ISSN 1993-3916

Том 24 Номер 1 (74) Март 2018

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

2018

© 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 данных Russian
Science Citation Index, размещенную на платформе Web of
Science, входит в число реферируемых журналов и Базы данных
Scopus, ВИНИТИ, Google Scholar, AGRICOLA, EBSCO Discovery
Service, OCLC, Summon by ProQues включен в Перечень изданий,
рекомендованных ВАК РФ, 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
https://aridecosystems.ru/index.php/ru/; архив полнотекстовых статей по адресу
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8404&code=99990527

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 24, № 1 (74), 2018, март
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, Г. Бйоклунд (Швеция), С.-В. Брекле (Германия), К.Б. Гонгальский, П.Д. Гунин, А. Джилили (Китай), Т.В. Дикарева, Л.А. Димеева (Казахстан), Т.Д. Зинченко, И.С. Зонн, К.Н. Кулик, Г.С. Куст, Ю.А. Мазей, В.В. Неронов, К.З. Омаров, Л. Орловская (Израиль), Б. Оюнгерел (Монголия), А.А. Тишков, В.И. Черкашин, А.А. Чибилев, З.Ш. Шамсутдинов, Н.Г. Мазей (*Ответственный секретарь*)

Редакционный совет:
А.Б. Биарсланов, М.Г. Гланц (США), Джиганг Джанг (Китай), М.Х. Дуриков (Туркмения), В.М. Неронов, Э.А. Рустамов (Туркмения), И.В. Спрингель (Египет), Н.З. Шамсутдинов, П. Шафрот (США), Р.В. Ященко (Казахстан)

Ответственные за выпуск:
Ж.В. Кузьмина*, Н.Г. Мазей*

Адреса редакции:
*Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3, ИВП РАН
Телефон: (499) 135-70-41. Fax: (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: pibrdncran@mail.ru

Москва: Товарищество научных изданий КМК
2018

СОДЕРЖАНИЕ

Том 24, номер 1 (74), 2018 март

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

К 30-летию «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ»
К.Н. Кулик, В.И. Петров, А.С. Рулев, О.Ю. Кошелева, С.С. Шинкаренко 3-10

Биоклиматическая субгумидная зона на равнинах России: засухи, опустынивание и (или) деградация
А.Н. Золотокрылин, Е.А. Черенкова, Т.Б. Титкова 11-17

Экологические последствия потепления климата в Северном Прикаспии
М.К. Сапанов 18-29

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Трансформация полупустынных ландшафтов юго-востока Израиля под влиянием лесонасаждений сосны алеппской (*Pinus halepensis*)
С. Спринцын, М. Шапиро, М. Спринцын, Р. Зайденберг, Е. Денисюк 30-37

Принципы и особенности создания Красных Книг почв степных регионов (на примере Ростовской области)
О.В. Чернова, О.С. Безуглова 38-48

Динамика химических и микробиологических свойств почв пустынно-степной зоны юго-востока Русской равнины во второй половине голоцена (IV тыс. до н.э. – XIII в. н.э.)
Н.Н. Каширская, Т.Э. Хомутова, Т.В. Кузнецова,Н.И. Шишлина, А.В. Борисов 49-58

Геоэкологические проблемы зон горнорудного техногенеза Северного Кавказа
М.Р. Ураскулов, И.А. Богуш, В.И. Черкашин, И.М. Газалиев, А.Р. Юсупов 59-64

Оценка современного состояния растительного покрова Хэнтэйского аймака Монголии
И.Н. Сафронова, Т.Ю. Каримова, Л. Жаргалсайхан 65-75

Влияние аридных условий на распространение ядовитых растений в региональных биомах России
Т.В. Дикарева, С.М. Малхазова, В.Ю. Румянцев, М.С. Солдатов 76-85

Редкие виды млекопитающих аридных и семиаридных региональных биомов России: распределение и охрана
Л.Г. Емельянова, С.А. Тарасова 86-91

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Влияние экологических факторов на рыбоводно-биологические показатели осетровых в аридных условиях замкнутого цикла водоснабжения
М.А. Маммаев, М.М. Шихшабеков, Н.И. Рабазанов, М.С. Курбанов, М.К. Мирзаханов, Р.М. Маммаев 92-97

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 1 (74), с. 3-10

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 631.6.02

К 30-ЛЕТИЮ «ГЕНЕРАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ ЧЕРНЫХ ЗЕМЕЛЬ И КИЗЛЯРСКИХ ПАСТБИЩ»[1]

© 2018 г. К.Н. Кулик, В.И. Петров, А.С. Рулев, О.Ю. Кошелева, С.С. Шинкаренко

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН
Россия, 400062, г. Волгоград, Университетский просп., д. 97
E-mail: olya_ber@mail.ru, vnialmi@bk.ru, vnialmi_recephn@rambler.ru

Поступила 12.04.2017

Рассмотрены основные исторические этапы разработки и реализации крупнейшего природоохранного проекта конца XX века – «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ». Целью данного проекта было осуществление научно-обоснованного комплекса мероприятий по прекращению процессов опустынивания, улучшению хозяйственного состояния пастбищ, повышению их плодородия и охране земель. Реализация Генеральной схемы привела к тому, что на площади свыше 7 тыс. км^2 были выполнены агролесомелиоративные работы, закреплено более 4 тыс. км^2 подвижных песков и более 2.5 тыс. км^2 пастбищ были восстановлены. Согласно прогнозам, при соблюдении всех мероприятий, предусмотренных Генеральной схемой, к 2003-2008 годам должно было произойти сокращение площади зоны экологического бедствия, а затем и полное её исчезновение. Исследование, проведенное с использованием космических снимков Landsat, показало, что данный прогноз частично оправдался: площадь открытых песков, зафиксированная на тестовом участке в 2016 году (27.3 км^2), составляет всего 1% от площади открытых песков, зафиксированных в 1975 году, что является следствием реализации Генеральной схемы, целого ряда природоохранных мероприятий и благоприятных климатических флуктуаций.

Ключевые слова: опустынивание, Черные земли, фитомелиорация, динамика, космические снимки.

DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10001

В 2016 году исполнилось 30 лет с начала проведения первых в нашей стране масштабных мероприятий по борьбе с опустыниванием земель. Начало было положено принятием в 1986 году «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» (далее – Генеральная схема) – основополагающего документа для осуществления научно-обоснованного комплекса мероприятий по прекращению процессов опустынивания, улучшению хозяйственного состояния пастбищ, повышению их плодородия и охране земель.

В данной статье авторы поставили своей целью осветить основные этапы разработки и реализации Генеральной схемы, а также оценить насколько её результаты соответствуют изначально сделанным прогнозам.

Объекты и методика исследований

Черные земли представляют собой обширные пространства общей площадью 35 тыс. км^2, на юго-востоке Республики Калмыкия, южном правобережье Астраханской области и крайнем севере Республики Дагестан. Они граничат с Кизлярскими пастбищами, которые расположены в северной

[1] Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2016-0504 «Провести теоретическое и геоинформационное моделирование, мониторинг, прогноз процессов деградации компонентов агролесоландшафтов на основе аэрокосмических исследований в лесостепной, степной и пустынной зонах и разработать способы управления противодеградационными агролесомелиоративными технологиями предотвращения опустынивания земель, повышения их плодородия и формирования экологического каркаса» ФНЦ агроэкологии РАН.

части Республики Дагестан, между реками Кума и Терек на площади около 15 тыс. км^2. В пределах этой территории для исследования был выбран тестовый участок площадью 8.9 тыс. км^2, ограниченный параллелями 45° 29' и 46° 13' с.ш. и меридианами 45° 21' и 46° 48' в.д., на котором были изучены темпы восстановления опустыненных территорий в результате реализации «Генеральной схемы». В пределах тестового участка расположен государственный биосферный заповедник «Чёрные земли», который занимает площадь 1.2 тыс. км^2.

В работе использованы спектрозональные данные спутниковой съемки системами Landsat 2 MSS (пространственное разрешение 80 м), Landsat 5 TM и Landsat 8 OLI (пространственное разрешение 30 м) за период с 1975 по 2016 годы (рис. 1).

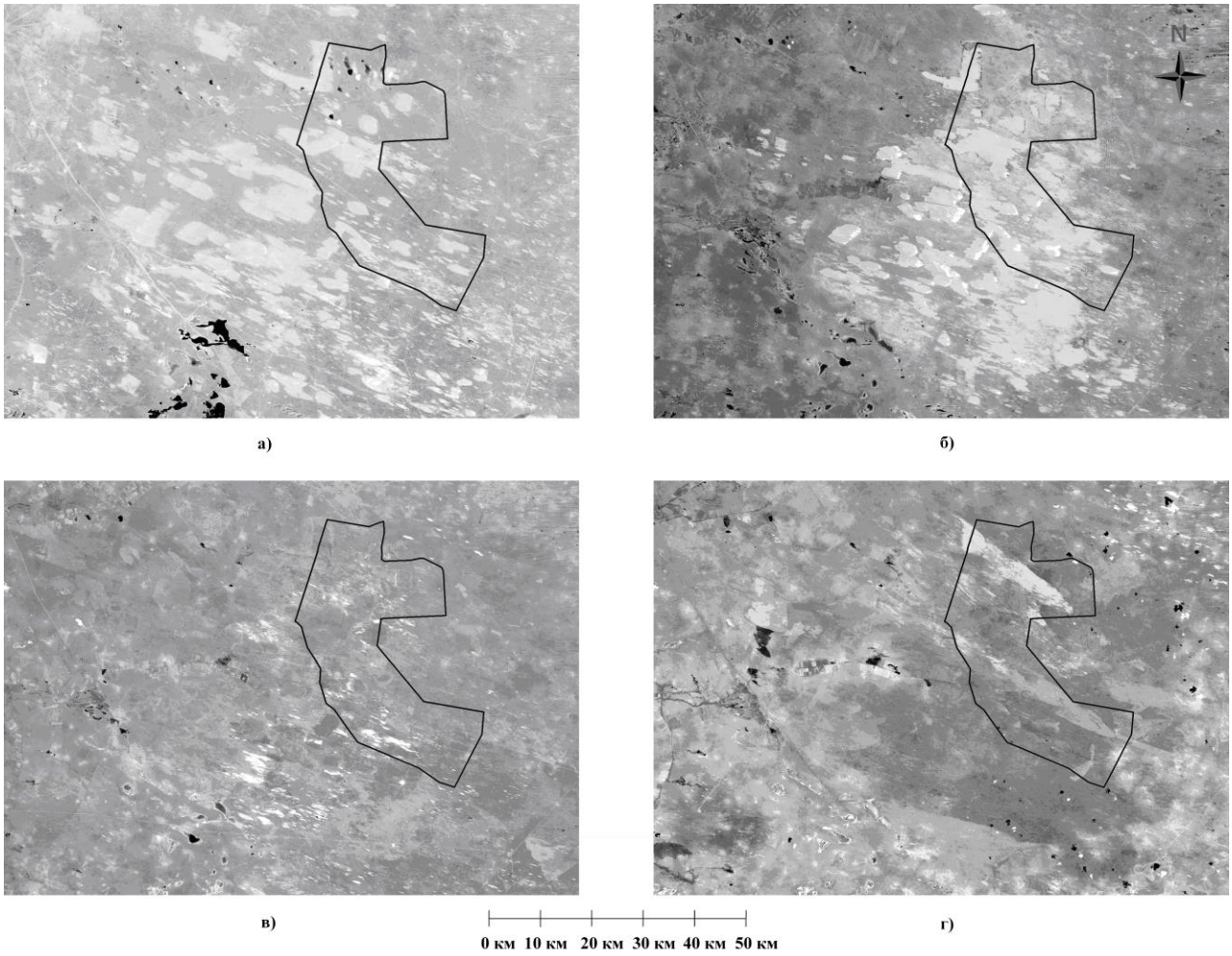


Рис. 1. Тестовый участок (45° 29' – 46° 13' с.ш. и 45° 21' – 46° 48' в.д.) на космоснимках Landsat: а) 1975 г.; б) 1988 г.; в) 2000 г.; г) 2015 г. *Условные обозначения*. Контуром изображена граница заповедника «Черные земли».

Для оценки степени деградации пастбищ по спутниковым снимкам всё большую значимость приобретает нормализованный относительный вегетационный индекс (NDVI), широко применяемый для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова (Гунин и др., 2004; Рулев и др., 2016; Wan at al., 2004). Значения NDVI для тестового участка были рассчитаны в программе QGIS 2.14. Радиометрическая калибровка космоснимков и коррекция атмосферных искажений выполнены средствами GRASS GIS 7. Зоны со значениями NDVI, не превышающими нуля (почва без растительности), были классифицированы как очаги опустынивания и векторизованы, что позволило определить их площади.

История создания «Генеральной схемы …»

Черные земли и Кизлярские пастбища всегда были гордостью народов, их населяющих. Начиная с прихода калмыков на земли Прикаспийской низменности в начале XVII века, здесь преобладало кочевое скотоводство. Пастбища на протяжении многих веков щедро кормили овец, лошадей, крупный рогатый скот, верблюдов и сайгаков. Как известно, при кочевом скотоводстве побеги растений стравливают только один раз в течение года. Это, а также то, что численность верблюдов, лошадей и дикой фауны, главным образом сайгаков, преобладала над численностью овец и коз, после которых травостой пастбищ сильно угнетается, позволяло поддерживать экологическое равновесие и сохранять растительный покров на протяжении нескольких веков.

Начало деструктивных процессов связано с расширенной колонизацией калмыцкой степи русскими переселенцами в конце XIX – начале XX веков. Правительство Постановлением от 28 мая 1954 года № 1023 «О закреплении за колхозами зимних пастбищ госфонда Черные земли и Кизлярских пастбищ» санкционировало передачу земельных участков в постоянное пользование оседлому населению. Это создало трудности для эксплуатации пастбищных степных угодий в регионе, привело к нарушению издавна сложившейся системы кочевок, согласно которой все пастбища делились на сезонные (весенние, летние, осенние, зимние), а также по принципу расположения – ближние и дальние. Черные земли, на которых выпадало наименьшее количество снега в зимний период, всегда использовались как зимние пастбища. Теперь же они стали использоваться круглогодично.

В советский период в регионе создаются крупные коллективные овцеводческие хозяйства. В 1960 году только на Черных землях поголовье овец составляло 1.8 млн. голов. К 1985 году оно достигало уже 3.7 млн. голов без учета 15% разрешенного индивидуального скота и неизвестного количества нелегального поголовья. В то же время поголовье верблюдов, которые не выбивают степную растительность, уменьшилось с 40 до 6.7%. За этот период было построено 2700 кошар и базов, пробурено 600 артезианских скважин, организовано 14 машинно-животноводческих станций. Таким образом, нагрузка на пастбища превысила более чем в 4 раза их фактическую урожайность (Генеральная схема …, 1986; Кулик, 2004; Неронов, 1998).

Еще более пагубным оказалось начавшееся в этот период земледельческое освоение калмыцких степей. Только за одно десятилетие (с 1954 по 1965 гг.) здесь было распахано 1.5 тыс. км^2 ценных пастбищ без проведения каких-либо противоэрозионных мероприятий. А ведь Черные земли и Кизлярские пастбища являются самым аридным районом Европейской России, сравнимым по комплексу климатических показателей лишь с пустынями Средней Азии. В год здесь бывает до 100-120 дней с суховеями, когда скорость ветра достигает 15 м/с. Большую же часть территории Черных земель и Кизлярских пастбищ занимают почвы легкого механического состава, которые отличаются слабой дефляционной устойчивостью. Именно поэтому, процессы деградации не заставили себя ждать – уже к 40-м годам XX века степень разбитости пастбищ в районах с супесчаными почвами увеличилась на 40-50%. Отметим также, что конец 40-х годов XX века ознаменовался началом нового 35-летнего солнечно-климатического цикла Брикнера с достаточно неблагоприятными условиями, в целом снизившими устойчивость пастбищных экосистем Черных земель и Кизлярских пастбищ. Поэтому в этот период дефляция приобрела лавинообразный характер (Генеральная схема …, 1986; Кулик, Петров, 1999; Кулик, 2004).

В итоге экстремальные климатические условия и длительные чрезмерные антропогенные нагрузки превратили этот регион из плоской степной равнины с устойчивым травянистым покровом в подвижное песчаное море, лишенное растительности и непригодное для сельского хозяйства. Изучение повторных аэро- и космоснимков с 1954 по 1993 года (Виноградов, 1993; Кулик, 2004) ясно показывает, что открытые очаги дефляции, соответствующие уровню экологического бедствия, появились на Черных Землях в конце 60-х - начале 70-х годов прошлого века (рис. 2).

Процессами опустынивания было затронуто более 80% территории Калмыкии, из них около 33% находились в сильной и очень сильной степени деградации. В итоге прирост заносимых песком пастбищ ежегодно достигал в среднем 400-500 км^2.

Помимо этого, опустынивание нанесло огромный социальный ущерб: засыпались оросительные каналы, дороги, фермы, кошары. Вследствие выдувания обнажались трубопроводы, основания опор линий электропередач, возросла заболеваемость и отток населения из этих мест. Отсутствие средств

на восстановление нормальной среды обитания явилось причиной исчезновения 25 населенных пунктов в Республике Калмыкии.

К началу 1980-х годов площадь открытых песков и движущихся барханов в регионе достигла 6 тыс. км^2 и, наконец-то, проблема опустынивания Черных земель и Кизлярских пастбищ выводится на государственный уровень: в регионе объявляется режим экологического бедствия. По решению Правительства РФ начинаются работы по составлению «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных Земель и Кизлярских пастбищ», которой, впоследствии, будет придан статус региональной экологической программы. Весь комплекс мероприятий «Генеральной схемы …» осуществляется Главным управлением по восстановлению Черных земель и Кизлярских пастбищ, которое было организовано в 1971 году.

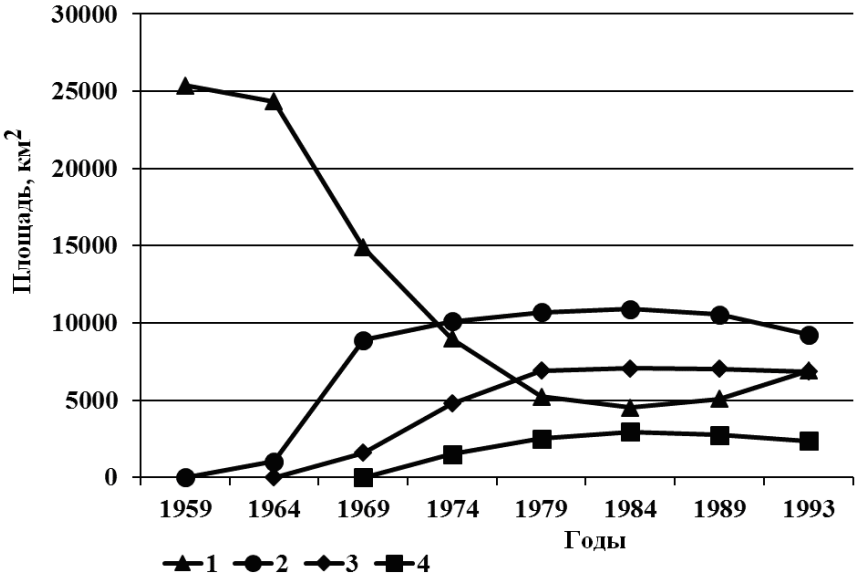


Рис. 2. Изменение площади опустынивания Черных земель республики Калмыкия. *Условные обозначения:* 1 – норма, 2 – риск, 3 – кризис, 4 – бедствие.

