохранившиеся горизонты этой почвы уплотненные, суглинистые, сцементированные, каштаново-бурые и вдоль стенок карьеров ими образована небольшая ступень (до 5 м шириной) – результат современной дефляции. Выше залегают эоловые пески (мощностью до 1 м), верхняя часть которых представлена мощной (до 0.7 м) почвой. Венчает разрез верхняя толща эоловых песков с несколькими слабо сформированными светлокаштановыми почвами (от одной до трех), в том числе и современной почвой.

В менее представительных разрезах сохранилась нижняя почва (уплотненная и сцементированная) и перекрывающие ее отложения с почвами каштанового облика. Вероятно, в этих случаях вторая снизу и наиболее мощная и интенсивно окрашенная гумусом почва не сохранилась и была полностью уничтожена (рис. 5). Предварительные данные свидетельствуют о формировании этой мощной, хорошо сформированной почвы в середине голоцена (в климатический оптимум).

Для сопредельных регионов (в том числе бассейна р. Дон) сопоставимые эоловые отложения голоцена широко распространены (Геология СССР, 1969).

Большую часть исследуемого региона занимают пологие эрозионные склоны и почвы на них в целом непосредственно подстилаются древними породами. Захоронение их в различное время, в первую очередь, под археологическими памятниками: курганы, валы, постройки и т.д., позволяет фиксировать особенности природы времени их погребения (Иванов, 1992; Песочина, 2004; Демкин и др., 2004; Александровский, Александровская, 2005; Борисов и др., 2006). При этом однозначная хронологическая атрибуция субстрата затруднена и может быть весьма широкой: от верхнего неоплейстоцена, возможно, и раньше, до конца голоцена включительно.

Локализация подавляющей части изученных палеопочв региона под или рядом с антропогенными объектам (Демкин и др., 2010) во многом ограничивает возможности палеогеографических реконструкций. Это связано с тем, что подобные почвы во многом преобразованы хозяйственной деятельностью человека и лишь ограничено фиксируют природные условия древних эпох.

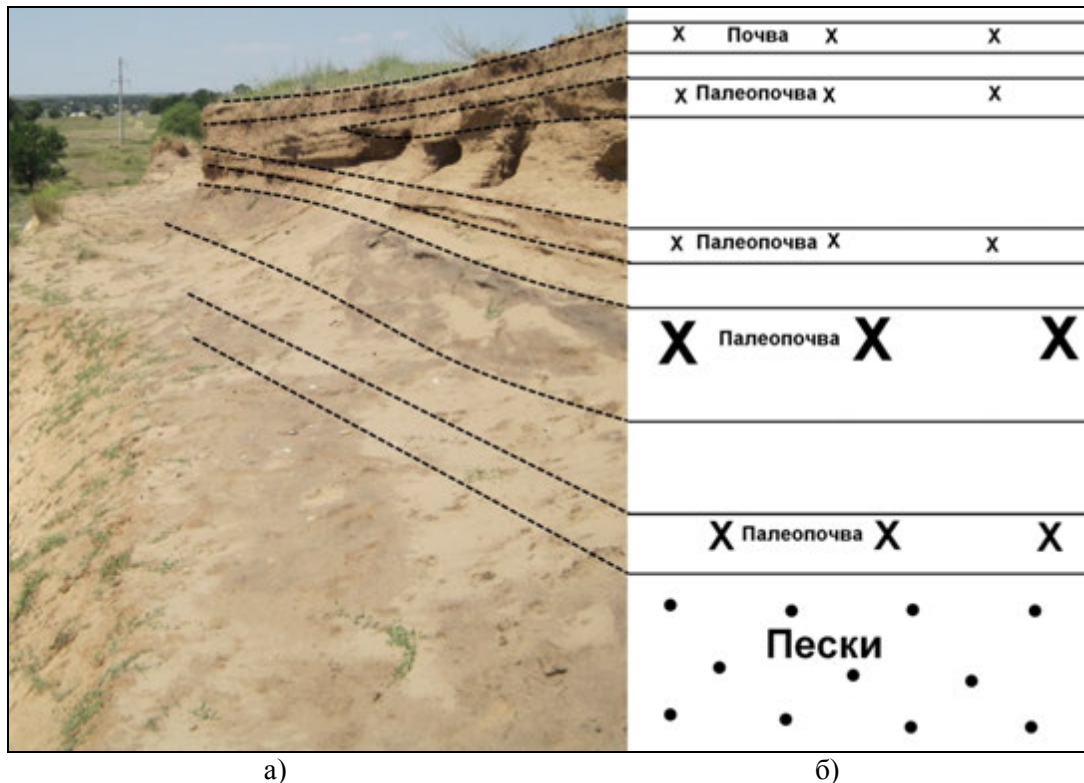


Рис. 5. Голоценовые эоловые отложения, перекрывающие Ергенинские пески (Балка Песчаная): а) – разрез, б) – схема формирования эоловых отложений и палеопочв.

Важно, что изучение природных голоценовых отложений региона позволит реконструировать сложную и резко дифференцированную историю накопления, трансформации и разрушения осадочных толщ разного генезиса. Реконструкция различных этапов этих процессов позволит детально реконструировать палеогеографию региона в голоцене.

Результаты археологических разведок. Выявленные в регионе эоловые отложения голоцена в целом имеют ограниченное распространение, однако являются богатейшим архивом палеогеографической информации и также могут иметь значение при поиске археологических памятников – кратковременных стоянок. Из подобных отложений происходят археологические артефакты (Праслов, 1971). На поверхности многих обследованных террас сохранились археологические памятники энеолита, бронзового и раннего железного веков, эпохи средневековья (Борисов и др., 2014; Шишлина и др., 2015). Ранее было выявлено, что в погребенных почвах возможна консервация археологических артефактов (Борисов и др., 2014; рис.4а). Возможно, сам факт присутствия человека в этих местах служил мощным фактором, инициирующим поступление делювиального материала. Концентрация скота и населения в местах даже кратковременных стоянок могла приводить к деградации растительного покрова и активизации эрозионных процессов. Масштабы поступления делювия могут быть значительными и, вероятно, во многом зависят от морфометрии прилегающего к балке склона и вреза террасы в коренные отложения, и могут достигать нескольких метров. Именно на таких делювиальных участках найдено большое количество фрагментов керамики, кремневые орудия, кости животных, фиксирующих места кратковременных сезонных стоянок – следы пребывания человека эпохи энеолита, бронзового и раннего железного веков (рис. 4б).

Выводы

На юго-востоке Ростовской области балочная система р. Сал и р. Дон характеризуется разными формами рельефа, включающими балки с несколькими террасами, западины, блюдца. Их изучение позволило установить значительную площадь распространения и большое разнообразие голоценовых отложений. Они накапливались в зависимости от локальных особенностей различных участков, особенностей экзогенных процессов, форм рельефа, характера почвообразующих пород и других факторов.