Схемой предусматривался целый комплекс мероприятий по борьбе с опустыниванием, в том числе вывод скота с деградированных пастбищ и строительство помещений для него, огораживание пастбищ, работы по обводнению и улучшению пастбищ, создание лесомелиоративных станций, закрепление песков (Генеральная схема …, 1986). Основной пик работ пришелся на первые шесть лет реализации «Генеральной схемы …»: были выполнены агролесомелиоративные работы на площади свыше 7 тыс. км^2, закреплено более 4 тыс. км^2 подвижных песков и передано в эксплуатацию более 2.5 тыс. км^2 восстановленных пастбищ. Именно для этих целей во Всероссийском научно-исследовательском институте агролесомелиорации (ВНИАЛМИ) была разработана уникальная технология закрепления открытых песков по типу многоярусных лесопастбищ, которая не имеет аналогов в мировой практике (Агролесомелиорация, 2006; Манаенков, 2014). Технология включает ряд последовательных операций: фитомелиоративную классификацию и лесомелиоративное обустройство угодий путем создания на них системы пастбищезащитных и мелиоративно-кормовых лесонасаждений, древесных зонтов и затишков, а также формирование высококалорийного кустарниково-травяного покрова. При этом затраты на создание лесопастбищ окупились через 2 года после сдачи их в эксплуатацию. Закрепление барханных песков посадкой и посевом фитомелиорантов (джузгуна, терескена, овса песчаного, кумарчика и др.) также проводилось по технологиям ВНИАЛМИ. В результате резко сократилось время восстановления пастбищ при элиминации из сукцессионного ряда сорно-однолетниковой стадии. Барханные пески через 2-3 года после фитомелиорации переходили в умеренно- и среднесбитый или даже несбитый и слабосбитый тип пастбищ (Агролесомелиорация, 2006; Дурдусов и др., 2001; Манаенков, 2014).

Нельзя не отметить технологию динамического экологического картографирования с использованием материалов аэро- и космической съемки, адаптированную во ВНИАЛМИ для выявления трендов деградации земель. Собственно говоря, благодаря этой технологии удалось проследить многолетнюю динамику процессов опустынивания Черных земель и Кизлярских

пастбищ. Анализ расчетных прогнозных карт 90-х годах показал (рис. 3), что при соблюдении всех мероприятий, предусмотренных «Генеральной схемой …», произойдет последовательное снижение площади зоны экологического бедствия, прекращение очень сильного и полного опустынивания на Черных землях в 2003-2008 годах, а затем и полное его исчезновение (Виноградов, 1993; Кулик, 2004).

Именно этот прогноз мы возьмем за основу в нашем исследовании и по материалам космической съемки оценим результаты реализации «Генеральной схемы …».

Результаты и обсуждение

Анализ разновременных космических снимков тестового участка показал положительный тренд в снижении площади открытых песков на Черных землях (рис. 4). Начиная с 1990 года, стал ощутим положительный эффект пескозакрепительных и фитомелиоративных работ, начатых в конце 80-х годов.

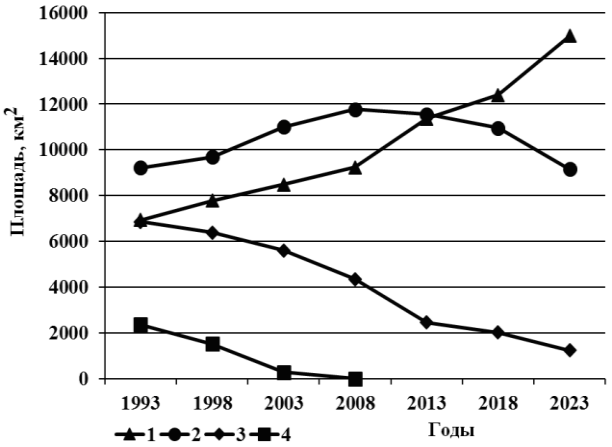


Рис. 3. Прогноз изменения площади опустынивания Черных земель республики Калмыкия. Условные обозначения: 1 – норма, 2 – риск, 3 – кризис, 4 – бедствие.

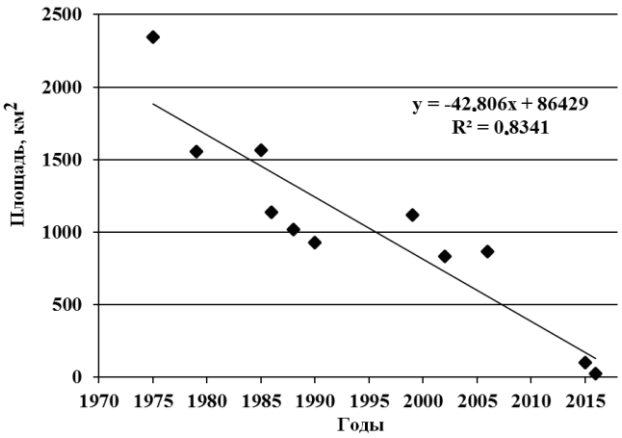


Рис. 4. Изменение площади открытых песков на Черных землях республики Калмыкия в период 1975-2016 гг.

Полученные данные о снижении темпов опустынивания подтверждают исследования других ученых. Так, падение интенсивности опустынивания в Черноземельском очаге в период 2005-2009 гг. было зафиксировано по данным радиометра MODIS (Золотокрылин, Титкова, 2011; Золотокрылин и др., 2016). Ежегодно проводимые мониторинговые исследования, в том числе с применением данных дистанционных съемок (Бакурова, 2007; Мушаева, 2015; Вдовенко, 2016), также отмечают локальное улучшение фитомелиорированных территорий Черных земель и Кизлярских пастбищ, выражающееся в прогрессивных сукцессиях растительного покрова и, как следствие, в увеличении продуктивности угодий и биоразнообразия, появлении самосева терескена. Вместе с тем, рост продуктивности растительности и накопление фитомассы в условиях снижения пастбищных нагрузок и низкой численности её естественных потребителей (например, сайгаков) привело к возникновению масштабных ландшафтных пожаров. В отдельные годы огонь беспрепятственно проходил свыше 4 тыс. км^2 (Дубинин и др., 2010). В ходе полевых исследований было зафиксировано сильное изреживание древесного яруса в 4-х-ярусных лесопастбищах в результате пожаров, которые сформировали сукцессии прогрессивно-регрессивного типа (Вдовенко, 2016; Манаенков, 2014). Таким образом, в условиях сложившегося природопользования пожары становятся одним из ключевых факторов состояния растительности на участке, бывшем 30-40 лет назад крупнейшим ареалом опустынивания на юго-востоке Европейской части России.

Таким образом, фитомелиорация, как прямое следствие реализации «Генеральной схемы …», позволила остановить разрастание песчаных массивов, а посадки кустарников-мелиорантов (джузгун, терескен) послужили «островами» для дальнейшего закрепления травянистой растительности на песках.

Кроме фитомелиорации, на улучшение состояния растительности и почв повлияло снижение поголовья скота, вызванное, скорее, экономическим кризисом 90-х годов прошлого века, чем прямым государственным регулированием. Однако, законодательно был прекращен нелегальный летний выпас скота, пригоняемого с Северного Кавказа. В 1992 году был принят специальный Закон Калмыцкой ССР – Хальмг Тангч «О статусе региона Черные земли», устанавливающий особый правовой режим землепользования на этих землях. Согласно указанному Закону, собственники земли, землевладельцы и землепользователи принимали соответствующие экологические обязанности, а именно использовать кормовые угодья на Черных землях только для целей ведения пастбищного животноводства, не допуская перегрузки их скотом, перетравливания и распашки. В связи с изменением федерального законодательства данный Закон утратил силу в 2002 году, однако продолжает действовать Постановление Верховного Совета Республики Калмыкия – Хальмг Тангч от 4 июня 1992 года № 369-IX «О границах региона Черные земли», согласно которому в состав региона включен земельный фонд общей площадью 36 тыс. км^2. На сегодняшний день в законодательных актах республик Калмыкия и Дагестан оговорено, что отгонные пастбища региона предназначены для ведения пастбищного животноводства и предоставляются только по праву аренды. Деградированным пастбищам для естественного обсеменения предоставляется одно-двухгодичный отдых. Также установлена норма содержание скота не более 50 условных голов овец на 100 гектар пастбищ.

В настоящее время наблюдается восстановление поголовья скота до величин 80-х годов XX века. Возможно, увеличением поголовья в хозяйствах обусловлено небольшое повышение площади очагов опустынивания в 1999-2000-х годах (рис. 4). По данным органов государственной статистики, по состоянию на 1 января 2014 года на территории Черных земель и Кизлярских пастбищ содержится более 1 млн. голов крупного рогатого скота и более 3.5 млн. голов овец и коз. Но распределение животноводческих хозяйств существенно изменилось. В отличие от отгонного животноводства, имевшего место 30 лет назад, в настоящее время поголовье сконцентрировано в окрестностях населенных пунктов и ферм, в то время как на отдаленных от населенных пунктов пастбищах выпаса нет. Это приводит к деградации пастбищ на локальных участках и образованию кольцеобразных ареалов сбитых земель вокруг населенных пунктов, животноводческих точек и колодцев.

Стабилизации экологической ситуации в регионе способствовало создание 11 июня 1990 года заповедника «Чёрные Земли», который является единственным в России полигоном для изучения степных, полупустынных и пустынных ландшафтов, а также охраны и изучения калмыцкой популяции сайгака. На территории заповедника запрещен выпас скота. Снижение нагрузок на пастбища привело к зарастанию и закреплению подвижных песков, в том числе из-за накопления мортмассы.

И, наконец, общие климатические изменения на рубеже веков (Золотокрылин, Титкова, 2011; Кузьмина, Трешкин, 2014), в частности увеличение количества осадков, вызвало рост продуктивности ландшафтов. Так, благоприятная для вегетации флуктуация климата проявилась в Северо-Западном Прикаспии в 1987-1998 годах (Золотокрылин, Титкова, 2011), тем самым усилив восстановление растительного покрова в период падения антропогенной нагрузки.

Анализ литературы и проведенные исследования, к сожалению, позволяют сделать вывод о том, что такой крупномасштабный и социально значимый проект, каким являлась «Генеральная схема …», так и не был доведен до логического завершения. Финансирование работ было выполнено всего на 32%, несмотря на то что прекращение опустынивания, стабилизация экологической системы региона Черные земли и восстановление биологической продуктивности пастбищ были названы среди комплекса неотложных мер по оздоровлению экологической обстановки в РСФСР, утвержденных Постановлением Совета Министров РСФСР от 16 марта 1990 г. Кроме того, на обширных территориях фитомелиорация выполнялась упрощенным методом – посевом песчаного овса без создания противодефляционной защиты из древесно-кустарниковых насаждений. В результате сотни квадратных километров опустыненных территорий оказались занятыми грубостебельными фитоценозами псаммофита, что затруднило естественное заселение остановившихся песков кормовыми травами.

Вместе с тем, можно констатировать, что прогноз, сделанный в 90-х годах прошлого века о прекращении роста и исчезновении очагов опустынивания (категория «бедствие») к 2008 году,

частично оправдался. Площадь открытых песков 27.3 км^2, зафиксированная на тестовом участке в 2016 году, составляет всего 1% от площади открытых песков в 1975 году. Подобное достижение можно считать прямым следствием реализации (пусть и неполной) «Генеральной схемы …» 1986 года.

Тревогу вызывает другое. В настоящее время принята и реализуется Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель России на 2014-2020 годы». Она предусматривает продолжение фитомелиоративных мероприятий на территории Черных земель и Кизлярских пастбищ, однако, уже в виде субсидий арендаторам земель из федерального и региональных бюджетов. Таким образом, положено начало для нарушения устоявшейся и отлаженной (пусть и не полностью финансируемой) системы фитомелиорации, которая до этого проводилась в форме единой организационной структуры. Уже итоги первого года реализации программы показали её негативные стороны: если ранее ежегодно на борьбу с опустыниванием направлялось до 60% финансирования, то в 2014 году на эти цели было направлено только 8% субсидий. При таком отношении создается опасность формирования новой, еще более разрушительной вспышки деградации земель на юго-востоке России.

На этом фоне тревожными выглядят данные о смещении максимального изменения биофизических параметров (альбедо, температура поверхности, влажность почвы и др.) на территорию республики Калмыкия и, как результат, возникновение предпосылок формирования новых очагов антропогенного опустынивания (Золотокрылин и др., 2016). Так, уже зафиксирован небольшой очаг к северо-западу от заповедника «Черные земли».

Заключение

Несмотря на то, что такой крупный экологический проект регионального значения, каковым являлась «Генеральная схема …», не был реализован в полном объеме, тем не менее, его результаты видны и вполне поддаются количественной оценке. Между тем, за цифрами, характеризующими огромные площади искусственно закрепленных песчаных массивов, скрывается иная реальность: хрупкая экосистема с несформировавшимся почвенным покровом и бедноразнотравными фитоценозами, которые уже не смогут обеспечить ни былой продуктивности, ни былой устойчивости пастбищ. Достаточно небольшой антропогенной нагрузки для того, чтобы с таким трудом восстанавливаемое экологическое равновесие было нарушено.

Однако, задача активной борьбы с опустыниванием на Черных землях и Кизлярских пастбищах остается по-прежнему актуальной. Назрела острая необходимость проведения комплексного мониторинга аридных зон Северо-Западного Прикаспия, инвентаризации угодий на Черных землях и Кизлярских пастбищах и корректировки по их результатам «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» 1986 года. Главная причина – нерациональное бессистемное использование пастбищ – всё еще требует своего решения, наряду с ликвидацией последствий приемами агролесомелиорации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агролесомелиорация. 2006. Волгоград: ВНИАЛМИ. 746 с.

Бакурова К.Б. 2007. Агролесомелиоративное картографирование и эколого-экономическая оценка деградированных ландшафтов (на примере Северо-Западного Прикаспия). Автореф. дис. … канд. сельскохоз. наук. Волгоград. 26 с.

Виноградов Б.В. 1993. Современная динамика и экологическое прогнозирование природных условий Калмыкии // Проблемы освоения пустынь. № 1. С. 29-37.

Вдовенко А.В. 2016. Восстановление нарушенных экосистем Черноземельских и Кизлярских пастбищ // Научно-агрономический журнал. № 1. С. 25-29.

Генеральная схема по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ. 1986. Кн. 1. Ростов-на-Дону. 262 с.

Гунин П.Д., Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Бажа С.Н. 2004. Динамика состояния растительного покрова южной Монголии по данным NDVI // Аридные экосистемы. Т. 10. № 24-25. С. 29-34.

Дубинин М.Ю., Лущекина А.А., Раделоф Ф.К. 2010. Оценка современной динамики пожаров в аридных экосистемах по материалам космической съемки (на примере Черных земель) // Аридные экосистемы. Т. 16. № 3 (43). С. 5-16.

Дурдусов С.Д., Зулаев М.С., Кулик К.Н., Петров В.И., Хегай В.Е. 2001. Фитомелиоративная реконструкция и

адаптивное освоение Черных земель. Волгоград-Элиста. 322 с.

Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б. 2011. Тенденция опустынивания Северо-Западного Прикаспия по MODIS-данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 8. № 2. С. 217-225.

Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Виноградова В.В. 2016. Динамика летнего увлажнения и биофизических параметров аридных пастбищ Европейской части России в 2000-2014 гг. // Аридные экосистемы. Т. 22. № 1 (66). С.5-10.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2014. Климатические изменения в бассейне Нижней Волги и их влияние на состояние экосистем // Аридные экосистемы. Т. 20. № 3 (60). С. 14-32.

Кулик К.Н., Петров В.И. 1999. Древние очаги дефляции на Черных землях и возможности их фитомелиорации // Аридные экосистемы. Т. 5. № 10. С. 57-64.

Кулик К.Н. 2004. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. Волгоград: Издательство ВНИАЛМИ. 248 с.

Манаенков А.С. 2014. Лесомелиорация арен засушливой зоны. Волгоград: Издательство ВНИАЛМИ. 420 с.

Мушаева К.Б. 2015. Оценка современного состояния агропастбищных ландшафтов полупустынной зоны республики Калмыкия с применением ГИС-технологий // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки. № 1 (11). С. 100-106.

Неронов В.В. 1998. Об истории пастбищного природопользования в калмыцких степях // Степной бюллетень. № 2. С. 58-59.

Рулев А.С., Канищев С.Н., Шинкаренко С.С. 2016 Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заволжья Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 13. № 4. С. 113-123.

Wan Z., Wang P., Li X. 2004. Using MODIS Land surface temperature and Normalized Diference Vegetation index products for monitoring drought in the southern Great Plains, USA // International journal of remote sensing. № 25 (1). P. 61-72.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 1 (74), с. 11-17

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 551.5

БИОКЛИМАТИЧЕСКАЯ СУБГУМИДНАЯ ЗОНА НА РАВНИНАХ РОССИИ: ЗАСУХИ, ОПУСТЫНИВАНИЕ И (ИЛИ) ДЕГРАДАЦИЯ[1]

© 2018 г. А.Н. Золотокрылин, Е.А. Черенкова, Т.Б. Титкова

Институт географии РАН
Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29. E-mail: azolotokrylin1938@yandex.ru

Поступила 10.04.2017

Определены границы биоклиматических зон (семиаридной, сухой субгумидной и субгумидной) на равнинах России, соответствующие значениям 0.35, 0.50, 0.75 индекса аридности (AI – отношение среднего ежегодного уровня осадков к потенциальной эвапотранспирации). Потенциальная эвапотранспирация вычислялась по методу Х.Л. Пенмана. Сухая субгумидная зона (сухостепные ландшафты) расположена между изолиниями 0.35<AI<0.50, а субгумидная (преимущественно степные на Восточно-Европейской равнине и лесостепные ландшафты на Западно-Сибирской равнине) – между изолиниями 0.50<AI<0.75. Субгумидная зона характеризуется повышенной частотой атмосферных и почвенно-атмосферных засух в некоторых районах, которые можно рассматривать как эпизодически аридные. Спутниковый индикатор деградации земель (альбедо) показывает значимый положительный тренд деградации в сухой субгумидной и семиаридной зонах и положительный, но неустойчивый – в субгумидной.

Ключевые слова: опустынивание, семиаридная и субгумидная зона, деградации земель, эвапотранспирация.
DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10002

Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием определяет опустынивание как: «деградацию земель в засушливых, полузасушливых и сухих субгумидных районах в результате действия различных факторов, включая вариации климата и деятельность человека» (Конвенция …, 1994). Формально определение опустынивания ограничивает территорию сухими субгумидными землями. С другой стороны, уже официально признается, что и вне этой территории возможна угроза деградации земель (Резолюция десятой сессии Конференции Сторон Конвенции Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием, UNCCD COP 10). Для территории РФ, это, прежде всего, субгумидные земли. Ранее подверженность субгумидных районов России засухам и опустыниванию (без установления их формальных биоклиматических границ) и необходимость включения их в оценку опустынивания была рассмотрена в работах Г.С. Куста с соавторами (Куст и др., 2002; Куст, 2013).

Впервые биоклиматические границы мировых аридных районов были показаны на «Мировой карте аридных районов» в масштабе 1:25000000 (Map of the World …, 1979). Изменение индекса аридности (AI) (отношение среднего ежегодного уровня осадков к потенциальной эвапотранспирации) было основанием выделения районов разной степени аридности. Потенциальная эвапотранспирация вычислялась по методу Х.Л. Пенмана (Penman, 1948). Территория, на которой AI принимает значения от 0.50 до 0.75, интерпретировалась как субгумидная зона. Распространение субгумидных районов на территории России можно было оценить на этой карте только приблизительно. Северная граница и площадь засушливых земель равнин России в условиях современного климата в соответствии с рекомендацией Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием впервые были исследованы в работе А.Н. Золотокрылина и Е.А. Черенковой (2009).