Отложения в отрицательных формах рельефа (в пойме и первой надпойменной террасе), сформированные аллювиальными и делювиальными процессами при определенной роли эоловых процессов, объединены в первую группу и относятся к раннему и среднему голоцену. Отложения второй надпойменной террасы конца хвалынского этапа Каспийского моря и новоэвксинского этапа Черного моря объединены во вторую группу. Промежуточной формой между этими группами являются голоценовые отложения в блюдцах.

В верховьях балок зафиксированы эрозионные врезы позднеголоценового-современного возраста. Выявлено, что голоценовые отложения в балках и долинах характеризуются наличием нескольких горизонтов голоценовых палеопочв.

Анализ отложений на отрицательных и положительных элементах рельефа показывает контрастную историю их накопления. Вероятно, в различных обстановках осадконакопления аккумуляция субстрата была гетерохронной. Специфическое строение отложений голоцена региона обусловлено наличием контрастных этапов изменений внешней среды. При этом для выделенных двух групп голоценовых отложений их строение отличается. Соответственно отличается и история их накопления. Исследование большого количества однотипных природных объектов позволит снивелировать их индивидуальные особенности и детализировать динамику изменений факторов внешней среды голоцена региона (природных и антропогенных).

К выявленным разновозрастным отложениям голоцена оказались приурочены археологические артефакты разных эпох, маркирующие кратковременные местообитания подвижных скотоводов эпохи энеолита, бронзового и раннего железного века, эпохи средневековья. Это подтвердило ранее высказанное предположение, что, несмотря на уничтожение слабощных культурных слоев древних стоянок эрозионными процессами и сохранение следов присутствия человека только под делювиальным шлейфом, даже кратковременные поселения могут быть обнаружены поблизости от идентифицированных голоценовых отложений. Это позволяет идентифицировать и в дальнейшем изучать «невидимые» стоянки древнего человека и в других частях аридной зоны Евразии и получить дополнительные данные об антропогенном воздействии на степные ресурсные ареалы в древности.

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, грант № 21-18-00026 «Ресурсы и человек в эпоху бронзы-средневековья: динамика использования аридных регионов юга России» (рук. Н.И. Шишлина).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агроклиматические ресурсы Калмыцкой АССР. 1974 / Ред. Ш.Ш. Народетская. Ленинград: Гидрометиздат. 124 с.
- Александровский А.Л., Александровская Е.И. 2005. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука. 223 с.
- Борисов А.В., Демкина Т.С., Демкин В.А. 2006. Палеопочвы и климат Ергеней в эпоху бронзы (IV-II тыс. до н.э.). М.: Наука. 210 с.
- Борисов А.В., Шишлина Н.И., Клеценко А.А., Идрисов И.А. 2014. Сезонные стоянки эпохи бронзы в пустынных степях северо-западного Прикаспия: проблема поиска и интерпретации материала // Материалы всероссийской научной конференции по археологическому почвоведению, посвященной памяти проф. В.А.Демкина. Пушино. С. 86-90.
- Геология СССР. 1969. Т. 46. Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР / Ред. Ф.А. Белов, А.И. Егоров, Н.И. Погребов. М.: Недра. 666 с.
- Гольева А.А., Зазовская Э.П. 2008. Особенности интерпретации антропогенной памяти почв // Память почв: Почва как память биосферно-антропогенных взаимодействий / Ред. В.О.Таргульян, С.В.Горячкин. М.: Издательство ЛКИ. С. 618-637.
- Гольева А.А., Хохлова О.С. 2004. Особенности почв, погребенных под курганами на юге Оренбургской области

- (по данным биоморфного анализа) // Почвоведение. № 4. С. 415-423.
- Демкин В.А., Борисов А.В., Удальцов С.Н. 2010. Палеопочвы и климат юго-востока Среднерусской возвышенности в эпохи средней и поздней бронзы (XXV-XV вв. до н.э.) // Почвоведение. № 1. С. 7-17.
- Демкин В.А., Ельцов М.В., Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Демкина Т.С., Борисов А.В. 2004. Развитие почв Нижнего Поволжья за историческое время // Почвоведение. № 12. С. 1486-1497.
- Еременко Е.А., Панин А.В. 2010. Ложбинный мезорельеф Восточно-Европейской равнины. М.: МИРОС. 192 с.
- Захаров А.Л., Константинов Е.А. 2019. Строение крупных западин лессовых междуречий восточного Приазовья (на примере «Червоной Пади») // Известия Российской академии наук. Серия географическая. № 4. С. 85-96.
- Иванов И.А. 1992. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М.: Наука. 144 с.
- Максименко В.Е. 1983. Савроматы и сарматы на Нижнем дону. Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета. 224 с.
- Матишов Г.Г., Польшин В.В. 2019. Новые результаты по истории Азовского моря в голоцене // Доклады Академии наук. Т. 489. № 2. С. 90-194.
- Опорные инженерно-геологические разрезы лёссовых пород Северной Евразии. 2008 / Ред. В.Т. Трофимов. М.: КДУ. 608 с.
- Палеогеография Приазовья в голоцене. 2019 / Ред. Г.Г.Матишов. Ростов-на-Дону: Издательство ЮНЦ РАН. 224 с.
- Панин А.В., Малаева Е.М., Голосов В.Н., Иванова Н.Н., Маркелов М.В. 1998. Геолого-геоморфологическое строение и голоценовая история развития Берестовой балки (Ростовская область) // Геоморфология. № 4. С. 70-84.
- Песочина Л.С. 2004. Развитие почв и природной среды Нижнего Дона во второй половине голоцена. Дисс. ... канд. биол. наук. М. 154 с.
- Праслов Н.Д. 1971. Памятники каменного века Южных Ергеней // Краткие сообщения Института археологии. М. С.102-107.
- Свиточ А.А., Янина Т.А., Новикова Н.Г., Соболев В.М., Хоменко А.А. 2010. Плейстоцен Маныча (вопросы строения и развития). М.: Географический факультет МГУ. 136 с.
- Сычева С.А. 2009. Развитие пойменных ландшафтов и ландшафтов в голоцене в районе Куликова поля // Почвоведение. № 1. С. 18-28.
- Ташинова Л.Л., Цуцкин Е.В., Гольева А.А., Богун А.П., Чичагова О.А. 2005. Почвы, погребенные под разновозрастными курганами на Черных Землях Калмыкии // Почвоведение. № 2. С. 149-160.
- Трегуб Т.Ф. 2010. Палеоландшафтные критерии стратиграфии голоцена и корреляция археологических событий суббореального и субатлантического периодов Подонья // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Геология. № 2. С. 94-99.
- Цыбрий А.В., Цыбрий В.В. 2003. Изучение неолита нижнего Дона Северо-восточного и Восточного Приазовья // Неолит и энеолит юга и неолит севера Восточной Европы. СПб. С. 22-29.
- Шишлина Н.И. 2007. Северо-западный Прикаспий в эпоху бронзы (V-III тысячелетия до н.э.) // Труды ГИМ. Вып. 165. М.: Исторический музей. 399 с.
- Шишлина Н.И., Борисов А.В., Клеценко А.А., Идрисов И.А., Чернышева Е.В., Ц. ван дер Плихт. 2015. Стоянка Большая Элиста 1. Теория и практика поиска и изучения поселений древних скотоводов в пустынно-степной зоне // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 17. № 3. С. 252-261.
- Янина Т.А. 2009. Палеогеография бассейнов Понто-Каспия в плейстоцене по результатам малакофаунистического анализа. Автореф. дисс. ... док. геогр. наук. М. 42 с.

ОСОБЕННОСТИ МЕЖГОДОВОЙ И СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СОЛЕННЫХ ОЗЕР В УСЛОВИЯХ АРИДНОГО КЛИМАТА КРЫМА

© 2022 г. И.И. Руднева*, В.Г. Шайда**, А.В. Щерба***

*Морской гидрофизический институт РАН
Россия 229011, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2. E-mail: svg-41@mail.ru2

**ООО «Экосервис-А»
Россия, 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17А

*** ООО «Севстар»
Россия, 299011, г. Севастополь, ул. Хрусталева, д. 74а

Поступила в редакцию 14.12.2021. После доработки 01.03.2021. Принята к публикации 01.04.2022.

На территории Крымского полуострова расположены уникальные озера различного генезиса, обладающие высоким рекреационным и бальнеологическим потенциалом. Они испытывают существенное антропогенное воздействие, которое наряду с засушливым климатом приводит к негативным последствиям для экосистемы, вплоть до утраты биологических и гидроминеральных ресурсов. При этом близлежащие водоемы могут существенно различаться в результате хозяйственной деятельности человека. Озеро Мойнаки на западной окраине г. Евпатория разделено песчаной пересыпью на два водоема Мойнаки 1 (большой) и Мойнаки 2 (меньший). Целью настоящей работы явилось исследование некоторых физико-химических параметров воды (температуры, рН, содержания кислорода, солености, окислительно-восстановительного потенциала Eh) и популяции артемии (*Artemia salina* (L., 1758)) в этих водоемах в период 2018-2020 годов. Сезонная динамика данных параметров характеризовалась увеличением солености и Eh в летний период вследствие повышения температуры воздуха и воды и ее интенсивного испарения. Одновременно происходило снижение содержания кислорода и рН. Выявленные особенности данных процессов были более выражены в Мойнаки 2 по сравнению с Мойнаки 1. Цисты артемии были обнаружены в обоих водоемах, тогда как науплии и взрослые особи только в Мойнаки 2 в 2020 году после пересыхания и последующего восстановления гидрологического режима водоема.

Ключевые слова: гиперсоленые озера, Крым, содержание кислорода, соленость, рН, Eh.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-3-117-125

EDN: TVGBJY

На территории Крымского полуострова находятся уникальные озера различного генезиса, которые обладают высоким рекреационным и бальнеологическим потенциалом. Многие из них располагаются в зоне засушливого климата и испытывают при этом существенное антропогенное воздействие. Совокупное влияние этих факторов приводит к негативным последствиям для экосистемы, вплоть до утраты биологических и гидроминеральных ресурсов (Гулов, 2007). Солёные озера – источники минеральных вод и лечебных грязей, которые являются важнейшими составляющими рекреации и туризма, а также наряду с климатом являются основными компонентами туристической отрасли Крыма. Экологический и оздоровительный туризм становится все более популярным, и уникальные возможности гиперсоленых водоемов полуострова могут способствовать его успешному продвижению (Akhmedenov, 2020).

Поскольку экологическое состояние внутренних водоемов во многом определяется совокупным влиянием на прилегающие территории природных и антропогенных факторов, исследование основных характеристик водных объектов представляет несомненный интерес с точки зрения анализа эффектов взаимодействия суши и водоема и позволяет составить прогноз дальнейшей трансформации экосистемы вследствие этих взаимодействий, в т.ч. в условиях изменения климата (Моисеенко, Гашкина, 2010; Литвиненко и др., 2018; Markova et al., 2021). В ряде случаев

близлежащие водоемы, находящиеся в одних климатических условиях, могут существенно различаться в результате хозяйственной деятельности человека. Примером может служить озеро Мойнаки, расположенное на западной окраине г. Евпатория (Крым) (географические координаты: 45° 11' 5" с.ш. (45.184598), 33° 19' 33" в.д. (33.325812; рис. 1). Более 5 тысяч лет назад это был морской залив, который в результате длительных геологических процессов отделился от моря песчаной косой (пересыпью) шириной около 300 м. Озеро вытянуто с юга на север перпендикулярно береговой линии моря. Длина озера – 1.85 км, наибольшая ширина – 0.89 км, глубина – от 45 см до 1 м. Площадь поверхности – 1.76 км², площадь водосборного бассейна – 30.6 км². Берега невысокие, восточный песчаный берег плавно спускается к воде, а потому удобен для купания.



Рис. 1. Озеро Мойнаки (Евпатория), кружками обозначены места отбора проб.

Изоляция озера Мойнаки и формирование в его экосистеме специфических биотических и абиотических условий способствовали тому, что его вода (рапа) приобрела лечебные свойства, поскольку в течение веков в ней накапливались различные минералы, органические вещества вследствие разложения растений, попадающих с суши. На дне залегает толща донных отложений. Высшая водная растительность развивается успешно лишь в опреснённых верховьях озёра и у выходов маломинерализованных подземных вод, что особенно проявляется в Мойнаки 2 (рис. 2). Тут интенсивно развиваются различные водоросли, наблюдаются явления эвтрофирования, в результате чего в некоторые годы микроводоросли придают озёрной рапе красноватый или зеленоватый оттенок. Среднегодовое количество осадков – около 400 мм. Питание смешанное, осуществляется за счет поверхностных и подземных вод, а также за счет морских фильтрационных. Самая северная оконечность озера является технологической частью грязелечебницы «Мойнаки», где расположены бассейны регенерации лечебной грязи, в эту часть осуществляется сброс вод после процедур в грязелечебнице.

В настоящее время озеро разделено на две части пересыпью (рис. 1). Большая часть площадью 1.71 км² распреснена (рис. 2, Мойнаки 1). Меньшая часть площадью 0.11 км² подвержена сильному

антропогенному воздействию в результате слива в водоем паводковых вод и бытовых стоков (рис. 2, Мойнаки 2).