Следует отметить, что в отечественных классификациях климата по условиям влагообеспеченности распространен термин коэффициент увлажнения. Его динамика, включая

[1] Исследование выполнено в рамках темы 79 (п. 0148-2014-0015) плана ФНИ ИГ РАН, а также в рамках темы: «Исследования механизмов изменений климата и их последствий для окружающей среды и социально-экономических процессов в России», рег. № 01201352488.

биоклиматические границы гумидной зоны на равнинах России на основе данных метеосети и результатов численных экспериментов с глобальными климатическими моделями с использованием метода Ц.В. Торнтвейта (Thornthwaite, 1948), изучалась в работах Е.А. Черенковой и А.Н. Золотокрылина (2010, 2012). Выбор метода Ц.В. Торнтвейта для расчета потенциальной эвапотранспирации связан с его простотой (потенциальная эвапотранспирация рассматривается как функция температуры воздуха) и доступностью данных о температуре. Сравнение различных методов оценки потенциальной эвапотранспирации для территории юга Восточно-Европейской равнины показало, что метод Ц.В. Торнвейта является надежным методом для расчета потенциальной эвапотранспирации (Черенкова, Шумова, 2007; Черенкова, 2009). Метод Х.Л. Пенмана более физичен, и для его расчета используются данные о радиационном балансе поверхности, температуре, относительной влажности воздуха и скорости ветра. В отличие от густой сети метеостанций количество актинометрических станций ограничено, что вынуждает для оценки составляющих радиационного баланса использовать расчетные методы.

Научный интерес к изучению субгумидной зоны обусловлен ее значимостью как черноземной житницы страны. Территория зоны характеризуется недостаточным и неустойчивым атмосферным увлажнением и подвержена огромным природным и антропогенным рискам (засухи, деградация и (или) опустынивание). Как следствие этого, она затрагивается сильными и экстремальными атмосферными засухами часто переходящими в атмосферно-почвенные (Золотокрылин и др., 2014). Антропогенная деградация значительной части территории в результате длительной сельскохозяйственной эксплуатации вызвала потерю почвенного плодородия, что усилило признаки почвенной засухи и развитие условий почвенной аридности (Куст и др., 2010). Таким образом, в условиях неустойчивого увлажнения и антропогенной деградации почв вероятно увеличение прогрессирующей почвенной аридности на некоторой части зоны.

Статья ориентирована на понимание проблемы: изменение климата и засух, деградации и (или) опустынивания в субгумидной зоне. Существует настоятельная необходимость проведения таких исследований с целью прояснения связей между изменением климата и засухами, деградацией земель и (или) опустыниванием для своевременной разработки упреждающих методов адаптации.

В статье впервые анализируется размещение выделенной по методу Х.Л. Пенмана биоклиматической субгумидной зоны на равнинах России. Ее размещение сравнивается с положением суббореальных зональных ландшафтов (Исаченко, 2002).

Особенность работы заключается, с одной стороны, в изучении распространения атмосферных засух в субгумидной зоне, ответственных за развитие аридизации. Засухи фиксировались с помощью стандартного индекса осадков (Свобода и др., 2012) и индекса суровости засухи И.Ц. Палмера (Palmer, 1965) в сравнении с другими индексами (Черенкова, Золотокрылин, 2016). И с другой стороны, в обосновании косвенной оценки подверженности субгумидной зоны к воздействию изменения климата (атмосферного увлажнения) на деградацию земель с помощью спутникового спектрального альбедо.

Материалы и методы

Территория исследования включает южные части Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин в пределах суббореальных зональных ландшафтов на территории России. Путь решения задачи заключается в вычислении индекса аридности по методу Х.Л. Пенмана (AIP), построении границ субгумидной зоны, оценки ее площади, сравнительного анализа положения зональных ландшафтов в пределах этой зоны в период 1981-2010 гг. Отметим, что границы биоклиматических зон и их площади в некотором смысле условны, поскольку изолинии проведены на основе данных индекса аридности, интерполированных методом кригинга.

Среднемесячные данные потенциальной эвапотранспирации были взяты из глобального архива Университета Восточной Англии (Climatic Research Unit, CRU TS3.21, Harris et al., 2014) с пространственным разрешением 0.5x0.5°. При этом потенциальная эвапотранспирация рассчитывалась по формуле, рекомендуемой Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (Food and Agriculture Organization, FAO; Allen et al., 1998).

Распространение засух в биоклиматических зонах исследовано с помощью стандартизованного индекса осадков (Standardized Precipitation Index, SPI) и индекса суровости засухи В.Ц. Палмера (Palmer Drought Severity Index, PDSI). Значения индекса SPI формируются на основе сумм осадков

посредством трансформации наиболее близко соответствующей распределению количества осадков функции вероятности гамма-распределения в функцию нормального распределения с нулевым средним и среднеквадратическим отклонением равным единице. Это делает показатель сравнимым в любой точке его расчета (McKee et al., 1993). В работе рассмотрены значения трехмесячного стандартизованного индекса SPI за июль из глобального архива Университета Восточной Англии (Climatic Research Unit, CRU TS3.21; Harris et al., 2014) с пространственным разрешением 0.5x0.5°.

Изменения среднемесячного «самокалибрующегося» индекса суровости засухи В.Ц. Палмера (PDSI, Palmer Drought Severity Index) анализировались по данным из глобального сеточного архива Университета Восточной Англии с пространственным разрешением 0.5x0.5° (Van der Schrier et al., 2006). Индекс В.Ц. Палмера рассчитывается по метеорологическим данным (месячным значениям температуры и осадков), а также локальным константам влагоемкости почвы. Данные используются для оценки составляющих водного баланса на поверхности почвы по упрощенной схеме влагопереноса в почве. Расчет PDSI основан на применении совокупности эмпирических зависимостей, отражающих региональные запасы влаги, стандартизированные по отношению к локальной климатической норме. Для учета кумулятивого эффекта продолжительных периодов дефицита влаги используется рекурсивная двухэтапная процедура построения индекса, то есть его значение на определенном временном интервале зависит от его значения на предыдущем шаге. Полученный в итоге стандартизованный индекс В.Ц. Палмера оценивает 11 градаций увлажнения выбранной территории от экстремальных засух до избыточного увлажнения. Описание процедуры получения индексов PDSI и SPI и градаций увлажнения приведено в работах (Черенкова, 2013; Черенкова, Золотокрылин, 2016).

В качестве индикатора деградации земель принято среднее на территории (7 апреля – 30 сентября) спектральное альбедо поверхности за период 2000-2016 гг., вычисляемого как отношение радиации, отражаемой некоторой поверхностью, к радиации, падающей на эту поверхность. Альбедо целесообразно рассматривать в качестве комплексного индикатора деградации почв, который зависит от состояния ее поверхности, включая ее влажность, растительность, степень эродированности, склонность к осолонцеванию и т.д. Конечно, один такой индикатор не может отразить разнообразие причин и особенностей процессов деградации земель.

Альбедо (BRDF-Albedo Model Parameters 16-Day L3 0.05 Deg CMG) определялось по модели MCD43 C1 версии 005 с дискретностью 16 дней. В данной версии объединены данные спутников MODIS/Terra+Aqua BRDF/Albedo (Данные … MODIS, 2017) центра LP DAAC NASA: Land Processes Distributed Active Archive Center.

Результаты и обсуждение

Северная биоклиматическая граница субгумидной зоны (изолиния AIP=0.75) начинается в степной зоне у западной границы России (рис. 1). Далее она заходит в Центральную лесостепь, восточнее ее пересекает южную часть широколиственно-лесной зоны и у Волги выходит на границу между степью и лесостепью. Настоящие (типичные) степи с черноземами южными и обыкновенными целиком входят в субгумидную зону на Европейской части страны. За Уральским хребтом северная граница локализуется в подтаежной зоне, оставляя южнее лесостепь, и только восточнее, в Новосибирской области и Алтайском крае, проходит по лесостепи. Ландшафты южной части подтаежной зоны, лесостепные и степные распространены в субгумидной зоне Западно-Сибирской равнины.

Положение изолинии AIP=0.50, трактуемой на «Мировой карте аридных регионов» (Map of the World …, 1979) как южная граница субгумидной зоны, фактически совпадает с границей сухой субгумидной зоны (AIT=0.65), определенной по методу Ц.В. Торнтвейта. Согласно Конвенции граница AIT=0.65 отделяет от субгумидных районов «засушливые, полузасушливые и сухие субгумидные районы», в которых отношение среднего ежегодного уровня осадков к потенциальной эвапотранспирации колеблется в диапазоне от 0.05 до 0.65.

Принимая это во внимание, мы установили значение изолинии для биоклиматической южной границы сухой субгумидной зоны AIP=0.35, которое фактически соответствует значению AIT=0.50, т.е. границе семиаридной зоны. Таким образом, границы субгумидной зоны на равнинах России соответствуют значениям 0.50 и 0.75 коэффициента увлажнения по Х.Л. Пенману. Тогда значение AIP колеблется в сухой субгумидной зоне в диапазоне 0.35-0.50.

Как видно из таблицы, площадь субгумидной зоны, вычисленной с учетом AIP, составляет в России 0.97 млн. км^2, на Восточно-Европейской равнине – 0.54 и на Западно-Сибирской – 0.43 млн. км^2. Тогда площадь земель, которые могут затрагиваться опустыниванием и (или) деградацией, засухой или находиться под их угрозой увеличивается до 1.42 млн. км^2.

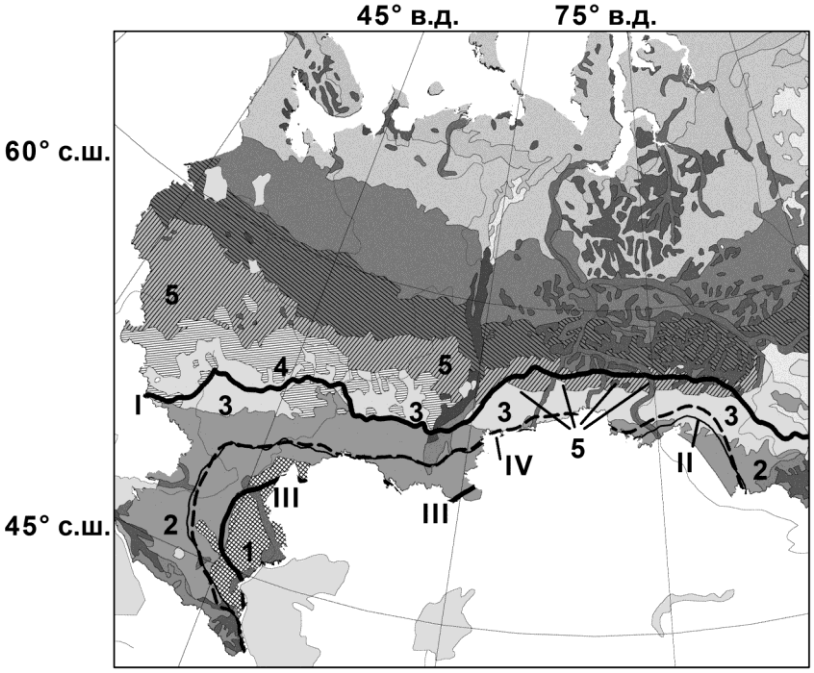


Рис. 1. Биоклиматические границы субгумидной зоны. *Условные обозначения*. Границы: I – северная субгумидной зоны (изолиния со значением индекса аридности по Х.Л. Пенману, AIP=0.75; II – южная субгумидной зоны (изолиния с AIP=0.5; Ш – семиаридной зоны (изолиния с AIP=0.35); IV – северная сухой субгумидной зоны (изолиния со значением индекса аридности по Торнтвейту, AIT=0.65). Ландшафты: 1 – полупустынные и пустынные, 2 – степные типичные и сухостепные, 3 – лесостепные, 4 – широколиственно-лесные, 5 – подтаежные.

Рассмотрим распространение засух на территории исследуемых биоклиматических зон. Засуха – комплексное природное явление с сильнейшими региональными аномалиями температуры и влажности (осадков, влагосодержания почвы; Гидрометеорологические опасности, 2001). Ввиду сложной природы засухи обычно ограничиваются изучением одной из ее сторон, проявляющейся или в атмосфере, или в почве.

По данным исследования (Садоков и др., 2002) атмосферно-почвенная засуха чаще образуется вследствие длительной атмосферной засухи и усиливается почвенной. Наблюдались годы, когда почвенная засуха усиливалась атмосферной, а атмосферно-почвенная засуха характеризуется сочетанием почвенной и атмосферной засух.

Субгумидная и сухая субгумидная зоны отличаются от семиаридной более высокой частотой (в среднем на одну засуху в десятилетие). Частота атмосферной засухи (SPI) распространена в субгумидной зоне неравномерно. Наибольшая частота (две засухи за 10 лет) SPI наблюдается в нескольких районах: это Среднее Поволжье, Южное Предуралье, юг Западной Сибири (Омская и Новосибирская области; рис. 2 а). В этих районах возможны более 2 сильных засух за десять лет. На остальной территории частота засух уменьшается в среднем до одной-двух в десятилетие.

В отличие от индекса SPI, преимущество индекса PDSI определяется его комплексностью. Он чувствителен к изменению влажности почвы, которая не учитывается SPI. Его можно считать показателем атмосферно-почвенной засухи. Наибольшие частоты засухи PDSI (3-5 засух за 10 лет) наблюдались в субгумидной и сухой субгумидной зонах (рис. 2 б, в, г). Максимальная частота (5 засух за 10 лет) отмечалась в разные месяцы вблизи северной и южной границ субгумидной зоны: в мае в Верхнем Поволжье и в предгорьях степного Алтая, июне – в западной части Оренбургской

области, в июле – в Верхнем Поволжье, западной части Оренбургской области и Тюменской области. Сильная подверженность засухам субгумидных районов, включая граничащих с ними некоторых гумидных районов, позволяет считать их периодически аридными.

Таблица. Площади биоклиматических зон, вычисленных по индексу аридности с использованием метода Х.Л. Пенмана (AIP).

Биоклиматические зоны	Границы индекса аридности	Площадь, млн. м^2 AIP		
		Россия	ВЕР*	З-С**
Полузасушливая (семиаридная)	0.2-0.35	0.11	0.11	–
Сухая субгумидная	0.35-0.5	0.34	0.28	0.06
Субгумидная	0.5-0.75	0.97	0.54	0.43
Все зоны	0.2-0.75	1.42	0.93	0.49

Примечание к таблице: ВЕР* – Восточно-Европейская равнина, **З-С**** – Западно-Сибирская равнина.

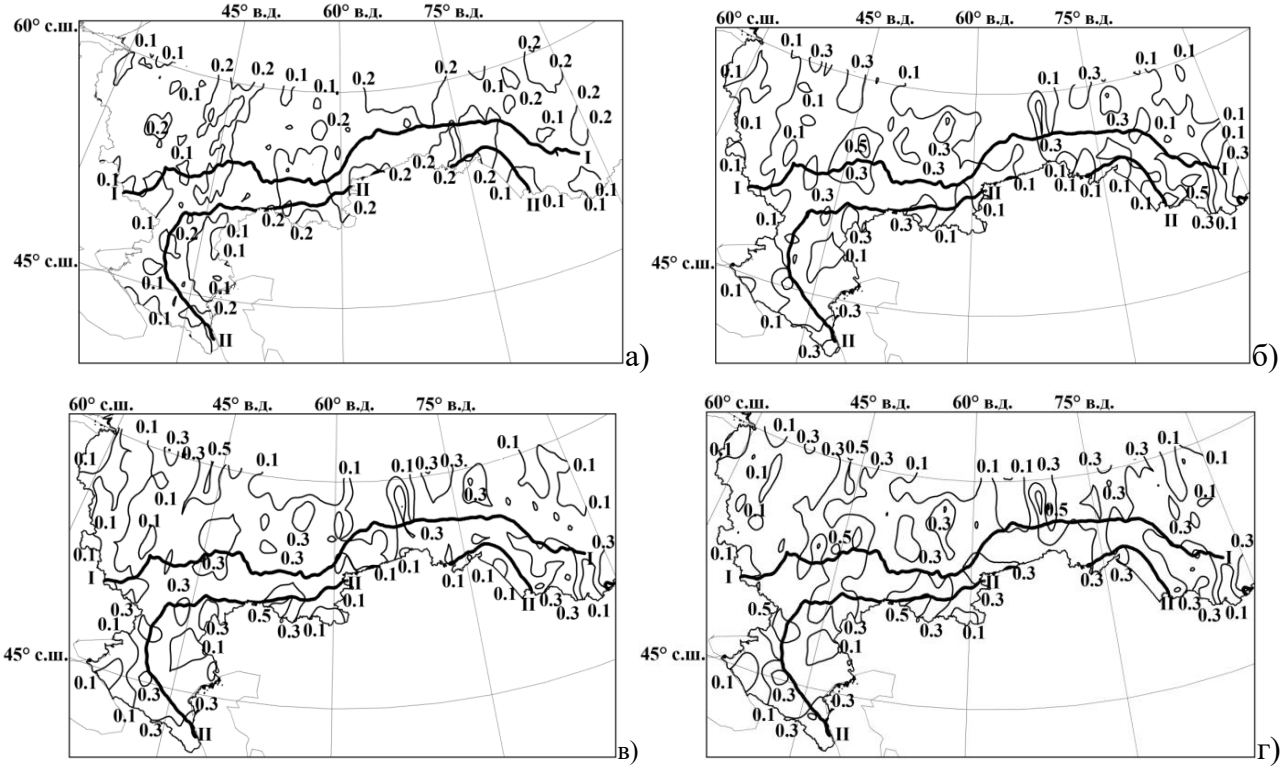


Рис. 2. Частота засух (случаи/год) на территории исследования в период 1981-2010 гг.: а) по данным 3-месячного индекса SPI в июле, б) по данным индекса PDSI в мае, в) июне, г) июле. *Условные обозначения*. Биоклиматические границы субгумидной зоны: I – северная (изолиния с AIP=0.75), II – южная (изолиния с AIP=0.5).

Засухи, наряду с антропогенными воздействиями, обостряют процессы деградации земель. На рисунке 3 (а, б) изображен межгодовой ход индикатора деградации земель – альбедо, осредненного на территории субгумидной, сухой субгумидной и семиаридной зон за период 2000-2016 гг. Значимый положительный линейный тренд альбедо со скоростью 0.014 за 10 лет свидетельствует о систематическом росте деградации земель в сухой субгумидной и семиаридной зонах (рис. 3 а). На рисунке 3 значимо проявляются экстремальные изменения альбедо в 2001 г. (засуха) и в 2016 г. (переувлажнение), вызванные климатическими экстремумами увлажнения. Положительный тренд

альбедо не значим на территории субгумидной зоны, т.е. процесс деградация земель усиливается эпизодически во время засух (рис. 3 б). Положительные экстремумы альбедо в 2005, 2010, 2014 гг. указывают на сильные засухи, которые охватили большую часть субгумидной зоны. Частота засухи за период 2000-2016 гг. составила 0.18 сл./год.

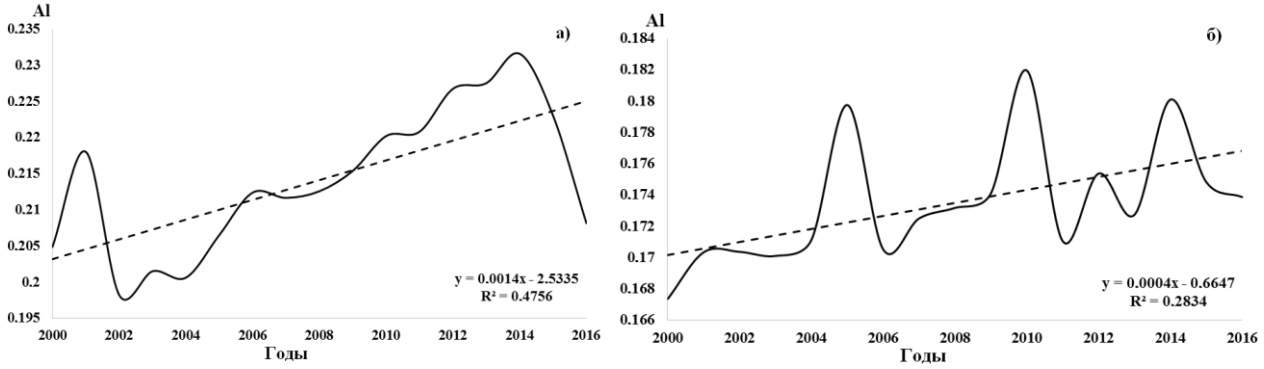


Рис. 3. Межгодовой ход альбедо поверхности (Al), осредненный по территории: а) сухой субгумидной и семиаридной зон (44-51° с.ш., 35-65° в.д.) со скоростью тренда 0.014 за 10 лет; б) субгумидной зоны (51-53° с.ш. 35-65° в.д.) со скоростью тренда 0.004 за 10 лет.

Заключение

Определено положение границ биоклиматических зон (субгумидной, сухой субгумидной, семиаридной) на равнинах России по индексу аридности (отношению среднего ежегодного уровня осадков к потенциальной эвапотранспирации, вычисленной по методу Х.Л. Пенмана). Индекс аридности вычислялся для периода 1981-2010 гг. Преимущественно степные и отчасти лесостепные, широколиственно-лесные ландшафты локализуются в субгумидной зоне на Восточно-Европейской равнине. Степные, лесостепные и отчасти подтаежные ландшафты представляют субгумидную зону на Западно-Сибирской равнине.

Субгумидная зона характеризуется повышенной частотой атмосферных и почвенно-атмосферных засух в некоторых районах, которые можно рассматривать как эпизодически аридные.

Спутниковый индикатор деградации земель показывает значимый положительный тренд деградации в сухой субгумидной и семиаридной зонах и положительный, но неустойчивый в субгумидной.

В оценку засух, опустынивания и (или) деградации земель целесообразно включать слабо и периодически аридные субгумидные территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гидрометеорологические опасности. 2001. М.: Издательская фирма КРУК. 296 с.

Данные спутников MODIS. 2017 [Электронный ресурс https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_products (дата обращения 10.03.17)].

Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Мещерская А.В., Страшная А.И., Черенкова Е.А. 2014. Засухи и опустынивание. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет. С. 551-587.

Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А. 2009. Площадь засушливых земель равнин России // Аридные экосистемы. Т. 15. № 37. с. 5-12.

Исаченко А.Г. 2002. Карта «Ландшафты» // Экологический атлас России. С.-Пб.: Издательский дом "Карта". 128 с.

Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и (или) опустынивание. 1994. UN General Assembly. A/AC.241/27. 12 September 1994. RUSSIAN. Original: ENGLISH. [Электронный ресурс http://www.unccd.int/fr/programmes/RioConventions/Pages/Rio-pllus-20-.aspx (дата обращения 05.05.2016)].

Куст Г.С. 2013. Еще раз об использовании и трактовке термина «опустынивание» в России // Аридные экосистемы. Т. 19. № 3 (56). С. 83-90.

Куст Г.С., Розов С.Ю., Кутузова Н.Д. 2010. Антропогенная деградация черноземов как причина развития

почвенной засухи, снижающей продуктивность сельскохозяйственных культур // Аридные экосистемы. Т. 16. № 1 (41). С.16-27.

Куст Г.С., Глазовский Н.Ф., Андреева О.В., Шевченко Б.П., Добрынин Д.В. 2002. Основные результаты по оценке и картографированию опустынивания в Российской Федерации // Аридные экосистемы. Т. 8. № 16. С. 7-27.

Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н. 2002. Образование атмосферно-почвенной засухи с учетом почвенной и атмосферной засушливости // Труды Гидрометцентра России. Вып. 337. С. 48-56.

Свобода М., Хайес М., Вуд Д. 2012. Всемирная метеорологическая организация: Руководство для пользователей стандартизированного индекса осадков // ВМО-№ 1090, Женева. М.: Свобода. 18 с.

Черенкова Е.А., Золотокрылин А.Н. 2016. О сравнимости некоторых количественных показателей засухи // Фундаментальная и прикладная климатология. № 2. С. 79-94.

Черенкова Е.А. 2013. Количественные оценки атмосферных засух в Европейской России // Известия РАН. Серия географическая. № 6. С. 76-85.

Черенкова Е.А., Золотокрылин А.Н. 2012. Модельные оценки динамики увлажнения равнин России к середине XXI века // Метеорология гидрология. № 11. С. 29-37.

Черенкова Е.А., Золотокрылин А.Н. 2010. Реакция границ зон увлажнения равнин России на изменения климата // Метеорология гидрология. № 12. С. 17-25.

Черенкова Е.А. 2009. Сравнение показателей увлажнения суббореальных равнинных ландшафтов России // Аридные экосистемы. Т. 15. № 40. С. 5-12.

Черенкова Е.А., Шумова Н.А. 2007. Испаряемость в количественных показателях климата // Аридные экосистемы. Т. 13. № 33-34. С. 55-67.

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: FAO. 300 p.

Harris I., Jones P.D., Osborn T.J., Lister D.H. 2014. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset // International journal of climatology. Vol. 34. P. 623-642.

Map of the World Distribution of Arid Regions. 1979. // Man and the Biosphere (MAB). UNESCO. Technical Notes 7. Paris.

McKee T.B., Doesken N.J., Kliest J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. Anaheim, USA. 3. 179-184.

Palmer W.C. 1965. Meteorological Droughts, US Department of Commerce Weather Bureau Research. Paper 45. 58 p.

Penman H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society. London. A 193. P. 120-146.

Thornthwaite C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate // Geografical review. Vol. 38. P. 55-94.

UNCED. 1992. Rio de Janeiro. P. 1-12.

Van der Schrier G., Briffa K.R., Jones P.D., Osborn T.J. 2006. Summer moisture variability across Europe // Journal of Climate. Vol. 19. P. 2818-2834.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 1 (74), с. 18-29

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 574.581.5:574.591.5

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА В СЕВЕРНОМ ПРИКАСПИИ[1]

© 2018 г. М.К. Сапанов

Институт лесоведения РАН
Россия, 143030, Московская обл., с. Успенское, ул. Советская, д. 21. E-mail: sapanovm@mail.ru

Поступила 23.03.2017

Показаны результаты мониторинга с середины XX в. природно-климатических условий полупустыни на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН, Северный Прикаспий. Целью наблюдений было определение влияния изменения климата на среду обитания, динамику и состояние живой природы компонентов экосистем. Исследованиями коллектива стационара выявлено повышение среднегодовой температуры воздуха на 2.20°С, отмечена периодичность в увлажненности территории за счет изменения количества атмосферных осадков. При этом, в период повышенной увлажненности (1980-1994 гг.), произошло повышение уровней грунтовых вод и уровней воды в водоемах, увеличилась продуктивность травяных сообществ, повысилась урожайность зерновых культур и увеличилась численность диких копытных животных (сайгаков). В последующий засушливый период (1995-2009 гг.) снизился сток весенних талых вод, мелели и пересыхали водоемы, повторялись засухи из года в год, что отрицательно сказалось на развитии компонентов экосистем. В целом, климатические изменения не нарушили динамически-равновесного состояния естественных экосистем (например, продуктивности целинных фитоценозов, поголовья диких животных), однако длительные периоды засух вызвали необратимое ухудшение состояния и гибель лесных посадок, а также многолетние неурожаи зерновых культур на зональных типах почв, нарушая стабильность получения сельскохозяйственной продукции. Полученные результаты исследования указывают на необходимость применения адаптивной технологии мелкоконтурного (так называемого «очагового») земледелия, максимально приспособленного к природно-климатическим условиям этого региона.

Ключевые слова: потепление климата, аридные экосистемы, травяные сообщества, поголовье сайгаков, лесные культуры.

DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10003

Современное глобальное потепление климата доказано многолетними метеорологическими наблюдениями, однако механизмы и степень его влияния на природные экосистемы изучены недостаточно. Проблема настолько серьезна, что ее обсуждают в ООН, создаются специализированные научные журналы, формируются научные проекты планетарного масштаба. Прогнозируются необратимые катастрофические природные явления: затопление освоенных территорий, таяние вечной мерзлоты, сдвиг географических природных зон. В изначально засушливых регионах ожидается усиление процессов аридизации и климатического опустынивания, более того, в некоторых прибрежных государствах предрекается невозможность проживания населения вследствие повышения относительной влажности воздуха до опасного уровня, при котором затрудняется испарение с поверхности кожи (Барталев и др., 2008; Золотокрылин, Титкова, 2010; Аненхонов, 2012; Chen, Weber, 2014; Liu et al., 2014; Han et al., 2015; Christoph, 2016).

К сожалению, значительная часть научных публикаций имеет прогнозный характер. При этом, пороговой величиной возникновения необратимых процессов в экосистемах принято считать повышение среднегодовой температуры воздуха выше 2°С (Lewin, 1985; Логофет и др., 2005; Голубятников, Денисенко, 2007; Черенкова, Золотокрылин, 2012; Zeppel et al., 2014). Между тем, в

[1] Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» и РФФИ (Проект № 18-04-00246А).

некоторых регионах России с середины XX в. такое потепление климата уже произошло, например, в Северном Прикаспии, междуречье Волги и Урала (Сапанов, Сиземская, 2010, 2015).

Цель данной работы – на основе 60-летних инструментальных наблюдений показать общий сценарий развития и динамики естественных экосистем и рукотворных сельскохозяйственных ландшафтов Прикаспийского региона под влиянием изменения климата.

Объекты и методы исследований

Работа выполнена на Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН (49° 23' с.ш. и 46° 47' в.д.), который расположен вблизи оз. Эльтон, где с середины XX в. ведется постоянный мониторинг природно-климатических условий и опубликовано более 800 научных работ, значительная часть которых посвящена особенностям функционирования природных экосистем (Сапанов и др., 2012).

Территория стационара репрезентативна для ландшафтов суббореальных полупустынь Северного Прикаспия и представляет собой почти идеальную равнину с тяжелосуглинистыми отложениями и разреженной гидрографической сетью небольших рек и озер. Основная часть территории представлена трехчленным комплексным почвенным покровом, в котором значительная часть всей площади приурочена к автоморфным микроповышениям рельефа (~75%) и занята солончаковыми солонцами и слабозасоленными светло-каштановыми почвами, на которых, соответственно, произрастают низкопродуктивные полукустарничковые и злаково-полукустарничковые сообщества. Остальная площадь (~25%) – это локальные блюдцеобразные понижения (так называемые, западины и падины), занятые незасоленными полугидроморфными лугово-каштановыми почвами с богатой разнотравно-злаковой растительностью (Роде, Польский, 1961). В данной работе рассматриваются именно эти сообщества западин, как наилучший индикатор динамики растительного покрова этой территории.

Засоленные грунтовые воды (5-10 г/л) залегают на глубине около 5.5 м в пределах материнской породы тяжелосуглинистого состава при мощности капиллярной каймы менее 3 м. Под локальными понижениями рельефа имеются пресные воды линзового характера. Они периодически образовываются вследствие инфильтрации талых вод во время весеннего снеготаяния. Эти линзы как бы «плавают» на поверхности более тяжелой соленой воды. Их размеры зависит от размеров понижений. Грунтовые воды застойные вследствие равнинности территории и отсутствия разгрузки в гидрографическую сеть. Поэтому отмечается зеркальная мозаичность типов почв и минерализации грунтовых вод под ними (Распопов, 1956; Роде, Польский, 1961; Киссис, 1963).

В работе рассматриваются особенности динамики уровня воды в Каспийском море и небольшом оз. Челкар. Эти водоемы были выбраны нами в связи с наличием данных по динамике их уровней во времени. Каспийское море является самым крупным водоемом в мире, расположено в замкнутом понижении на стыке Европейского и Азиатского континентов и лежит на 27 м ниже уровня мирового океана. Длина моря около 1030 км, максимальная ширина – 435 км, минимальная – 196 км. Глубина более 1000 м (в южной части), водосборная площадь – свыше 3.1 млн. км^2. Вся территория Прикаспийской низменности относится к водосборной площади Каспия.

Бессточное оз. Челкар (50° 33' с.ш. и 51° 41' в.д.) имеет средний диаметр около 16 км при средней глубине 5 м и располагается выше уровня Каспийского моря на 43 м. Площадь водосбора – около 4 тыс. км^2. Вода горько-соленая (Сапанов, 2010). Это озеро, территория Джаныбекского стационара и Каспийское море равноудалены друг от друга на расстояние 350-400 км.

Погодные условия представлены, преимущественно, по данным Джаныбекской метеостанции Казгидромета, которая расположена в 4 км к СВ к ССВ от стационара. Испаряемость вычислялась за каждый месяц вегетационного сезона (апрель-сентябрь) с использованием средних многолетних месячных данных по температуре и относительной влажности воздуха по формуле Н.Н. Иванова (1962).

На стационаре проводятся комплексные наблюдения за многими показателями изменения природных условий: режимом грунтовых вод, ежегодным формированием снежного покрова и особенностями его таяния, максимальной ежегодным формированием фитомассы растительных сообществ, развитием и состоянием лесонасаждений. Эти наблюдения проводятся по стандартным методикам, которые приняты в экологии и многократно апробированы в научной литературе.

Результаты и обсуждение

Динамика температуры воздуха и атмосферных осадков. Климат района исследований резкоконтинентальный с амплитудой температур воздуха 80° (от -40°С зимой до +40°С летом) и засушливый, с преобладанием испаряемости (1002 мм) над годовым количеством осадков (291 мм), более чем в три раза. При этом, изменчивость климата обусловливает возникновение периодов большего и меньшего увлажнения (Роде, 1959; Динесман, 1960; Сапанов, Сиземская, 2015).

Средняя температура воздуха за гидрологический год +7.4°С (амплитуда от +10.3°С до +4.3°С), за осенне-зимний период –3.4°С (амплитуда от +0.8°С до –8.1°С), за весенне-летний +18.2°С (амплитуда от +21.0°С до +16.1°С.

Сравнение данных среднегодовых температур воздуха на Джаныбекском стационаре с аналогичными показаниями расположенных вблизи него метеостанций Росгидромета Александров Гай и Эльтон (150 км и 35 км соответственно), выявляют тесную сопряженность колебаний по годам (r=0.95, r=0.96 соответственно, P>0.99), с некоторым различием по величине среднегодовых температур (6.6°С и 8.4°С соответственно). Это говорит об отсутствии обособленности нашего объекта от прилегающей равнинной территории по температурному режиму воздуха. Отметим, что аналогичная ситуация наблюдается и по количеству выпадающих атмосферных осадков.

Прямолинейный тренд среднегодовой температуры воздуха на стационаре за весь период исследований выявил ее повышение на 2.2°С (0.035°С/год). Это связано, в основном, с постепенным потеплением холодного период года на 3.1°С (0.05°С/год), а теплого на – 1.4°С (0.023°С /год). Средняя температура осенне-зимнего периода повышалась постепенно, и уже в начале 2000-х годов часто была около 0°С, однако затем с 2008 г. началось заметное похолодание. И, наоборот, средняя температура воздуха за весенне-летний период мало изменялась в течение многих десятилетий, и лишь с 2005 г. обозначился ее подъем (рис. 1). Как видим, в конце первого десятилетия 2000-х годов переменилась направленность трендов температур холодного и теплого периодов года. Это указывает на непостоянство сценария регионального потепления климата и затрудняет прогнозы.

Увеличение температуры воздуха в 1966-1995 гг. за зимне-весенний сезон на 1°С на территории Прикаспия и Тургая было отмечено Т.Б. Титковой (2003). Такую особенность потепления она объясняет увеличением влияния Атлантики на термической режим данной территории, особенно в холодный период.

Для нормального функционирования аридных экосистем кроме изменения температурного режима воздуха, большое значение имеет изменение увлажненности территории. Среднее количество осадков здесь составляет 291 мм. На холодный период года приходится 135 мм (с амплитудой 150-498 мм), при месячной норме 18-25 мм. Основная часть этой влаги перераспределяется по площади и депонируется в почвогрунте. На теплый период приходится 156 мм (с амплитудой 44-354 мм), при месячной норме 22-33 мм. Эта влага сразу же участвует в эвапотранспирации наземных экосистем или же испаряется из водоемов. Испаряемость в теплое время года (апрель-сентябрь) многократно превышает количество осадков, достигая в июле максимума – 232 мм.

За все время исследований линейный тренд количества осадков выявил их увеличение за гидрологический год (0.63 мм/год), главным образом, за счет выпадения в весенне-летние месяцы и в определенный период 1987-1994 гг. (рис. 2). Постепенное увеличение осадков в этот период при незначительном изменении температуры воздуха вызвало повышение относительной влажности воздуха и понижение испаряемости (в основном, в апреле – июле и сентябре). Тем самым улучшились климатические условия для жизнедеятельности живых организмов.

Ежегодное состояние вегетационного сезона охарактеризовано нами видоизменным коэффициентом увлажнения (Реймерс, 1990), который отличается от общеизвестного отношением годового количества осадков не к годовой величине испаряемости, а к испаряемости вегетационного сезона (апрель-сентябрь). Коэффициент увлажнения (Реймерс, 1990) вычисляется делением количества доступной воды на эвапотранспирацию наземных экосистем, в том числе, накопленной влаги в почве (мм), на ежегодную испаряемость (мм). Биологический и физический смысл этого коэффициента заключается в выявлении степени увлажненности вегетационного сезона (Реймерс, 1990; Сапанов, 2006; Сапанов, Сиземская, 2010, 2015). Полученные значения этого коэффициента указывают на существенное повышение увлажненности рассматриваемой территории в 1980-1994 гг.

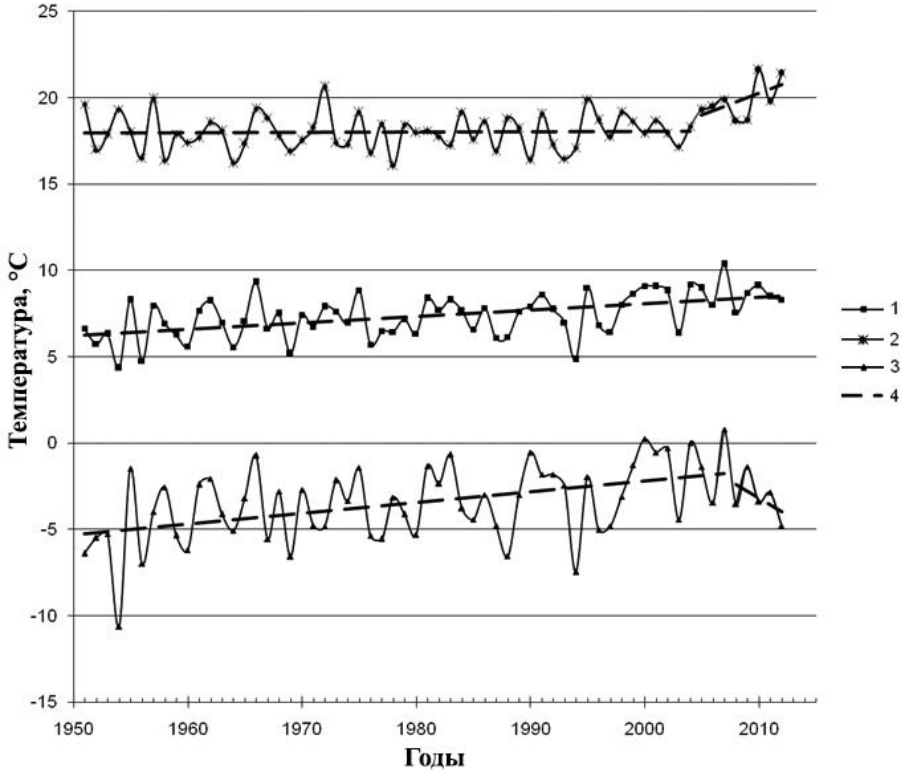


Рис. 1. Динамика среднемесячной температуры воздуха в Северном Прикаспии. *Условные обозначения*: 1 – за гидрологический год, 2 – за теплый период года, 3 – за холодный период года, 4 – прямолинейные тренды показателей за те же периоды.