Антропогенное воздействие на озеро в последние годы возрастает в результате стремительной урбанизации, расширения строительства здравниц и жилых кварталов на побережье и в зоне лечебных озёр, повышения уровня грунтовых вод, вызванное стоками с сельскохозяйственных земель. Все эти факторы нарушают естественный режим экосистем закрытых водоёмов. Лиманы стали быстро опресняться и загрязняться. Повысился уровень грунтовых вод, нарушающий естественные процессы и экосистему озера, минерализация рапы уменьшается, что грозит утратой лечебных свойств водного объекта, а Евпатория может потерять статус бальнеологического курорта, т.к. для 70 % лечащихся здесь отдыхающих основой лечения являются целебные свойства озера Мойнаки (Горячкин, 2020).



Рис. 2. Озеро Мойнаки (Евпатория, Крым).

Учитывая все вышесказанное, а также планируемую в ближайшее время интенсивную застройку берегов озера, целью настоящей работы мы сделали исследование некоторых физико-химических параметров воды и состояния популяции артемии (*Artemia salina* (L, 1758)) в двух водоемах озера Мойнаки в период 2018-2020 годов.

Методы исследования

Пробы рапы отбирали ежемесячно в период 2018-2020 годов в контрольных точках в двух тестируемых акваториях озера Мойнаки (рис. 2). Температуру воды измеряли непосредственно в водоемах с помощью термометра фирмы HANNA.

Показатели pH, окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и содержания кислорода измеряли в лабораторных условиях при помощи анализатора Expert-001 («Econix-Expert Моеха CoLtd.», Россия) в соответствии с методами, изложенными нами ранее (Rudneva et al., 2021).

Анализ жизненных стадий популяций артемии из двух водоемов проводили путем отбора проб рапы с помощью специального устройства объемом рабочей части 5 л. Пробы концентрировали с использованием мелкоячеистого фильтра и подсчитывали различные жизненные стадии рачка под бинокулярным микроскопом МБС-10, показатели выражали в экземпляр/л. Вылупление науплиев из цист артемии оценивали в соответствии с методом, изложенными нами ранее (Rudneva et al., 2021).

Результаты и обсуждение

Максимальная температура воздуха в районе расположения исследуемых водоемов была отмечена в июле-августе: в 2018 году и в 2020 году она достигала +34°C, а в 2019 г. – +31°C (рис. 3). Аналогичная зависимость была характерна и для температуры воды в обоих водоемах. В летние

месяцы температура рапы в большинстве случаев была выше в Мойнаки 2 по сравнению с Мойнаки 1. В 2019 году температура воды во втором водоеме (Мойнаки 2) в летний период превышала показатели 2018 года, а в 2020 году он пересох и оставался сухим с июля по сентябрь и только в октябре наполнился за счет атмосферных осадков.

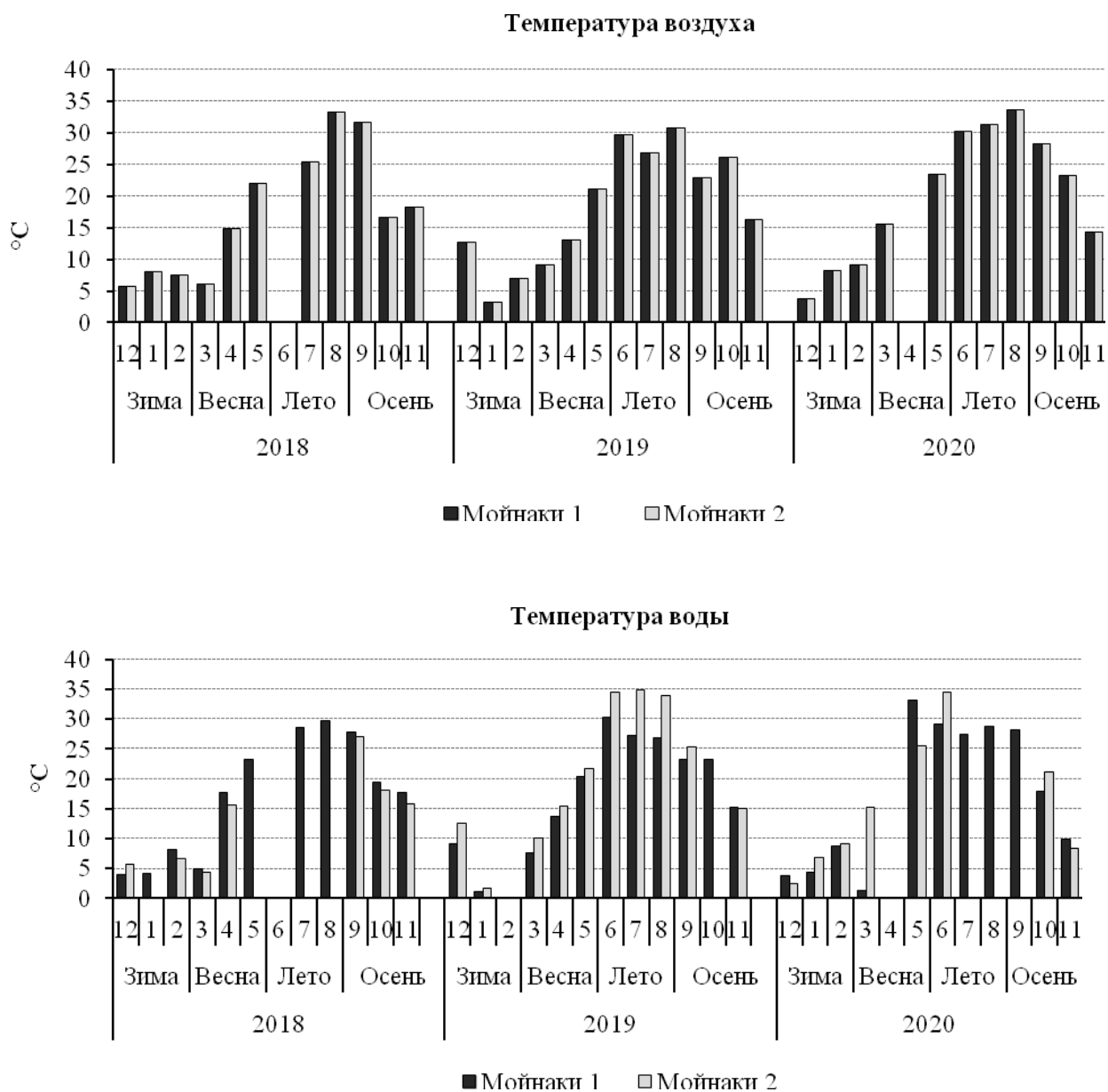


Рис. 3. Изменение температуры воздуха и воды в районе озера Мойнаки.