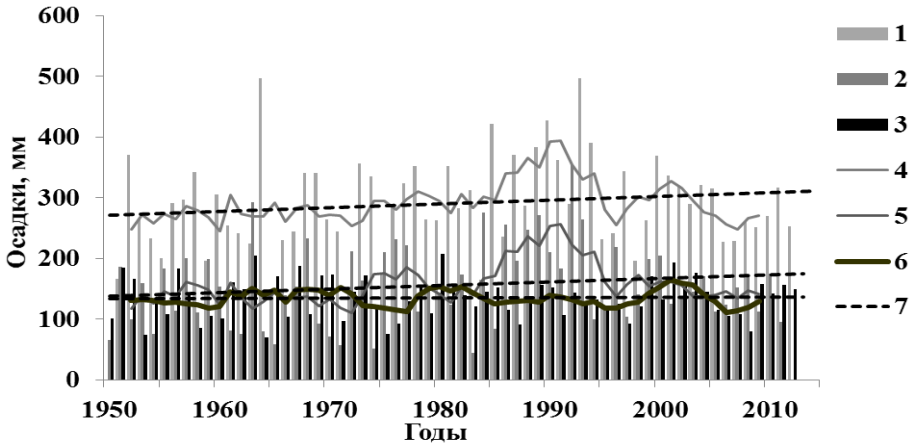


Рис. 2. Динамика сумм осадков в Северном Прикаспии. *Условные обозначения*: 1-3 – за гидрологический год, за теплый и холодный периоды года, соответственно, 4-6 – те же значения, выровненные методом 5-летних скользящих средних, соответственно, 7 – линейные тренды тех же значений.

Таким образом, в Северном Прикаспии, за более чем полувековой период произошла существенная трансформация климатических условий, связанная, в значительной степени, с потеплением воздуха на 2.20°С, и возникновением периодичности в увлажненности территории за счет изменения количества осадков. При этом отчетливо выделяется период максимального (1980-1994 гг.) и минимального (2000-е годы) увлажнения, которые и обусловили за время наблюдений наиболее заметные динамические процессы в экосистемах этого региона.

Динамика уровней грунтовых вод и уровней воды в водоемах. Наиболее существенное влияние климат оказал на динамику уровня грунтовых вод в период повышенной увлажненности территории (1980-1994 гг.). Уровень грунтовых вод в это время поднялся более чем на 2 м с глубины 6.5-7 м до отметки 4.4-4.8 м от поверхности земли. Эти динамические явления в застойных грунтовых водах на равнинной территории обусловлены: (а) подъемом его уровня вследствие поступления воды при инфильтрации атмосферных осадков во время снеготаяния и (б) его опусканием из-за физического испарения влаги с поверхности почвы и десукции растительных сообществ (Распопов, 1956; Роде, Польский, 1963; Сапанов, 2006, 2007).

На равнинной территории Северного Прикаспия грунтовые воды пополняются, преимущественно, по локальным понижениям мезо- и микрорельефа (так называемое, потускулярное водоснабжение). Ежегодное приращение уровня (от нескольких до десятка сантиметров) происходит во время снеготаяния при сквозном промачивании почвогрунта. Существенное же приращение происходит в случае заполнения понижений рельефа талыми водами при весеннем поверхностном стоке. Инфильтрация этой влаги в почвогрунт образует водяные купола в несколько метров, которые затем постепенно исчезают с образованием пресных линз, плавающих на соленых грунтовых водах. Как видим, динамический процесс осложнен еще и гидростатическим выравниванием зеркала грунтовой воды.

Заполнение локальных понижений рельефа талыми водами зависит от мощности снежного покрова, глубины промерзания почв и скорости нарастания температуры воздуха при снеготаянии. Обычно весенний поверхностный сток талых вод происходил периодически, через каждые 2-5 лет. Однако после 1994 г. значимого стока не было 15 лет подряд. С этого времени уровень грунтовых вод начал понижаться как за счет уменьшения приходной части баланса, так и вследствие увеличения общей засушливости климата (рис. 3 а). Сезонное опускание уровня грунтовых вод происходит тем быстрее и ниже, чем жарче и суше было лето. Зимой уровень воды стабилизируется, что еще раз указывает на их застойность и отсутствие процессов интенсивного подземного оттока и/или притока влаги. При этом, мощная толща зоны аэрации в почвогрунте, которая располагается над капиллярной каймой, является своеобразным буфером и огранивает ежегодный испарение влаги из грунтовых вод (Роде, 1959; Распопов, 1956; Киссис, 1963: Сапанов, 2007, 2010; Барабанов и др., 2012).

В период повышенной увлажненности территории (1980-1994 гг.) не только поднялся уровень грунтовых вод, но и все периодически обсыхающие водоемы на изучаемой территории были всегда заполнены водой. В дальнейшем, отсутствие поверхностного стока вызвало обмеление или даже пересыхание небольших водоемов (особенно, прудов), которые впоследствии заполнились лишь в 2010-2011 гг. Как видим, общая водность территории также обусловлена частотой и мощностью поверхностного весеннего стока талых вод.

Нами была проанализирована динамика уровней грунтовых вод на стационаре и уровней воды в озере Челкар и Каспийском море. Выявлена тесная сопряженность современных флуктуаций уровней воды, несмотря на несоизмеримость площадей водосборов рассматриваемых водоемов, их акваторий, объемов речного стока и других параметров (рис. 3 б, в). Ранее аналогичные выводы были получены А.В. Шнитниковым для всего Волжского бассейна (Шнитников, 1961).

Известно, что уровень воды любого открытого водоема не изменяется при равенстве приходно-расходных статей баланса. В рассматриваемых водоемах суммарная высота необходимого ежегодного приращения слоя воды должна быть соизмерима с величиной естественной ее убыли вследствие испарения (около 1000 мм). Сопряженность динамики уровней воды в оз. Челкар и Каспийском море, очевидно, обусловлена одним механизмом погашения дефицита воды в водоемах. Имеется в виду одновременное их наполнение и обеспечение одинаковой мощности водяного слоя, несмотря на несоизмеримость площадей водосбора и объемов речного стока, а также одинаковая ежегодная толщина испаряющегося слоя воды с поверхности этих водоемов (Сапанов, 2007, 2010).

В Каспийском море и оз. Челкар ежегодный подземный приток-отток воды, как и в грунтовых водах, очевидно, также ничтожно мал и не может обеспечить заметную флуктуацию мощности слоя воды из-за равнинности рельефа территории и отсутствия гидростатического напора. Тенденция к повышению уровня воды в водоемах возникает при значительном возрастании объема речного стока, увеличении осадков in situ и/или уменьшении засушливости теплого периода года. Такая ситуация, очевидно, сложилась в 1980-1994 гг., когда уровни воды в оз. Челкар и Каспийском море поднялись

более чем на 2 м. Понижение уровней происходит при снижении поступления воды и/или увеличения засушливости теплого периода года, как это произошло в дальнейшем (Сапанов, 2007, 2010).

В связи с вышеизложенным, сокращается площадка для дискуссий о причинах «внезапного» долговременного опускания или подъема уровня Каспийского моря. Увлекательный поиск возникновения ежегодной «невязки» в динамике его уровня, при несовершенстве расчетов водного баланса, породил не только множество гипотез, но даже практическое отделение дамбой моря от залива Кара-Богаз-гол (Михайлов, Рычагов, 1998; Апле и др., 2002). Теперь, прежде чем объяснить динамику уровня Каспийского моря не изменением климата, например, а влиянием геологических или антропогенных факторов, необходимо также доказать их влияние на уровни оз. Челкар и на грунтовые воды Прикаспийской низменности, которые, кстати, занимают командное положение относительно уровня моря.

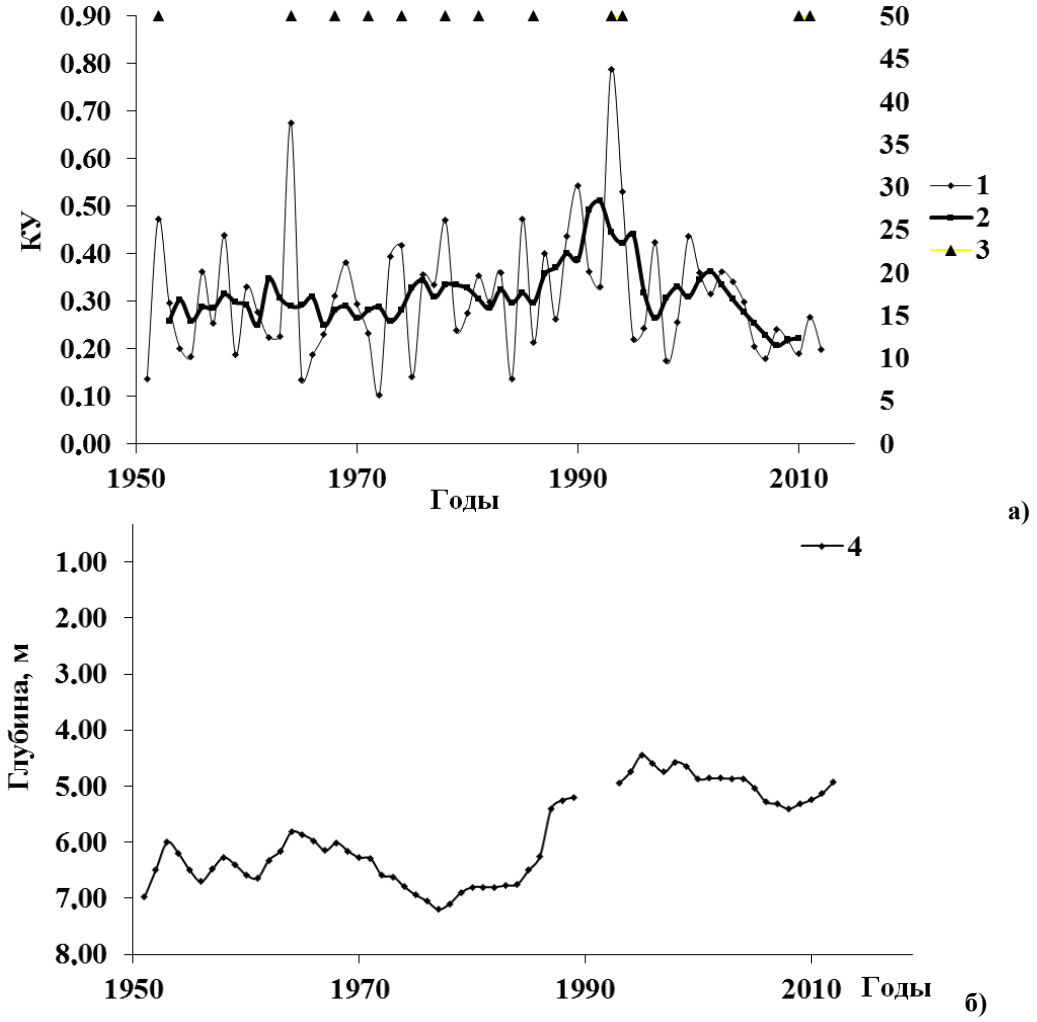
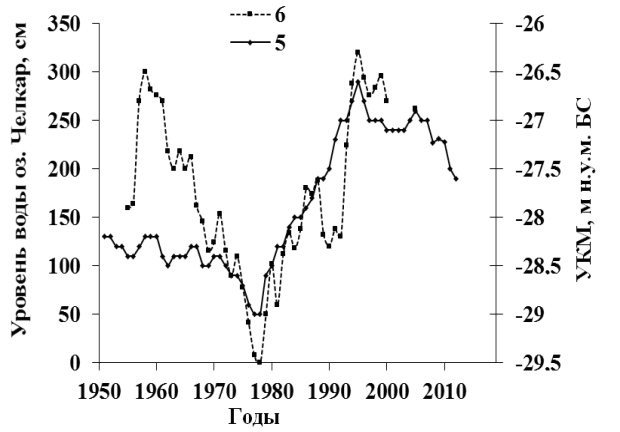
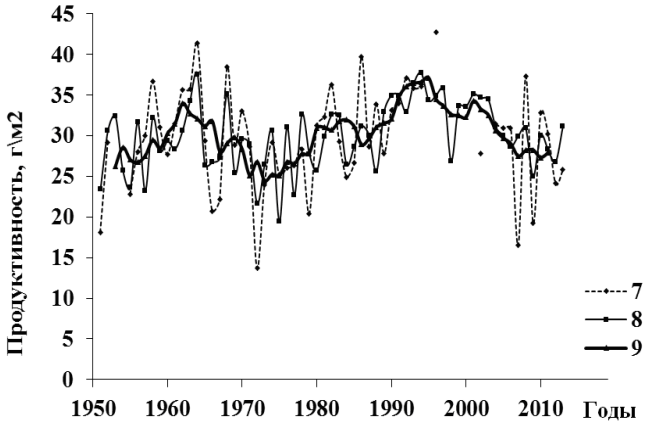


Рис. 3 (а, б). Динамика показателей природной среды. *Условные обозначения*: 1 – коэффициент увлажнения; 2 – то же, выровненное методом 5-летних скользящих; 3 – годы интенсивного весеннего стока талых вод в понижения рельефа; 4 – глубина залегания уровня грунтовых вод.

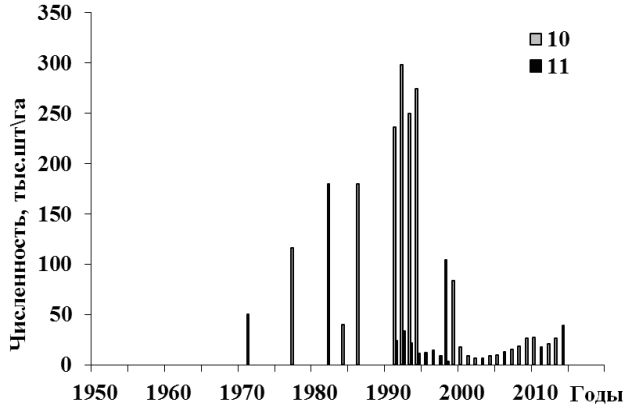
Итак, обоснованно можно считать, что динамика уровня грунтовых вод в глинистых почвогрунтахах Северного Прикаспия, и уровней воды оз. Челкар и Каспийского моря, а также общая обводненность региона обусловлены чередованием периодов разной увлажненности на фоне постепенного повышения среднегодовой температуры воздуха. Образно говоря, динамические изменения уровня грунтовых вод Прикаспия и уровней воды в рассматриваемых водоемах можно представить как общее климатогенное «водяное дыхание» огромной территории.



в)



г)



д)

Рис. 3 (в, г, д). Динамика показателей природной среды. *Условные обозначения*: 5 – абсолютное значение уровня Каспийского моря (УКМ), 6 – уровень оз. Челкар по мерной линейке, 7-9 – продуктивность степных сообществ: значения истинные, вычисленные по линейному уравнению и сглаженные 5-летними скользящими, соответственно, 10-11 – поголовье сайгаков и добытые из него особи, соответственно.

Динамика фитомассы целинной степной растительности. На Джаныбекском стационаре достаточно подробно изучены особенности функционирования целинных травяных сообществ: биологическое разнообразие, строение корневых систем, формирование годичной и сезонной продуктивности, а также влияние на них многих факторов природной среды, например, водно-солевого режима почв, погодно-климатических условий и др. (Гордеева, 1959; Гильманов, Иващенко, 1990; Оловянникова, 2004; Новикова и др., 2004, 2007; Вышивкин, 2010; Сапанов, Сиземская, 2010; 2015; Сиземская, 2013).

Мониторинг ежегодной продуктивности целинной растительности (пустынных, полупустынных и степных сообществ) в течение длительного времени (с 1952 г.) позволил выявить природные факторы, обусловливающие накопление фитомассы и сукцессионные процессы (Оловянникова, 2004; Сапанов, Сиземская, 2010, 2015). Удалось вскрыть причины волнообразной динамики продуктивности растительности. При этом, во всех сообществах выявлена достоверная (отрицательная или положительная) корреляционная зависимость ежегодной продуктивности от показателей природных условий: количества осадков за некоторые месяцы холодного полугодия года (определяющих весеннюю влагозарядку почв) и гидротермических показателей весенних месяцев (обеспечивающих интенсивность ростовых процессов растений), а также уровня грунтовых вод (регулирующих доступность этой влаги растениями).

Например, для сообществ с преобладанием злаков (рис. 3 г) с помощью составленного уравнения с элиминированием значительных амплитуд ежегодных амплитуд продуктивности трав (методом аппроксимации данных 5-летними скользящими) было выявлено, что в совокупном коэффициенте детерминации (R^2=0.82) на уровень грунтовых вод приходится 13%, зимние осадки – 37% и весеннюю испаряемость – 32%.

$$Y=41.989–0.017a +0.238b–0.037c, \quad (1)$$

где Y – продуктивность (г/м^2 в год), a – уровень залегания грунтовых вод (см), b – сумма осадков за

декабрь-январь (мм), *c* – испаряемость за май-июнь (мм).

Данное уравнение является вполне рабочим и адекватным, что доказывается тесной связью (r=0.61, P>0.99) вычисленных значений продуктивности сообщества с преобладанием злаков с используемым в модели коэффициентом увлажнения (Сапанов, Сиземская, 2015).

Как видим, вопреки ожиданиям существенное потепление климата не ухудшило урожайность целинного травостоя и не вызвало появление чужеродных видов. По-видимому, это связано с тем, что потепление происходило, в основном, в осенне-зимний период и не оказывало прямого воздействия на вегетацию растений. Более того, отмечен тренд увеличения продуктивности фитомассы растительных сообществ, который, очевидно, больше всего обязан повышению увлажненности территории в весенний период, особенно в 1980-1994 гг. Например, именно в этот период на солончаковых солонцах произошла смена доминирующей полыни черной (*Artemisia pauciflora*) на более мезофильный прутняк (*Kochia prostrata*; Вышивкин, 2010; Сапанов, Сиземская, 2010).

Таким образом, выявленная цикличность и положительный линейный тренд изменения продуктивности естественных степных сообществ травянистых растений объясняется разными периодами увлажненности территории на фоне потепления климата. При этом, общее повышение температуры воздуха более чем на 2°С не нарушает динамически-равновесного состояния и функционирования этих экосистем, и не способствует проникновению новых видов растений.

Динамика численности диких копытных животных на примере сайгака (*Saiga tatarica* L.). Поголовье сайгаков в междуречье Волги и Урала, как наиболее чувствительного индикатора состояния природной среды, колеблется в значительных пределах: от сотен тысяч до нескольких тысяч голов. При этом до сих пор остается дискуссионным вопрос о саморегуляции их численности во времени. Во многих случаях динамику их поголовья связывают со сменой внутрипопуляционной структуры соотношения полов, вспышками болезней и хищников, возникновением зимних джутов, изменением видового разнообразия кормовых угодий, прямыми и косвенными антропогенными воздействиями (Милнер-Гулланд, 2009; Неронов и др., 2013; Buuveibaatar et al., 2013; Абатуров, Джапова, 2015; Сапанов, 2015).

Анализ динамики численности сайгаков, мигрирующих в пределах Волго-Уральского междуречья, проводится по результатам ежегодного учета, которые публикуются сотрудниками Института зоологии Казахстана, начиная с 1990-х годов (Грачев и др., 2009; Грачев, 2011). До этого времени известны лишь отрывочные данные. Обращает на себя внимание, что в 1980-1994 гг. насчитывались сотни тысяч животных. Именно на это время приходится промышленный отстрел животных (1991-1998 гг.). С 1995 г. численность начала снижаться, даже несмотря на запрет на их добычу, и уже в 2000 г. сайгаков было всего 17.5 тыс. шт. Меньше всего их стало в 2002-2003 гг. (6.9 и 6.5 тыс. шт. соответственно). В дальнейшем поголовье опять начало увеличиваться (рис. 3 д). Как видим, условно можно выделить три периода: высокой численности животных (1991-1994 гг.), постепенного уменьшения их количества (1995-1999 гг.) и стабильно малочисленного поголовья (с 2000 г.). Аналогичная динамика численности сайгаков наблюдалась и в других группировках Казахстана и России (Абатуров, 2007; Неронов и др., 2013).

Проведенный анализ состояния природно-климатических условий мест обитания сайгаков предоставляет возможность выявления причин изменения их численности во времени. Прежде всего, обращает на себя внимание то, что наибольшее количество животных в сотни тысяч особей насчитывалось в период повышенной увлажненности региона с высокой продуктивностью сообществ травянистых растений и наполненностью водоемов (1980-1994 гг.). И наоборот, сокращение численности животных началось вслед за ухудшением условий мест их обитания. Эти закономерности указывают на то, что периодичность в изменении численности животных, по-видимому, обусловлена климатогенным изменением кормовых и водных ресурсов региона. К.С. Ходашова (1960) также считала, что распространение сайгаков зависит от размещения пастбищ и мест их водопоя.

Отметим, что статистическое сравнение динамики численности сайгаков с изменениями природно-климатических условий затруднено многофакторностью и нелинейностью связей, а также незначительным количеством лет наблюдений за их поголовьем (25 лет). Тем не менее, проведенный корреляционный анализ показал достоверную зависимость (при P>0.05) численности сайгаков от количества осадков за теплое полугодие (r=0.49), температуры воздуха за весь год (r=-0.50),

относительной влажности воздуха и испаряемости весенне-летнего сезона (r=0.48, r=-0.51, соответственно). Иными словами, на жизнедеятельность сайгаков благоприятно влияет увлажненность теплого полугодия и уменьшение континентальности климата, что подтверждается также достоверной связью численности животных с интегральным коэффициентом увлажнения (r=0.53) и годичной продукцией надземной фитомассы сообществ злаков в локальных понижениях рельефа (r=0.40). Интересно, что прослеживается достоверное положительное влияние (r=0.54) на численность сайгаков запасов воды в снеге. Очевидно, это связано с тем, что в зимний период снег для этих животных является единственным источником воды (Сапанов, 2016).

Как видим, тренд динамики поголовья животных совпадает с характерным изменением климата, влияющим как на продуктивность растительного покрова (насыщенность кормовой базы), так и на водность территории (количество мест водопоя). Иными словами, по-видимому, именно эти показатели природных условий регулируют размножение и сохранность сайгаков.

Особенности выращивания культурных растений. На рассматриваемой территории широко распространены посадки древесно-кустарниковых культур и посевы зерновых культур.

Лесные культуры. В Северном Прикаспии на автоморфных типах почв нормальное состояние древостоев возможно лишь при дополнительном почвенном водоснабжении, необходимом для обеспечения транспирации деревьев в течение всего вегетационного сезона. Летние осадки лишь улучшают условия вегетации, смягчая атмосферную засуху (Сапанов, 2003).

На равнинных территориях дополнительное накопление влаги в почве возможно только за счет перераспределения снега в пользу лесонасаждений. Поэтому тенденция потепления холодного периода года отрицательно сказывается на количестве твердых осадков, а также увеличивает вероятность выпадения мокрого снега, который не переносится при метелях (Сапанов, 2003, 2006).

Наилучшие условия для развития лесонасаждений сложились в период повышенной увлажненности территории (1980-1994 гг.), когда усыхание деревьев в лесонасаждениях было минимальным или его не было вовсе. До этого периода и после него ухудшение состояния лесных культур наблюдалось достаточно часто. Процесс усыхания деревьев усиливается в экстремально засушливые годы (например, в 1972 г.), наибольшая массовая гибель и распад древостоев происходит при повторении засухи из года в год (например, в 2006-2007 гг.). На автоморфных типах почв такие погодные условия не дают деревьям нормально завершить сезонный цикл развития и накопить запас питательных веществ для следующего года (Сапанов, 2005, 2006).

Нормальная жизнедеятельность лесонасаждений возможна лишь при наличии доступных грунтовых вод (на гидроморфных лугово-каштановых почвах понижений рельефа). Но даже здесь необходимо применять особые технологии лесокультурных работ (по ассортименту видов и размещению древостоев на территории) для минимизации транспирационных расходов деревьев и кустарников с целью исключения вертикального межпластового водообмена с нижележащими засоленными подземными водами. Только при соблюдении этих условий древостои могут существовать здесь неопределенно долго (Сапанов, 2003, 2005, 2006).

Как видим, современное масштабное лесовыращивание на зональных типах почв в аридных регионах России, очевидно, малоперспективно вследствие вероятного дальнейшего ухудшения условий влагообеспеченности в результате потепления климата. В то же время, возможно создание максимально адаптированных небольших локальных лесоаграрных оазисов для нужд фермерских хозяйств (Сапанов и др., 2015).

Сельскохозяйственные культуры. В Северном Прикаспии зерновое направление было развито повсеместно, хотя данная территория считается зоной рискованного земледелия (Большаков и др., 1983; Сапанов и др., 2015). Это было возможно потому, что данное направление дотировалось государством. В некоторые годы засуха полностью губила посевы на корню (например, в 1972 г. и 1975 г.). Наибольший урожай зерновых был собран в 1978 г., урожаи были стабильными и выше средних значений в годы повышенного увлажнения (1980-1994 гг.). В годы последующих засух урожаи зерновых были настолько малы, что почти все зерноводческие хозяйства разорились. Сохранились лишь предприятия племенного животноводства, которые до сих пор поддерживаются государством, что позволяет им выращивать немного зерновых культур в качестве своего страхового фонда. Основная часть сельскохозяйственных полей заброшена. Появляющиеся небольшие частные фермерские хозяйства посевами зерновых культур не занимаются (Сапанов и др., 2015).

Таким образом, в рассматриваемом регионе выращивание в промышленных масштабах лесных насаждений и зерновых культур малоперспективно не только вследствие их экологического несоответствия условиям местопроизрастания, но и циклической изменчивости климатических условий, что не позволяет дотировать из года в год эти производства государством в течение длительных засушливых периодов. На наш взгляд, наиболее перспективным здесь является фермерское самоокупаемое животноводческое направление с обустройством небольших социально значимых лесоаграрных оазисов для личных нужд.

Заключение

В полупустынном междуречье Волги и Урала в Северном Прикаспии с середины XX века произошло постепенное повышение ежегодной средней температуры воздуха на 2.2ºС, в большей степени, за счет холодного периода года. На этом фоне выявлены сменяющие друг друга периоды снижения депрессий снижения и подъема общей увлажненности территории за счет колебания сумм летних атмосферных осадков и повторяемости поверхностного стока весенних талых вод.

Климатические изменения обусловили периодичность в уровнях залегания грунтовых вод и в уровнях воды водоемов во времени, а также определили состояние и особенности трансформаций компонентов природных экосистем. При этом, продуктивность естественных травяных сообществ и численность диких копытных животных (сайгаков) остаются в динамически-равновесном состоянии, тогда как искусственные образования (лесопосадки и сельскохозяйственные культуры) оказались неустойчивыми из-за периодов засух, вызывающих необратимое ухудшение состояния и гибель лесонасаждений, а также многолетние неурожаи зерновых культур. Именно поэтому в регионе отмечается переход на животноводческое направление, которое легче приспосабливается к резким колебаниям условий влагообеспеченности.

Устойчивое потепление климата в течение пяти десятилетий дает основание предполагать и дальнейший рост температуры воздуха, однако изменение в последние годы его сценария (повышения за счет теплого периода года, а не холодного) указывает на эфемерность любых долгосрочных прогнозов. По-видимому, на современном этапе крайне сложно определить особенности дальнейшего изменения природы.

Автор благодарит к.б.н. А.В. Колесникова за помощь в организации полевых работ и сборе материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абатуров Б.Д. 2007. Популяция сайгака в России и проблемы ее сохранения // Вестник РАН. Т. 77. № 9. С. 785-793.

Абатуров Б.Д., Джапова Р.Р. 2015. Кормовая обеспеченность и состояние сайгаков на степных пастбищах с разным соотношением злаков и разнотравья // Известия РАН. Серия биологическая. № 2. С. 207-214.

Аненхонов О.А. 2012. Изучение климатогенной динамики растительного покрова: предпосылки, подходы, перспективы // Известия Иркутского госуниверситета. Серия «Биология. Экология». Т. 5. № 3. С. 3-7.

Апле К., Спорышев П.В., Семенов В.А., Бенгтссон Л., Голицын Г.С., Елисеев В.А., Мелешко В.П., Мещерская А.В., Мохов И.И. 2002. Исследование причин колебаний уровня Каспийского моря с помощью моделей общей циркуляции атмосферы // Изменения климата и их последствия. С.-Пб.: Наука. С. 165-179.

Барабанов А.Т., Балычев Р.Д., Смирнов Р.Е. 2012. Регулирование стока талых вод путем воздействия на снегоотложение и характер промерзания почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Агрономия и лесное хозяйство. № 1 (25). С. 1-4.

Барталев С.А., Жижин М.Н., Лупян Е.А., Матвеев М.Ю., Матвеев А.М., Медведева М.А., Савин И.Ю., Толпин В.А. 2008. Возможности исследований влияния изменений климата на состояние растительного покрова: концепция проекта CLIVT // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 5. № 2. С. 272-278.

Большаков А.Ф., Эрперт С.Д., Шейнин Л.Б. 1983. Пути сельскохозяйственного освоения полупустыни. М.: Наука. 72 с.

Вышивкин А.А. 2010. Изменение растительности солонцового комплекса Северного Прикаспия вследствие флуктуации климата и прекращения выпаса // География и природные ресурсы. № 1. С. 78-82.

Гильманов Т.Г., Иващенко А.И. 1990. Первичная продуктивность экосистем солонцового комплекса глинистой полупустыни Северного Прикаспия // Известия АН СССР. Серия биологическая. № 4. С. 600-611.

Голубятников Л.Л., Денисенко Е.А. 2007. Модельные оценки влияния изменений климата на ареалы зональной растительности равнинных территорий России // Известия РАН. Серия биологическая. № 2. С. 212-228.

Гордеева Т.К. 1959. Динамика естественной растительности в полупустыне (на примере Джаныбекского

стационара) // Ботанический журнал. Т. 44. № 9. С. 1238-1248.

Грачев Ю.А. 2011. Результаты авиаучетов сайгака в Казахстане в 2011 году // Saiga news. Вып. 13. С. 5.

Грачев Ю.А., Мелдебеков А.М., Бекенов А.Б. 2009. Численность, структура и воспроизводство популяций сайгака в Казахстане // Степной бюллетень. № 27. С. 47-50.

Динесман Л.Г. 1960. Изменение природы северо-запада Прикаспийской низменности. М.: Издательство АН СССР. 159 с.

Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б. 2010. Климатообусловленная динамика лесостепной, степной и полупустынной растительности России и Казахстана // Известия РАН. Серия географическая. № 2. С. 40-48.

Иванов Н.Н. 1962. Показатель биологической эффективности климата // Известия Всесоюзного географического общества. Т. 94. Вып. 1. С. 65-70.

Киссис Т.Я. 1963. Водный режим темноцветной черноземовидной почвы большой падины под древесным насаждением // Водный режим почв полупустыни. М.: АН СССР. С. 84-126.

Логофет Д.О., Денисенко Е.А., Голубятников Л.Л. 2005. Сукцессии в лесостепи в условиях изменения климата: модельный подход // Журнал общей биологии. Т. 66. № 2. С. 136-145.

Милнер-Гулланд Э.Дж. 2009. Оценка данных динамики циклов в популяции сайгаков // Saiga news. Вып. 9. С. 9-10.

Михайлов В.Н., Рычагов Г.И., Повалишникова Е.С. 1998. Являются ли недавний подъем уровня Каспийского моря и его последствия природной катастрофой? // Вестник РФФИ. № 4 (14). С. 51-60.

Неронов В.М., Арылов Н.Ю., Дубинин М.Ю., Каримова Т.Ю., Лущекина А.А. 2013. Современное состояние и перспективы сохранения сайгака в Северо-Западном Прикаспии // Аридные экосистемы. Т. 18. № 2 (55). С. 5-14.

Новикова Н.М., Волкова Н.А., Хитров Н.Б. 2004. Растительность Джаныбекского научного стационара // Аридные экосистемы. Т. 10. № 22-23. С. 9-18.

Новикова Н.М., Хитров Н.Б., Вышивкин А.А., Волкова Н.А., Григорьева Ю.В. 2007. Оценка изменения растительности на основании крупномасштабного картографирования // Геоботаническое картографирование. С.-Пб.: БИН РАН. С. 30-44.

Оловянникова И.Н. 2004. Динамика продуктивности растительного покрова в Заволжской глинистой полупустыне // Ботанический журнал. Т. 89. С. 1122-1137.

Распопов М.П. 1956. Опыт расчета баланса грунтовых вод целинных и залежных земель комплексной глинистой северо-западной части Прикаспийской низменности // Вопросы гидрологии целинных и залежных земель. М.: Госгеолтехиздат. С. 32-110.

Реймерс Н.Ф. 1990. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль. 637 с.

Роде А.А. 1959. Климатические условия района Джаныбекского стационара // Сообщения лаборатории лесоведения. М.: Издательство АН СССР. Вып. 1. С. 3-40.

Роде А.А., Польский М.Н. 1961. Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства // Труды Почвенного Института им. В.В. Докучаева. Т. 56. С. 3-214.

Сапанов М.К. 2003. Экология лесных насаждений в аридных регионах. Тула: Гриф и К. 248 с.

Сапанов М.К. 2005. Причины усыхания культур дуба черешчатого на гидроморфных лугово-каштановых почвах Северного Прикаспия // Лесоведение. № 5. С. 10-17.

Сапанов М.К. 2006. Условия выращивания защитных лесных насаждений в полупустыне Северного Прикаспия в связи с изменением климата во второй половине XX века // Лесоведение. № 6. С. 45-51.

Сапанов М.К. 2007. Синхронность изменения уровней Каспийского моря и грунтовых вод в Северном Прикаспии во второй половине XX века // Известия РАН. Серия географическая. № 5. С. 82-87.

Сапанов М.К. 2010. Влияние изменения климата на обводненность Северного Прикаспия // Аридные экосистемы. Т. 16. № 5. С. 25-30.

Сапанов М.К. 2015. Состояние поголовья и причины гибели сайгаков в Северном Прикаспии // SELEVINIA. Казахский зоологический ежегодник. Т. 23. С. 194-197.

Сапанов М.К. 2016. Влияние природно-климатических факторов на численность сайгаков (*Saiga tatarica* Pall.) в Волго-Уральском междуречье // Поволжский экологический журнал. № 4. С. 445-454.

Сапанов М.К., Сиземская М.Л. 2010. Климатогенные изменения травянистой растительности на солончаковых солонцах Северного Прикаспия // Поволжский экологический журнал. № 2. С. 185-194.

Сапанов М.К., Сиземская М.Л. 2015. Изменение климата и динамика целинной растительности в Северном Прикаспии // Поволжский экологический журнал. № 3. С. 307-320.

Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Ахмеденов К.М. 2015. Этапы освоения и современное использование засушливых земель Северного Прикаспия // Аридные экосистемы. Т. 21. № 3 (64). С. 84-91.

Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Колесников А.В. 2012. Научное наследие Джаныбекского стационара М.: Товарищество научных изданий КМК. 97 с.

Сиземская М.Л. 2013. Современная природно-антропогенная трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия. М.: Товарищество научных изданий КМК. 276 с.

Титкова Т.Б. 2003. Изменение климата полупустынь Прикаспия и Тургая в XX веке // Известия РАН. Серия географическая. № 1. С. 106-112.

Ходашова К.С. 1960. Природная среда и животный мир глинистых полупустынь Заволжья. М.-Л.: Издательство АН СССР. 131 с.

Черенкова Е.А., Золотокрылин А.Н. 2012. Модельные оценки динамики увлажнения равнин России к середине XXI века // Метеорология и гидрология. № 11. С. 29-37.

Шнитников А.В. 1961. Современное состояние юго-востока европейской части СССР с точки зрения внутривековых колебаний климата и его общей увлажненности // Малые водоемы равнинных областей СССР и их использование. М.: Издательство АН СССР. С. 23-31.

Buuveibaatar B., Young ., Berger J., Fine A., Lkhagvasuren B., Zahler P., Fuller T. 2013. Factors affecting survival and cause-specific mortality of saiga calves in Mongolia // Journal of mammalogy. Vol. 94. Is. 1. P. 127-136.

Christoph S. 2016. Climate extremes heat waves to come // Nature Climate Change. Vol. 6. P. 128-129.

Chen F., Weber K. 2014. Assessing the impact of seasonal precipitation and temperature on vegetation in a grass-dominated rangeland // Rangeland Journal. Vol. 36. Is. 2. P. 185-190.

Han F., Zhang Q., Buyantuev A., Niu J., Liu P., Li X., Kang S., Zhang M., Li Y. 2015. Effects of climate change on phenology and primary productivity in the desert steppe of Inner Mongolia // Journal of arid land. Vol. 7. Is. 2. P. 251-263.

Lewin R. 1985. Plant communities resist climatic change // Science. Vol. 228. P. 165-166.

Liu Y., Yu D., Su Y., Hao R. 2014. Quantifying the effect of trend, fluctuation, and extreme event of climate change on ecosystem productivity // Environmental monitoring and assessment. Vol. 186. Is. 12. P. 8473-8486.

Zeppel M., Wilks J., Lewis J. 2014. Impacts of extreme precipitation and seasonal changes in precipitation on plants // Biogeosciences. Vol. 11. Is. 11. P. 3083-3093.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 1 (74), с. 30-37

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.6.02

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЛУПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГО-ВОСТОКА ИЗРАИЛЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ АЛЕППСКОЙ (*PINUS HALEPENSIS*)

© 2018 г. С. Спринцын*, М. Шапиро, М. Спринцын*, Р. Зайденберг**, Е. Денисюк***

**Еврейский национальный фонд, Лесная служба*
Израиль, 99775, г. Эштаол, ул. М.П.Шимшон. E-mail: s.sprintsin@gmail.com
***Министерство сельского хозяйства Израиля*
Израиль, 5025001, г. Бейт-Даган, дерех а-Макабим, п/я 30. E-mail: michaels@moag.gov.il

Поступила 12.04.2017

Рассмотрены антропогенно опустыненные ландшафты юго-востока Израиля и их трансформация под влиянием лесонасаждений. Первые посадки хвойных лесов в этом районе были произведены в середине прошлого века на каменистых холмах южной части Хевронского нагорья (плато Негев). Основной лесообразующей породой вновь созданных лесных массивов является сосна алеппская (*Pinus halepensis*). Рассмотрено взаимодействие между почвенными параметрами ландшафта и состоянием сосновых насаждений. Отмечено решающее влияние хвойного опада на рост и развитие хвойных лесонасаждений. Предлагается подход к оценке состояния ландшафтов при условии сохранения хвойных лесных массивов в нормальном состоянии и в случае нарушения их целостности.