Изменения солёности в двух водоемах различалось как по значениям, так и по линии тренда (рис. 4). Если в большом водоеме (Мойнаки 1) она колебалась в пределах 40-60‰ в течение года, то в Мойнаки 2 величины были существенно больше, так же как и размах их колебаний – 235-347‰. Более того, водоем пересох и оставался таковым в период июль-сентябрь 2020 года. В 2018 году солёность в Мойнаки 1 изменялась в пределах 41-68‰, снижалась весной и повышалась в летне-осенний период, оставаясь высокой зимой. В 2019 г. солёность варьировала меньше (53.9-65.5‰), но в 2020 году размах колебаний этого показателя возрос от 46.1 до 68.3‰. Причем самое низкое значение было отмечено в январе, но увеличилось в феврале-марте (более 50‰), а в остальные месяцы превышало 60‰.

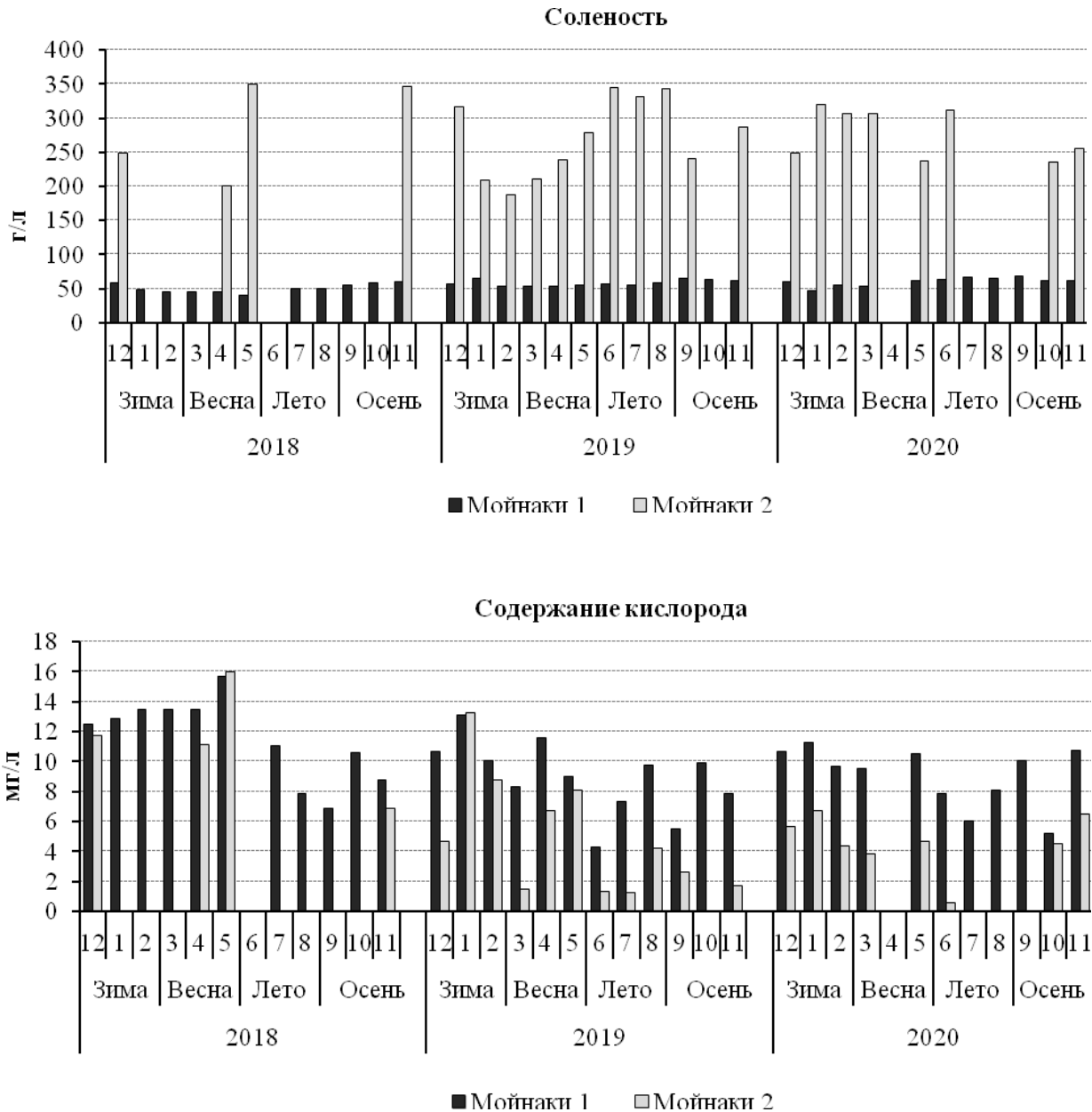


Рис. 4. Изменение солености воды и содержания кислорода в ней в двух водоемах озера Мойнаки.

В водоеме Мойнаки 2 (рис. 4) выявлена иная зависимость изменения солености. В 2018 году значения показателя снизилось до 200‰ весной, но в летне-осенний период возросли до 35‰ и оставались таковыми вплоть до ноября. В 2019 году отмечена сходная динамика солености в водоеме, которая также достигала максимальных величин в июле-августе, но падала осенью и зимой. В 2020 году соленость закономерно возрастала в летний период, после чего последовало пересыхание водоема и осадение соли по его берегам.

Содержание кислорода в воде Мойнаки 1 (рис. 4) варьировало в достаточно широких пределах: 8.8-15.7 мг/л в 2018 году, 4.33-13.14 мг/л в 2019 году, 5.23-11.32 мг/л в 2020 году. Этот показатель увеличивался зимой, оставался таковым в первые весенние месяцы, но летом и осенью снижался. Уровень содержания кислорода в воде Мойнаки 2 также варьировал в пределах 6.87-15.98 мг/л в 2018 году, 1.25-13.26 мг/л в 2019 году, 0.6-6.52 мг/л в 2020 году. Содержание кислорода в воде этого водоема в большинстве случаев во все исследуемые периоды было ниже, чем в воде Мойнаки 1, что особенно было выражено в 2020 году. В летне-осенний период, а также в марте 2019 года уровень содержания кислорода достигал критических значений.

Годовые и сезонные изменения величин рН были менее выражены в воде исследуемых водоемов (рис. 5). рН воды Мойнаки 1 варьировало в пределах 7.2-7.6 в 2018 году, 7.1-7.6 в 2019 и в 2020 гг. В водоеме Мойнаки 2 значения рН изменялись в большей степени от 7.2 до 7.7 в 2018 году, в пределах 6.8-7.8 в 2019 году и 6.9-7.8 в 2020 году. Если в зимние месяцы величины рН воды в озере Мойнаки 1 были одинаковы или снижены по сравнению с соответствующими показателями воды озера Мойнаки 2, то в летние месяцы наблюдалась противоположная тенденция, особенно четко проявившаяся в 2020 году.