Ключевые слова: лесонасаждения, антропогенное опустынивание, ландшафт, сосна алеппская, почва, экспозиция, склон, хвоя.

DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10004

Территория юго-восточной части Израиля (Хевронское нагорье, 31.32º с.ш., 35.33º в.д.) до середины прошлого века представляла собой регион с почти полностью разрушенными природными ландшафтами.

Климат этой части страны сухой, полупустынный (средние температуры января – +7°С, августа – +31°С), с малым среднегодовым количеством осадков (270-280 мм), выпадающими с ноября по март и высоким уровнем испаряемости (1600-1800 мм).

В течение многих столетий эти территории подвергались антропогенному опустыниванию из-за чрезмерного, не регулируемого выпаса скота, уничтожения естественной древесной растительности на топливо, повторяющихся засух, интенсификации эрозионных процессов и смыва верхних горизонтов почвы. Естественные климатические факторы совместно с разрушительной деятельностью человека, усилили эффект превращения полупустынного региона в пустынный.

В середине 50-х годов прошлого века была выдвинута задача изменения ландшафта Хевронского нагорья путем создания за короткий отрезок времени (10-20 лет) крупных лесных массивов. Хвойные леса на водоразделах и склонах в этом регионе явились новым экологическим элементом, кардинально изменившим основные параметры ландшафта и трансформировавшим его из пустынного в лесной. Общая площадь искусственно созданных хвойных лесных массивов в юго-восточных районах Израиля составляет сегодня более 7000 га. Основной лесной породой является широко распространенная в Средиземноморье сосна алеппская (*Pinus halepensis*), называемая в Израиле сосной иерусалимской, обладающая высокой устойчивостью в условиях жаркого и сухого климата.

Цель данной работы заключалась в оценке влияния искусственно созданных хвойных лесонасаждений на трансформацию полупустынных ландшафтов, их почвенный покров, противоэрозионную устойчивость и общий уровень их аридности.

Материалы и методы исследований

Район исследования. В качестве объекта исследования был выбран один из крупных лесных массивов юго-востока Израиля – лес Крамим, площадью около 800 га (рис. 1), где основной

лесообразующей породой является сосна алеппская 45-50 летнего возраста. Первоначальная густота посадок составляла 1750-2000 стволов на гектар. Густота древостоя в настоящее время – около 200-230 стволов на 1 га. Территория лесного массива представляет собой волнистое плато со средними абсолютными отметками поверхности около 400-500 м н.у.м. БС, состоящее из нескольких гряд, простирающихся с северо-востока на юго-запад, разделенных неширокими долинами. Узкие водораздельные полосы и склоны плато сложены известняками позднемелового (туронского) возраста. Долины и подножия склонов перекрыты пылеватыми суглинистыми отложениями.

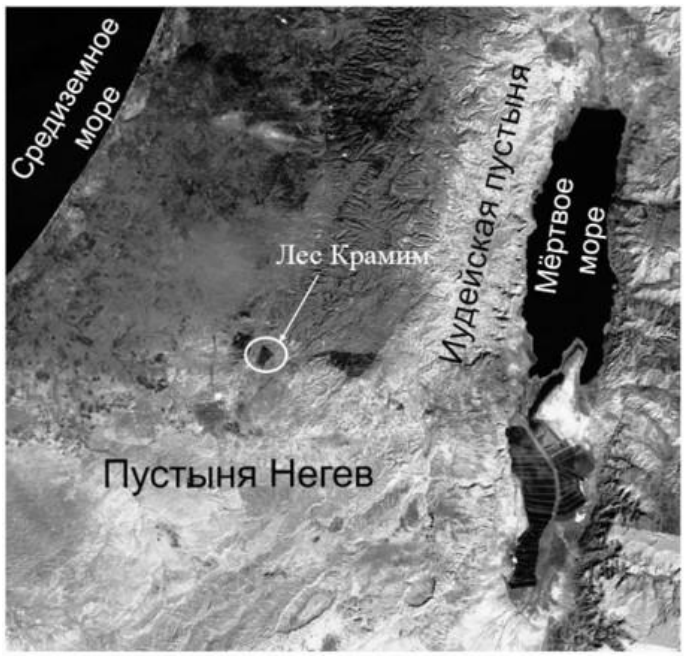


Рис. 1. Местоположение леса Крамим.

Согласно данным предыдущих исследований, в почвах склонов и водоразделов плато доминируют различные сочетания каменистых россыпей и литосолей, в долинах развиты аллювиальные почвы (Дан, 1970; Dan, Koyumdjisky, 1979).

Почвы и почвенный покров. Строение почв. Для исследования почв было заложено 18 почвенных разрезов: на водораздельном плато – 2, на склонах северной экспозиции – 8, на склонах южной экспозиции – 8. Крутизна склонов менялась от 13 до 19°. Половина от общего числа разрезов была заложена под кронами сосен в приствольных позициях (ПП), остальные – в межствольных позициях (МП) на расстоянии нескольких метров от стволов деревьев. Восемь разрезов использовались для изучения аналитических и гранулометрических свойств мелкозема. Рядом с разрезами, на площади в 1 м^2 отбиралась опавшая хвоя. В лабораторных условиях определялись вес сухой массы хвойного опада, ее зольность и содержание общего азота.

В соответствии с классификацией почв Израиля (Dan, Koyumdjisky, 1979), исследованные почвы относятся к двум главным категориям (типам) гумусо-аккумулятивных образований – рендзинам и литосолям. Принципиальные отличия между этими почвами состоят в степени насыщенности мелкозема органическим веществом. Важна морфологическая выраженность гумусово-аккумулятивного процесса: он ярко выражен в нескольких верхних горизонтах у рендзин и малозаметен в единственном верхнем горизонте у литосолей (рис. 2).

Для определения генетической принадлежности горизонтов наряду с морфологической диагностикой, использовались значения потери веса мелкозема при прокаливании. Горизонты, чья потеря при прокаливании превышает 70%, отнесены к органогенным. Это горизонты хвойного опада O и смешанные верхние горизонты O+AO, включающие хвою и фрагменты грубогумусового горизонта. Грубогумусовый горизонт AO и переходный горизонт AOA1, масса которых при прокаливании колеблется от 8 до 70%, определены, как приповерхностные, органоминеральные. В

ряде случаев эти горизонты выражены в почвенном профиле в виде фрагментов (AO frg и AOA1 frg). У минеральных, верхних гумусово-аккумулятивных горизонтов A1 и A1C, срединных горизонтов AC и горизонтов почвообразующей породы C потери при прокаливании составляют менее 8%.

Все почвы лесного массива каменистые. Объем каменистой (дресвянисто-щебнистой) массы изменяется от 10-30% в верхних минеральных горизонтах до 60-90% в нижних горизонтах. Средняя глубина почв невелика и составляет примерно 25-35 см, что, по мнению ряда исследователей, в условиях жаркого засушливого средиземноморского климата, является достаточным условием выживания сосновых древостоев на территориях, сложенных карбонатными породами (Прайслер и др., 2016). Ниже отмеченных глубин мелкоземисто-щебнистая масса переходит в обломочную, почти лишенную мелкозема, кору выветривания (горизонт R).

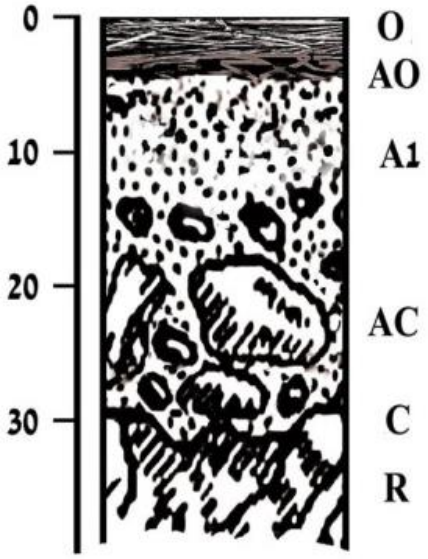


Рис. 2. Обобщенное строение профиля рендзин грубогумусовых светлых. *Условные обозначения:* O – горизонт хвойного опада; AO – грубогумусовый горизонт, A1 – гумусово-аккумулятивный горизонт, AC – срединный горизонт, C – горизонт каменистой почвообразующей породы, R – плотная подстилающая порода.

Результаты и обсуждение

Аналитические свойства почв. Гумусовый профиль. Особое место в диагностике изученных почв занимают верхние горизонты AO, AOA1 и A1 (фото 1). Грубогумусовые горизонты AO и AOA1, которые залегают между хвойным опадом и горизонтом A1, могут быть как сплошными, так и фрагментарными. Горизонт AO – маломощный (около 1-2 см мощностью) органоминеральный, темносерый, представленный в форме уплощенных широких хлопьев, тесно связанных с находящейся над ними хвоей. Горизонт AOA1 – также маломощный минеральный горизонт (около 1-2 см), обогащенный органическим веществом до величин порядка 4-5%, своего рода верхняя кромка гумусово-аккумулятивного горизонта A1, который присутствует у всех рендзин в качестве сплошного слоя. Это серый и буровато-серый горизонт с прочной комковатой структурой и содержанием органического вещества 2-3%.

Рендзины, со сплошным горизонтом AO, выделены нами в качестве рендзин грубогумусовых светлых, рендзины с фрагментарным горизонтом AO frg определены, как рендзины фрагментарно-грубогумусовые светлые, рендзины без горизонта AO отнесены к обычным светлым рендзинам.

У литосолей верхние горизонты представлены или фрагментами горизонта A1 frg (литосоли рендзиновидные), или очень светлыми и плохо оструктуренными горизонтами A1C (литосоли обычные). Содержание органического вещества в верхнем минеральном горизонте литосолей изменяется от 1.6 до 2.2% (литосоли обычные и литосоли рендзиновидные, соответственно).

Солевой профиль. Органический материал изученных почв играет важную геохимическую роль по адсорбции легкорастворимых солей и солей бора. В целом этих солей очень мало, и почвенный профиль практически свободен от них: величины электропроводности (EC) изменяются в диапазоне 0.9-2.6 dS/m, а бора – в диапазоне 0.1-0.4 ppm (мг/л). Малое количество солей согласуется с общей повышенной дренированностью почв, однако, распределение величин EC и бора по профилю несколько различается. Так, распределение бора носит явно аккумулятивный характер, соответствующий характеру распределения количества органического вещества и, по-видимому, в

значительной степени контролируется им, как системой с высокой адсорбционной способностью. Распределение легкорастворимых солей по почвенному профилю либо совпадает с распределением органического вещества и носит аккумулятивный характер, либо имеет два пика: один в верхнем гумусовом горизонте, а другой – в горизонте АС. По-видимому, второй пик, начинающийся на глубине около 10 см, связан со среднегодовой глубиной вымывания солей. В хорошо дренированных почвах этот пик незаметен и распределение солей определяется, прежде всего, органогенной компонентой. В менее дренированных почвах этот пик хорошо заметен и не столь жестко зависит от содержания органического вещества.

Фото 1. Рендзина обычная светлая (слева) и литосоль рендзиновидная.

Карбонатность мелкозема. Вся геохимическая обстановка ландшафтов юга Израиля определяется нейтрально-слабощелочной реакцией среды, при которой значение pH колеблется в интервале 7.4-7.9. Весьма характерной чертой этих мелкоземов, является высокая карбонатность почвенной массы, как мелкозема, так и обломков пород, меняющаяся от 12 до 31%. На склонах различных экспозиций, на сопоставимых глубинах (3-10 см), карбонатность почвенного мелкозема в почвах ПП не превышает 25%. Такие же значения отмечены в почвах МП северных склонов. В МП южных склонов карбонатность почвенного мелкозема превышает 25%, поскольку, чем суше и слабее выщелочен почвенный профиль, тем выше уровень карбонатности.

Гранулометрический состав мелкозема. В составе мелкозема преобладает пылеватый средний суглинок, что связано с аккумуляцией эоловой пыли, в почвах хвойных лесных массивов в южных регионах Израиля. Равнины, смежные с лесопокрытыми склонами, сложены рыхлыми карбонатными суглинистыми (лессообразными) и суглинистыми опесчаненными отложениями с содержанием песка в пределах 41-57%, пыли 31-37% и глины 9-24%.

Хвойный опад. Хвойный опад сосны алеппской обладает высокой (8-13%) зольностью, что в несколько раз превышает зольность (2-3%) хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в регионах умеренно-холодного и умеренно-теплого гумидного климата (Фенглер, 1988; Шарков и др., 1976; Berg, Lundmark, 1987).

Другим отличительным признаком хвойного опада сосны алеппской, является относительно низкое содержание в нем общего азота: не более 1%, против 1.0-1.4% в сосновых насаждениях более холодных регионов (Орлов и др., 1974; Афанасьева и др., 2004). Причина этого видится нам в исключительно сухих и жарких условиях юго-востока Израиля, при которых на фоне интенсивного разрушения всех подвижных органогенных компонентов, сохранение азота в тканях отживших частей растений предельно минимизировано.

Количество хвойного опада зависит от места расположения деревьев. Так данные по массе хвойного опада, сохраняющегося на поверхности почвы меняются от 0.3 т/га в межствольных позициях (МП) южных склонов до 5 т/га в приствольных позициях (ПП) северных склонов и сопоставимы с аналогичными данными сосновых лесов умеренных регионов Евразии

(Молчанов, 1973). Пространственная неоднородность распределения массы хвойного опада (фото 2) определяется, прежде всего, экспозицией склонов (склоны северных экспозиций более богаты хвоей, чем южные склоны в силу лучшей развитости деревьев на этих склонах и большей густоты насаждений) и удаленностью от приствольных кругов сосны (приствольные позиции в большей мере перекрыты хвоей, чем межствольные).

Фото 2. Дневная поверхность почв: слева – хвойные покровы приствольных позиций склонов северной экспозиции, справа – обнаженные поверхности межствольных позиций склонов южной экспозиции.

Сосна, как фактор преобразования ландшафта. За период в 50-60 лет, прошедший с момента начала массивных посадок хвойных лесов, сосновые лесонасаждения в полупустынной зоне Хевронского нагорья сформировали принципиально новый лесной ландшафт. Центральную роль в этом преобразовании, по нашему мнению, играет хвойный опад, основным свойством которого является огромная водоаккумулирующая способность. Там, где поверхность почв перекрыта слоем хвойного опада, отсутствуют следы водной эрозии. В дождливый период опад перехватывает влагу и становится катализатором развития под верхним слоем почвы специфического грубогумусового горизонта АО. Кроме того, хвойный опад представляет собой очень рыхлую и насыщенную воздухом массу, играющую роль теплоизолятора, снижающего температуру верхних горизонтов почвы и предохраняющего корневую систему сосны от перегрева в летний период. Совместный эффект опавшей хвои и корневой системы растений приводит к интенсивному гумусообразованию и формированию в приствольных позициях лесных насаждений относительно обогащенного органическим веществом (до 3-5%) грубогумусового горизонта АОА1 и хорошо оструктуренного гумусового горизонта А1, общей мощностью в 6-10 см, постепенно переходящих в нижележащий, менее прогумусированный горизонт АС.

Под пологими лесонасаждениями, под влиянием хвойного опада за относительно короткий период времени (30-40 лет), происходит стадийная трансформация литосолей в рендзины грубогумусовые светлые на северных склонах и в рендзины фрагментарно-грубогумусовые светлые на южных склонах (рис. 3).

Влияние сосновых насаждений на ландшафт неравномерно и в пространственном отношении. Оно максимально в приствольных позициях (ПП; изометрические пятна с радиусом около 2-3 м вокруг развитых сосен) и менее выражено в межствольных позициях (МП). Вместе с тем, на склонах северных экспозиций, даже в МП, влияние сосны на профиль почв весьма заметно в форме слабой пропитки мелкозема органическим веществом, в то время, как на южных склонах оно исчезает полностью и почвенный профиль сохраняет первоначальное «литосольное» состояние. Пространственное варьирование свойств почв, обусловленное активной ролью сосновых деревьев, отражено в многочисленных работах исследователей леса от Скандинавии до Флориды (Карпачевский, 1981; Ilvesniemi, 1995; ArchMiller, 2015).

Если в среднем, во взрослых и старовозрастных лесонасаждениях расстояние между соснами близко к 10 м, а приствольный круг характеризуется радиусом порядка 2.5-3.0 м, то можно считать, что почвы приствольных позиций занимают около трети территории лесонасаждений (рис. 4, фото 3).

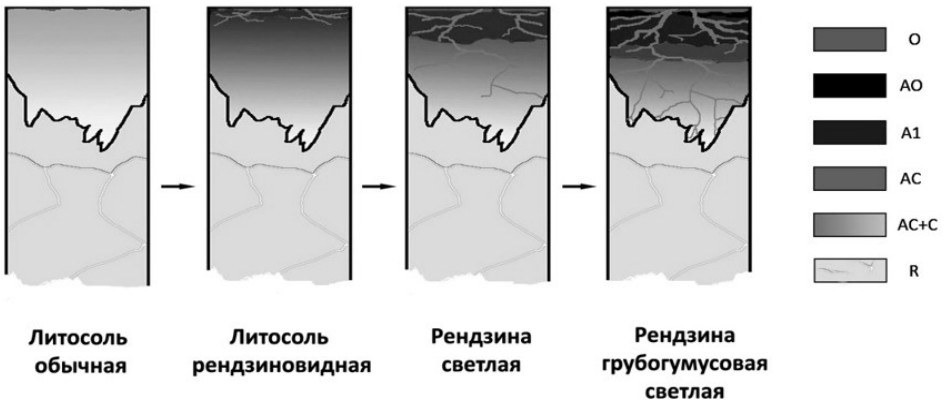


Рис. 3. Трансформация почв приствольных позиций склонов северной экспозиции (от литосолей обычных к рендзинам грубогумусовым светлым) в первые десятилетия существования сосновых лесов.

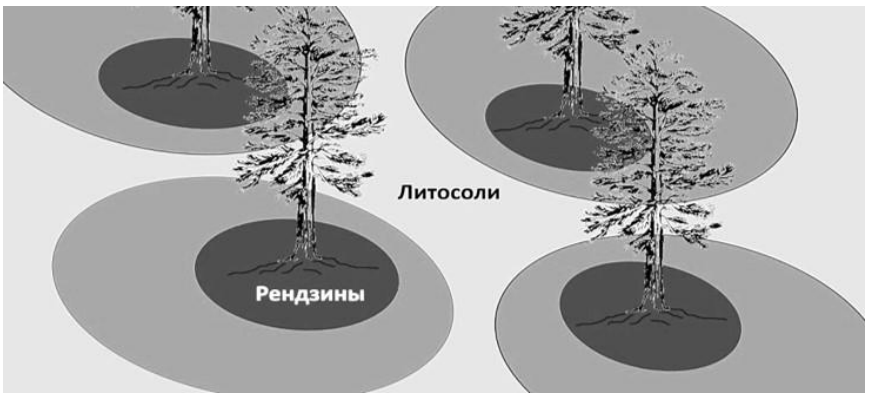


Рис. 4. Схема пятнистости почвенного покрова сосняков.

Фото 3. Неоднородность почвенного покрова на южных склонах.

Влияние сосновых насаждений на ландшафт не ограничивается лишь появлением новых почв: рендзин вместо литосолей. Рост и развитие лесонасаждений оказывает влияние также на существенное снижение эрозионных перемещений рыхлого материала и увеличивает противоэрозионную устойчивость склоновых ландшафтов. Воздействие факторов среды на эрозионный потенциал территорий, сопоставимых по природной обстановке с регионом Хевронского нагорья до начала их облесения, исследовано во многих работах (Assouline, Ben-Hur, 2006; Beven, 2002; Bracken, Kirkby, 2005; Cantón et al., 2011; Cerdà, Doerr, 2007). В некоторых из них особо подчеркнут приоритет проективного покрытия растительного покрова и характера органогенных подстилок в контролировании поверхностного стока, эрозионной расчлененности и интенсивности выноса почвенного мелкозема (Eshghizadeh et al., 2016).