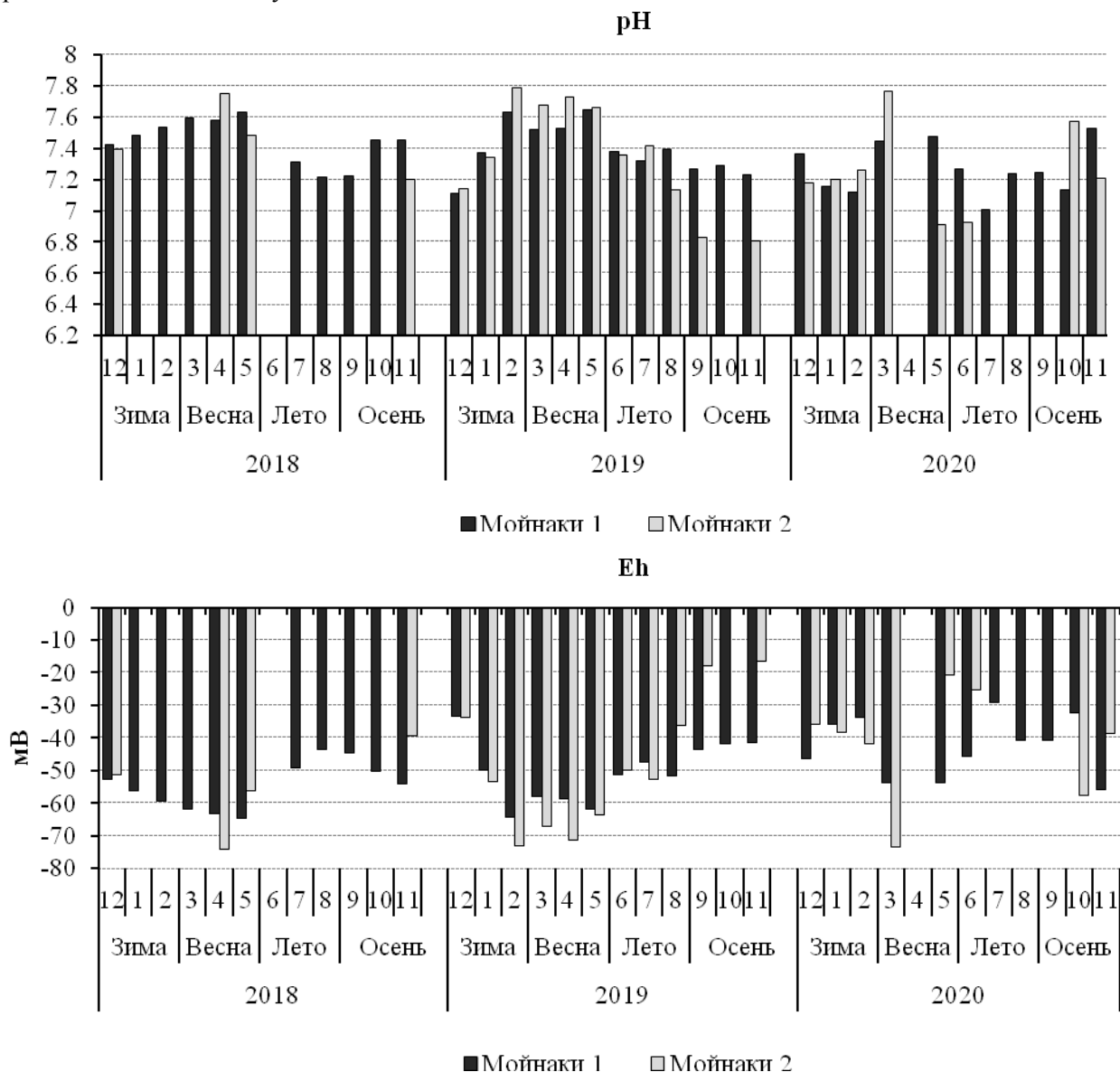


Рис. 5. Изменение рН и Eh в воде двух водоемов озера Мойнаки.

Определенные закономерности были установлены при изучении межгодовой и сезонной динамики окислительно-восстановительного потенциала воды Eh (рис. 5). В 2018 году в воде Мойнаки 1 показатели Eh варьировали от -43.4 в августе-сентябре до -64.4 мВ в весенние месяцы, в 2019 году размах колебаний заключался в пределах от -33.7 мВ в декабре до -64.2 мВ в феврале. В остальные месяцы флуктуации были значительно меньше – в пределах от -47.5 до -61.9 мВ. Можно отметить тенденцию увеличения Eh в летне-осенний период и снижение его в зимне-весенний. В 2019 году Eh изменялся от -29.2 мВ в июле до -55.8 мВ в ноябре. Летом окислительно-восстановительный потенциал был выше, чем зимой.

В 2018 году в водоеме Мойнаки 2 значения окислительно-восстановительного потенциала

колебались в пределах от -39.5 до -74.3 мВ, такая же тенденция отмечена в 2019 году (от -16.6 до -72.9 мВ), а в 2020 году размах колебаний величин Eh заключался в пределах от -25.4 до -73.4 мВ. Следует отметить, что в 2019 году наиболее высокие показатели Eh были установлены осенью, а наиболее низкие – в феврале, в 2020 году минимальные значения Eh были отмечены в марте, а максимальные – в мае.

Анализ состояния биоты в двух исследуемых частях озера Мойнаки показал, что в 2018 году в водоеме Мойнаки 1 в зимне-весенний период присутствовали цисты артемии в количестве 2-4 экз./л и в большом количестве бокоплавыв *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931), тогда как в Мойнаки 2 были выявлены только цисты артемии (*Artemia salina* (L, 1758)). В 2019 году цисты артемии также обнаруживали в обоих водоемах, а в Мойнаки 1 в массовом количестве присутствовали бокоплавыв (*Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931)). В 2020 году ситуация в Мойнаки 1 оставалась такой же, и в период май–ноябрь в водоеме в основном обитали гаммарусы (*Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931)), тогда как в Мойнаки 2, которое оставалось в пересохшем состоянии с июня по октябрь, после заполнения водоема в октябре в озере появились науплии артемии (в среднем 1 циста/л и 3 науплия/л), в ноябре число их увеличилось до 2 цист и 21 науплия в 1 л, и были найдены взрослые половозрелые самки (в среднем 1 особь в 1 л), в декабре при понижении температуры число цист сократилось до 1-3 в 1 л, науплии и взрослые раки не встречались. На берегу озера также были найдены цисты артемии, процент выклева науплиев из которых составил $16.1 \pm 1.1\%$.

Таким образом, результаты исследований позволили выявить определенные закономерности изменения гидрохимических показателей воды и популяции артемии в двух исследуемых водоемах и установить их особенности, обусловленные специфическими условиями межгодовой и сезонной динамики на фоне изменения климата. Район расположения озера находится в зоне засушливого климата и интенсивной антропогенной деятельности, которая выражается в активной застройке близлежащих территорий и высокой рекреационной нагрузке. За последние 100 лет население города Евпатории увеличилось более чем в 7 раз и в настоящее время составляет 120 тыс. человек, а количество отдыхающих в отдельные годы приближалось к 1 млн. человек в год. В результате нерационального использования рекреационных ресурсов и сильного антропогенного прессинга озеро Мойнаки утратило свое лечебное значение (Горячкин, 2020).

В настоящее время предпринимаются определенные меры для возрождения экосистемы озера и возвращения ему рекреационного значения. Это требует тщательного мониторинга его ресурсов и понимания механизмов, лежащих в основе функционирования водных экосистем, расположенных в районах с экстремальными условиями, в том числе испытывающих значительную антропогенную нагрузку (Горячкин, 2020). Необходимо комплексное изучение факторов, определяющих динамику гидроминеральных параметров водоемов в течение определенного времени и, прежде всего, понимание годового цикла изменения важнейших показателей. Эти параметры характеризуют как собственное состояние водного объекта и его ресурсов, так и внешних условий, от которых во многом это состояние зависит. С этой целью в настоящем исследовании была изучена межгодовая и сезонная динамика двух водоемов озера Мойнаки, различающихся своим гидрологическим режимом и уровнем антропогенного воздействия. Поскольку данное гиперсоленое озеро расположено в зоне активной рекреационной деятельности, полученные результаты могут иметь практическое приложение и быть полезны при разработке мер по реставрации экосистемы Мойнаки с целью повышения его рекреационной привлекательности и восстановления ресурсов.

В настоящее время часть озера (Мойнаки 2) при достаточно высоких летних температурах (более $+30^{\circ}\text{C}$) пересыхает, как видно на рисунке 2, и не может быть использована в рекреационных целях, но может представлять опасность для здоровья людей. Исследователями было отмечено, что пересыхающие озера, на дне которых происходит отложение солей, а также всевозможных ксенобиотиков (тяжелых металлов, органических загрязнителей, пестицидов и т.д.), представляют реальную угрозу для здоровья населения. В случае сильных ветров и штормов эти компоненты могут разноситься с песком и другими частицами на большие расстояния и вызывать разные патологии дыхательных путей (Tussupova et al., 2020).

Наши исследования показали, что ежегодно в апреле-мае в районе озера Мойнаки начинался резкий подъем температуры воздуха, которая достигала максимальных значений в июне-августе (свыше $+30^{\circ}\text{C}$), после чего она постепенно снижалась до минимальных значений в декабре-январе ($+2^{\circ}\text{C}$). Динамика изменения температуры в обоих водоемах озера была сходной, при этом

температура воды в Мойнаки 2 была выше, чем в Мойнаки 1, что объясняется тем, что этот водоем более мелкий и имеет меньшие размеры. Быстрее прогревается до критических температур. В исследуемых водоемах четко прослеживаются сезонные колебания солености, которые также были более выражены в Мойнаки 2, где этот показатель в 5-7 раз превышал соответствующие значения в Мойнаки 1, где этот параметр варьирует в меньшей степени. Такая же закономерность отмечена и для значений pH. Известно, что соленость и pH существенно колеблются в морях и в гиперсоленых водоемах как в течение дня, так и в различные сезоны, что определяется как концентрацией отдельных ионов, так и доминирующими буферными системами, соотношение которых в процессе испарения может меняться, что приводит к сдвигу pH (Аладин, Плотников, 2015; Golan et al., 2016; Li et al., 2016; Sirota et al., 2016; Markova et al., 2021)

Увеличение солености в двух водоемах совпадало с летне-осенним периодом, когда при достаточно высокой температуре и отсутствии осадков минерализация возрастала до критических величин в Мойнаки 2 (300-350‰), что сопровождалось полным пересыханием этой части озера и выпадением соли. Учитывая тот факт, что в эту часть водоема происходит сброс бытовых стоков, содержание опасных веществ, находящихся в них, может существенно увеличиться и накапливаться на дне Мойнаки 2 или же разноситься ветром на близлежащие территории, создавая опасность для здоровья человека (Glavaš et al., 2015; Guesdon et al., 2016).

Если эти явления будут повторяться ежегодно, то в Мойнаки 2 уровень вредных веществ может существенно возрасти и превысить нормативные значения. Повышение солености на фоне высокой температуры воздуха и воды, а также накопление вредных веществ в Мойнаки 2 может пагубным образом отразиться на функционировании экосистемы и биоты. В летние месяцы содержание кислорода в данном водоеме снижалось до критических величин (0.52 мл/л), что крайне неблагоприятно влияет на жизнедеятельность сообществ гидробионтов, в том числе микроорганизмов, которые участвуют в процессах минерализации и биотрансформации элементов в соленых озерах (Di Meglio et al., 2016). Помимо этого, снижение содержания кислорода в летний период обусловлено развитием в данном водоеме процессов эвтрофирования в весенний период, после чего дальнейшее повышение температуры и испарение воды приводит к повышению солености и его пересыханию.

Условия в водоемах определяют жизнедеятельность биоты, массовые представители которой могут служить видами-индикаторами экологического состояния водного объекта. Организмы-фильтраторы, к которым относится артемия, являются ключевыми компонентами многих водных экосистем и оказывают существенное влияние на их динамику, в том числе сезонную. Поскольку артемия – доминирующий вид в гиперсоленых озерах, изменения ее популяции являются удобной моделью для решения этих и других проблем, связанных с динамикой сообществ и влиянием внешних факторов на экосистему водного объекта (Sánchez et al., 2016; Wooldridge et al., 2016). Результаты наших исследований показали, что если цисты артемии присутствуют в обоих водоемах, то науплии и взрослые рачки были обнаружены только в Мойнаки 2 в 2020 году после периода его пересыхания и заполнения водой. При этом качество цист артемии, характеристикой которого служит процент вылупления науплиев из яиц, показал невысокое значение $16.1 \pm 1.1\%$, что может отражать отсутствие оптимальных условий для развития артемии в Мойнаки 2 и что отразилось на качестве цист рачка.

Таким образом, комплексное исследование сезонных флуктуаций гидрохимических и гидробиологических характеристик гиперсоленых водоемов может дать существенную информацию для понимания последствий совокупного влияния природных и антропогенных факторов применительно к конкретным географическим районам, а также определить степень экологического риска вследствие возникновения экстремальных ситуаций для этих водоемов (пересыхание) и последствий для экологии человека на примыкающих территориях

Выводы

1. Экологическое состояние двух водоемов озера Мойнаки имело четко выраженную межгодовую и сезонную изменчивость, зависящую от климатических условий и антропогенного влияния.

2. Годовые и сезонные закономерности изменения гидрохимических характеристик воды были в большей степени выражены в меньшем водоеме Мойнаки 1 по сравнению с большим Мойнаки 2.

3. Состояние популяции артемии зависело от экологического состояния водоема, в частности, от солености и температурных флуктуаций.

4. Поскольку озеро Мойнаки подвержено активному антропогенному воздействию, полученные результаты могут быть полезны при разработке мер по реставрации экосистемы с целью повышения ее рекреационной привлекательности и восстановления ресурсов.

Финансирование. Работа выполнена по теме государственного задания МГИ РАН 0555-2021-0004 «Фундаментальные исследования океанологических процессов, определяющих состояние и эволюцию морской среды под влиянием естественных и антропогенных факторов, на основе методов наблюдения и моделирования» (шифр «Океанологические процессы»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аладин Н.В., Плотников И.С.* 2013. Концепция относительности и множественности зон солености и формы существования гидросферы // Труды Зоологического института РАН. № 3. С. 7-21
- Горячкин Ю.Н.* 2020. Изменения береговой зоны Евпатории за последние 100 лет // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. Т.1. С. 1-22.
- Гулов О.А.* 2007. Экоцид крымских соляных озер // Теория и практика восстановления внутренних водоемов. СПб: Лема. С. 60-78.
- Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г., Куцанов К.В., Герасимов А.Г., Разова Л.Ф.* 2018. Влияние изменений климата на запасы цист артемии в озерах западной Сибири // Рыбное хозяйство. № 6. С. 52-59.
- Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А.* 2010. Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды. М.: Наука. 268 с.
- Akhmedenov K.M.* 2020. Tourist and recreational potential of the salt lakes of Western Kazakhstan // GeoJournal of Tourism and Geosites. Vol. 30. No. 2. Pp. 782-787.
- Di Meglio L., Santos F., Gomariz M., Almansa C., López C., Antón J., Nercessian D.* 2016. Seasonal Dynamics of Extremely Halophilic Microbial Communities in Three Argentinian salterns (Article) // FEMS Microbiology & Ecology. Vol. 92. Is. 12. Article No. fw184.
- Glavaš N., Šmuc N.R., Dolenc M., Kovač N.* 2015. The Seasonal Heavy Metal Signature and Variations in the Microbial Mat (Petola) of the Sečovlje Salina (Northern Adriatic) // Journal of Soils and Sediments. Vol. 15. Is. 12. Pp. 2359-2368
- Golan R., I. Gavrieli I., Ganor J., Lazarc B.* 2016. Controls on the pH of Hyper-saline Lakes – A lesson from the Dead Sea // Earth and Planetary Science Letters. Vol. 434. Pp. 289-297.
- Guesdon G., Santiago-Martin A., Raymond S., Messaoud H., Michaux A., Roy S., Galvez R.* 2016. Impacts of Salinity on Saint-Augustin Lake, Canada: Water (Remediation Measures of Watershed Scale // Water (Switzerland). Vol. 8. Is. 7. Article No. 285.
- Li L., Song W., Deng C., Zhang D., Al-Misned F.A., Mortuza M.G., Gadd G.M., Pan X.* 2016. Effects of pH and Salinity on Adsorption of Hypersaline Photosynthetic Microbial Mat Exopolymers to Goethite: A Study Using a Quartz Crystal Microbalance and Fluorescence Spectroscopy // Geomicrobiology Journal. Vol. 33. Is. 3-4. Pp. 332-337.
- Markova N.V., Belokopytov V.N., Dymova O.A., Miklashevskaya N.A.* 2021. Assessment of the Black Sea Temperature and Salinity Climatic Fields for the Recent Climatological Period (1991-2020) // Physical Oceanography. Vol. 28 (4). Pp. 392-403.
- Rudneva I.I., Shaida V.G., Scherba A.V., Zav'yalov A.V.* 2021. Influence of Climatic Factors on Anterannual and Seasonal Dynamics of the Environmental State of the Salt Lake Adzhi-Baichi (Crimea) // Arid Ecosystems. Vol. 11. No. 4. Pp. 436-442.
- Sánchez M.I., Paredes I., Lebowier M., Green A.J.* 2016. Functional Role of Native and Invasive Filter-feeders, and the Effect of Parasites: Learning from Hypersaline Ecosystems // PLoS ONE. Vol. 11. Is. 8. Article No. e0161478.
- Sirota I., Arnon A., Lensky N.G.* 2016. Seasonal Variations of Halite Saturation in the Dead Sea // Water Resources Research. Vol. 52. Is. 9. Pp. 7151-7162.
- Tussupova K., Hjorth A.P., Morave M.* 2020. Drying Lakes: a Review on the Applied Restoration Strategies and Health Conditions in Contiguous Areas // Water. No. 12 (749). Pp. 1-23.
- Wooldridge T.H., Adams J.B., Fernandes M.* 2016. Biotic Responses to Extreme Hypersalinity in an Arid Zone Estuary // South Africa journal of Botany. Vol. 107. Pp. 160-169.

ISSN 1993-3916

ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2022. Т. 28. № 3 (92)

Учредители: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН (ПИБР ДНЦ РАН), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем РАН (ИВП РАН), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Дагестанского научного центра РАН (ИГ ДНЦ РАН).

Свидетельство о регистрации средства массовой информации в Роскомнадзоре (Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций) – ПИ № ФС77-56164 от 15 ноября 2013 г. Подписано в печать 31 августа 2022 г.



ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ ЖМК

Формат 60x 84 ¹/₈

Объем 21 п.л.

Тираж 200 экз.

Заказ №

Тиражировано в типографии ИП Гаджиева С.С.
367025, Махачкала, ул. Юсупова, 47
RIZO-PRESS, Тел. 8(8722) 68-40-21

**Распространяется
только по подписке**

Индекс 39775 (интернет каталог «Пресса России»)

<https://www.pressa-rf.ru/>

Подписка на газеты и журналы на 2022 год Почта России

Оформить подписку на журнал «Аридные экосистемы» можно только онлайн. Цена подписки на издание за минимальный подписной период — **816.70** руб. Стоимость за весь период (4 номера) — **3397.4 Р.** Оплата подписки производится через филиалы Сбербанка РФ (для физических лиц), по безналичному расчету (для юридических лиц), банковской картой «Visa» и «MasterCard», другими электронными способами оплаты через сервис "Робокасса". Доставка товара осуществляется ФГУП "Почта России" бандеролью по всей территории России. По Москве и Московской области для журналов доступна курьерская доставка.