Заключение

Хвойные леса на границе пустыни Негев, созданные в середине 50-х- начале 60-х годов прошлого столетия не только выжили в экстремальных климатических условиях юга Израиля, но и существенно трансформировали прежний антропогенно опустыненный ландшафт за счет эффекта локальной пространственной гумидизации. В климатическом плане эта гумидизация связана с существенно большей затененностью поверхности почв лесных массивов по сравнению с почвами открытых пространств. В гидрологическом отношении она сводится к снятию пиков сброса влаги по склонам и в более длительном воздействии влаги на все компоненты склоновых ландшафтов, включая биологические. В почвенном аспекте гумидизация выражается в появлении почв более "северного" и "гумидного" габитуса, а именно рендзин вместо литосолей. Наконец, в геоморфологическом отношении эта гумидизация привела к защите склоновых поверхностей от эрозии. В итоге произошло общее снижение аридности вновь образованных ландшафтов района Хевронского нагорья. Воздействие сосновых насаждений на природный ландшафт проявляется в течение 20-30 лет их непрерывного существования. За этот период на месте прежних почв (литосолей) появляются новые почвы в виде рендзин грубогумусовых светлых и рендзин обычных светлых. Интенсивность процесса замены литосолей рендзинами определяется расстоянием от ствола дерева и достигает максимальных значений в приствольных позициях. Возникающий почвенный покров в виде пространственных комбинаций рендзин и литосолей, обладает принципиально иным гидрологическим режимом по сравнению с первоначальным. Он характеризуется наличием хвойного покрова на дневной поверхности почв, повышенным содержанием органического вещества в верхних горизонтах рендзин, лучшей структурной агрегированностью мелкозема рендзин по сравнению с литосолями и укрепляющим влиянием на почвенный профиль корневой системы сосны. Всё это существенно увеличивает устойчивость ландшафтной системы к плоскостной и линейной эрозии. При этом, пространственная устойчивость нового ландшафта неодинакова: она максимальна в приствольных позициях и гораздо ниже в межствольных.

Необходимо, однако, подчеркнуть, что отмеченное положительное воздействие сосновых насаждений на полупустынные ландшафты ограничено по времени из-за жестких климатических условий. Срок жизни хвойных насаждений в этих районах оценивается в 70-90 лет. Кроме того, в этой зоне до сих пор не отмечено сколько-нибудь существенных фактов естественного лесовозобновления сосновых насаждений, а возобновляющийся подрост сосновых деревьев гибнет в первый год своего появления. Естественное старение сосновых насаждений, неизбежное уменьшение их густоты, отсутствие естественного лесовозобновления и мероприятий по замене старовозрастных насаждений новыми хвойными деревьями, может привести к деградации существующих лесных массивов, разрушению современного почвенного покрова и регрессивной трансформация лесного ландшафта в полупустынный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьева Л.В., Кашин В.К., Плешанов А.С., Михайлова Т.А., Бережная Н.С. 2004. Элементарный состав хвои и морфометрические параметры сосны обыкновенной в условиях атмосферного промышленного загрязнения в Западном Забайкалье // Хвойные бореальной зоны. Вып. 2. С. 112-119.

Карпачевский Л.О. 1981. Лес и лесные почвы. М.: Лесная промышленность. 264 с.

*Молчанов А.А.*1973. Влияние леса на окружающую среду. М.: Наука. 359 с.

Орлов А.Я., Кошельков С.П., Осипов В.В., Соколов А.А. 1974. Типы лесных биогеоценозов южной тайги.

М.: Наука. 231 с.

Фенглер Д.Н. 1988. Древесина (химия, ультраструктура, реакции). М.: Лесная промышленность. 520 с.

Шарков В.И., Куйбина Н.И., Соловьева Ю.П., Павлова Т.А. 1976. Количественный химический анализ растительного сырья. М.: Лесная промышленность. 72 с.

ArchMiller Althea A. 2015. Temporal and spatial variation in longleaf pine soil respiration and its heterotrophic and autotrophic components. A dissertation submitted to the Graduate Faculty of Auburn University for the Degree of Doctor of Philosophy. Alabama, USA. 135 p.

Assouline S., Ben-Hur M. 2006. Effects of rainfall intensity and slope gradient on Berg B, Lundmark JE. Decomposition of needle litter in lodgepole pine and scots pine monocultures a comparison // Scandinavian Journal of Forest Research. Vol. 2. P. 3-12.

Beven K. 2002. Runoff generation in semi-arid areas, In: Dryland Rivers // Hydrology and geomorphology of semiarid channels. Wiley and Sons, England. P. 57-105.

Bracken L.J., Kirkby M.J. 2005. Differences in hill-slope runoff and sediment transport rates within two semi-arid catchments in southeast Spain. // Geomorphology. Vol. 68. P. 183-200.

Cantón Y., Solé-Benet A., De Vente J., Boix-Fayos C., Calvo-Cases A., Puigdefábregas J. Asensio. 2011. A review of runoff generation and soil erosion across scales in semiarid southeastern Spain // Arid Environement. Vol. 75. P. 1254-1261.

Cerdà A., Doerr S.H. 2007. Soil wettability, runoff and erodibility of major dry-Mediterranean land use types on calcareous soils // Hydrological Processes. Vol. 21. P. 2325-2336.

Dan J., Koyumdjisky H. 1979. The Classification of Israel Soils. The Volkani Center, Bet-Dagan, Israel. 94 p.

Eshghizadeh M., Talebi A., Dastorani M., Azimzadeh H. 2016. Effect of natural land covers on runoff and soil loss at the hill-slope scale // GJESM. Article 3. Vol. 2. P. 125-134.

Ilvesniemi H. 1995. Spatial and temporal variation of soil characteristics in pine sites in southern Finland // Silva Fennica. Vol. 25. № 2. P. 99-108.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 1 (74), с. 38-48

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.6.02

ПРИНЦИПЫ И ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ КРАСНЫХ КНИГ ПОЧВ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)[1]

© 2018 г. О.В. Чернова*, О.С. Безуглова**

**Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: ovcher@mail.ru
**Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета*
Россия, 344090, г. Ростов-на-Дону, просп. Стачки, д. 194/1. E-mail: lola314@mail.ru

Поступила 10.04.2017

Создание Красных книг почв субъектов РФ позволит сохранить естественное разнообразие почв в регионах, значительно измененных хозяйственной деятельностью. При составлении перечня эталонов предлагается ориентироваться на почвы, типичные для провинций почвенно-экологического районирования, и выделять эталонные почвы в пределах охраняемых природных территорий. Исследование целинных почв, занесенных в Красную книгу почв Ростовской области, показало, что их характеристики могут использоваться в качестве эталонных при почвенном мониторинге. Залежный режим способствует восстановлению гумусового состояния почвы: в целинных и залежных черноземах средневзвешенные показатели содержания гумуса (для толщи в 25 см) возрастают на 0.7-3.0% по сравнению с пахотными аналогами. Показано, что для оценки степени загрязнения тяжелыми металлами почв области имеющиеся нормативы неприменимы, для этих целей предлагается использовать региональные фоновые концентрации, установленные для аналогичных (типологически и по гранулометрическому составу) целинных почв с учетом природного варьирования характеристик.

Ключевые слова: Красная книга почв, эталонные почвы, мониторинг, охраняемые территории, разнообразие почв.
DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10005

Декларируя необходимость сохранения почв, обычно имеют в виду охрану от эрозии, загрязнения, вторичного засоления и т.п. используемых в сельском хозяйстве земель и поддержание их плодородия. С биосферной точки зрения не меньшее значение имеет сохранение естественных почв, особенно наиболее плодородных, в ненарушенном состоянии, которые характеризуются максимальным разнообразием организмов и вносят наибольший вклад в регулирование составов земной атмосферы и гидросферы.

В последние десятилетия сформировалось самостоятельное направление исследований, охватывающее вопросы особой охраны ценных почвенных объектов и проблемы создания Красной книги почв. К настоящему времени опубликовано несколько работ по краснокнижной проблематике субъектов Российской Федерации (Ташнинова, 2000; Климентьев и др., 2001; Апарин и др., 2007; Соловиченко и др., 2007; Александрова и др., 2012) и осуществлен первый выпуск Красной книги почв России (2009).

Законодательные и теоретические основы создания Красных книг почв. Законодательной базой создания Красных книг почв является Федеральный закон “Об охране окружающей среды” (10 января 2002 г. №7-ФЗ, принят Государственной Думой 20 декабря 2001г.), в статье 62 которого указано, что в целях учета и охраны редких и находящихся под угрозой исчезновения почв учреждаются Красная книга почв Российской Федерации и Красные книги почв субъектов Российской Федерации. Однако до настоящего времени отсутствуют нормативные документы и методические рекомендации, регламентирующие составление и ведение Красных книг почв, существуют лишь общие методологические подходы, выработанные и принятые научным

[1] Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-00592.

сообществом.

Почва как природное тело характеризуется рядом специфических особенностей, не позволяющих при разработке Красных книг почв воспользоваться принципами построения и правилами ведения, выработанными для Красных книг животных и растений. К таким особенностям можно отнести:

– континуальность почвы как природного объекта (постепенность переходов от одной разности к другой);

– отсутствие очевидной основной единицы изучения и классификации (аналогичной виду у растений и животных);

– трудное воспроизводство почвы как естественно исторического образования;

– ее неразрывную связь с ландшафтом, в котором она сформировалась (Чернова, 1995).

Сохранение целинных почв возможно только в ненарушенных биогеоценозах, поэтому создание Красных книг почв связано с сохранением разнообразия природных почв в пределах охраняемых территорий. В большинстве опубликованных к настоящему времени Красных книг почв субъектов РФ основная часть ценных почвенных объектов приурочена к охраняемым территориям государственного или регионального уровней, для охвата всех нуждающихся в охране почв предлагается расширение сети ООПТ (Климентьев и др., 2001; Соловиченко и др., 2007; Александрова и др., 2012). Основная задача Красных книг почв – создание системы эталонных участков, выделенных в пределах ареалов природных почв и приуроченных к охраняемым природным территориям. Объекты Красной книги должны репрезентативно представлять почвенный покров страны или региона, служить объектами мониторинга и образцами для сравнения с антропогенно-преобразованными аналогами (Добровольский и др., 2006). В соответствии с этим, основные принципы занесения почв в Красную книгу следующие:

– соответствие центральному образу почвенной классификации обычно на уровне высших таксономических уровней (типа-подтипа);

– выделение целинных разностей, по возможности, в пределах особо охраняемых природных территорий;

– типичность для определенной территории и возможность использования в качестве объекта мониторинга и почвенного эталона.

Эталонные функции объектов Красной книги почв. Четких представлений о том, какие природные объекты должны быть признаны эталонными и принципов их выделения в настоящее время нет. Обращаясь к этой проблеме, специалисты обычно действуют интуитивно. Европейским Агентством по окружающей среде, целью которого является гармонизация подходов к ведению мониторинга, регулярные комплексные наблюдения за состоянием почв рекомендовано приурочить к фиксированным площадкам, выбранным с учетом разнообразия природных и антропогенных условий. Наиболее развитые и научно обоснованные системы площадок комплексного мониторинга существуют в Венгрии, Нидерландах, Норвегии, Словакии (Медведев, Лактионова, 2012).

В экологическом мониторинге наиболее сложной задачей является выбор целевых показателей – фоновых или пороговых значений. В различных странах в качестве точек отсчета используются характеристики природных почв, предыдущие наблюдения или оптимальные для сельскохозяйственных целей параметры (Proposal …, 2001; McKenzie et al., 2002). Европейским Агентством по окружающей среде для целей почвенного мониторинга предложен набор обязательных и необязательных (региональных) характеристик – индикаторов, отражающих основные деградационные процессы. К обязательным показателям отнесены: физико-географическое описание расположения участка, общая характеристика почвы, тип и характер землепользования, содержание элементов питания, органического углерода, физико-химические, гидрофизические, физические, физико-механические и биологические свойства, содержание загрязняющих веществ; к необязательным относятся: опустынивание, подкисление, засоление, содержание специфических видов организмов, эвтрофикация и др. (Environmental …, 1999, 2000; Proposal …, 2001).

Как известно, для почв, даже очень близких таксономически, не могут быть установлены унифицированные показатели фоновых характеристик, поскольку их пространственная и временная изменчивость весьма значительна, и сильно зависит от конкретной экологической ситуации (климатических условий, состава почвообразующих пород, вида растительности, типа землепользования; на сельскохозяйственных землях – от вида и сорта культур, системы агротехники

и удобрений и т.д.).

Учитывая высокое природное варьирование большинства важных для мониторинга почвенных параметров, а также их взаимозависимость (например, физические свойства ↔ содержание органического вещества ↔ обеспеченность элементами питания), представляется целесообразным в качестве эталона использовать не фиксированную численную характеристику определенного свойства, а совокупность параметров реальной эталонной почвы с учетом их изменчивости в рассматриваемом регионе.

Особенности создания Красной книги почв Ростовской области. Современные степные экосистемы во всем мире и в нашей стране относятся к числу наиболее нарушенных человеком и в наименьшей степени охваченных природоохранной деятельностью. Здесь очень низка облесенность территории, практически отсутствуют естественные пастбищные угодья, значительно распаханы даже пойменные пространства, особенно важные для сохранения устойчивости ландшафтов к неблагоприятным воздействиям. В таких районах сложно найти значительные по площади территории с целинными биоценозами и почвами, здесь необходима инвентаризация всех, даже небольших по площади участков ненарушенных почв под естественной или восстановленной растительностью, в первую очередь в пределах, существующих ООПТ, и занесение ареалов минимально трансформированных типичных почв в Красную книгу с целью формирования системы эталонов, репрезентативно представляющих почвенный покров региона. Несмотря на то, что небольшие разрозненные участки далеко не всегда могут в полной мере выполнять функции эталонов природы, их резерватная, ресурсоохранная и мониторинговая роль в максимальной степени проявляется в сильно измененных антропогенным воздействием регионах. Для таких территорий особенно важна ведущаяся в настоящее время работа над составлением Красных книг почв России и субъектов Федерации.

В Ростовской области, согласно данным Росстата на 2013 г., сельскохозяйственные угодья занимают 87.3% территории, причем 69% от этой площади приходится на пашню. В некоторых районах, например, в Зерноградском, к сельскохозяйственным землям относится более 90% площади, почти 90% которых используется под пашню. В юго-восточных районах области преобладают пастбища, так, например, в Заветинском районе при распаханности территории около 28%, 70% сельскохозяйственных земель используется под пастбища, где деградационные процессы выражены даже в большей степени, чем на пахотных угодьях (Сушко, 2014). Покрытые лесом земли занимают всего 2.6% от сухопутной площади области, несколько больше (2.9%) приходится на древесные насаждения, не входящие в лесной фонд, в частности, лесополосы. Все особо охраняемые природные территории федерального и регионального уровней занимают лишь около 0.6 сухопутной площади области.

В настоящее время в Ростовской области выделены следующие особо охраняемые природные территории: федерального подчинения – государственный природный биосферный заповедник Ростовский состоящий из 4 участков, и природный заказник Цимлянский; областного подчинения – природный парк Донской, состоящий из 2 участков (Дельта Дона и Островной), природный заказник Горненский и 70 памятников природы; местного подчинения – 7 памятников природы.

Большая часть охраняемых территорий областного и местного подчинения занимает совсем небольшую площадь. Хотя небольшие разрозненные участки не могут в полной мере выполнять эталонные функции, их ресурсосберегающую и охранную роль в регионах с высокой сельскохозяйственной освоенностью трудно переоценить. Большинство ООПТ охранный статус получили по показателям, не связанным с особенностями почвенного покрова. Учитывались, прежде всего, разнообразие растительного покрова, орнитофауны, чешуекрылых насекомых и рукокрылых животных. Из почвенных характеристик решающую роль играла необходимость защиты почвенного покрова от эрозии, так как многие объекты – это пойменные ландшафты или овражно-балочные системы. Как показал анализ доступных материалов, именно почвенный покров является наименее исследованным компонентом ООПТ, в лучшем случае имеются сведения лишь о преобладающих в почвенном покрове типах почв.

Задачи работы. На первом этапе нашей задачей было составление перечня типичных для области почв высоких таксономических уровней, представители которых должны быть выделены в качестве эталонов Красной книги почв Ростовской области.

Далее встали задачи:

– подбора минимально эродированных участков с естественной или восстановленной растительностью в пределах ареалов типичных для области почв для выделения почвенных эталонов;

– обследования почвенного покрова выбранных участков ООПТ;

– выбора опорных разрезов в пределах выбранных участков и характеристика их морфологических и аналитических свойств;

– и, наконец, оценка возможности использования характеристик отобранных эталонных почв для сравнения с используемыми в сельскохозяйственном производстве аналогами.

Объекты и методы исследований

Выбор эталонов Красной книги почв Ростовской области. Высокая распаханность территории Ростовской области обусловила тот факт, что многие охраняемые территории приурочены к овражно-балочным системам с эродированными почвами, поэтому выбор участков для заложения опорных разрезов потребовал значительной предварительной работы.

Перечень эталонов Красной книги почв Ростовской области (табл. 1) составлен на основе карты Почвенно-экологического районирования Российской Федерации масштабом 1:2500000 (Урусевская и др., 2013) с привлечением разномасштабной и разновременной картографической информации, представленной в электронном Атласе почв Ростовской области (Крыщенко и др., 2012; рис.).

Изучены доступные архивные материалы крупномасштабных почвенных обследований, проанализирована картографическая и описательная информация по растительному и почвенному покровам ООПТ, расположенных в пределах Предкавказской и Южно-Русской провинций черноземов обыкновенных и южных, что позволило подобрать 7 охраняемых природных территорий областного подчинения – памятников природы, расположенных в пяти административных районах области: «Разнотравно-типчаково-ковыльная степь» (Чертковский р-н), «Фоминская дача» (Миллеровский р-н), «Кундрюченские пески» и «Раздорские склоны (Усть-Донецкий р-н), «Персиановская заповедная степь» (Октябрьский р-н), «Хороли» и «Разнотравно-типчаково-ковыльная степь» (Зерноградский р-н), в пределах которых была возможность подобрать почвенные эталоны для включения в Красную книгу почв области (рис.). В 2015-2016 гг. было проведено почвенное обследование указанных ООПТ.

Таблица 1. Эталоны Красной книги почв Ростовской области.

Провинции почвенно-экологического районирования	**Основные эталоны**	**Локальные эталоны**	**Эталонные комплексы**
Н1 *Предкавказская провинция* черноземов обыкновенных и южных мицелярно-карбонатных мощных и сверхмощных малогумусных	черноземы обыкновенные мицелярно-карбонатные; черноземы южные мицелярно-карбонатные	лугово-черноземные; луговые; аллювиальные; дерновые песчаные	
Н2 *Южно-Русская провинция* черноземов обыкновенных среднемощных малогумусных и южных средне- и маломощных малогумусных и слабогумусированных	черноземы обыкновенные; черноземы южные		
О2 *Донская провинция* темно-каштановых и каштановых почв	каштановые; темно-каштановые	лугово-каштановые; луговые; аллювиальные; дерновые песчаные; солончаки	солонцовые комплексы
Р1 *Прикаспийская провинция* светло-каштановых и бурых почв, солонцовых комплексов, песчаных массивов и солончаков	светло-каштановые; бурые (пустынно-степные)		

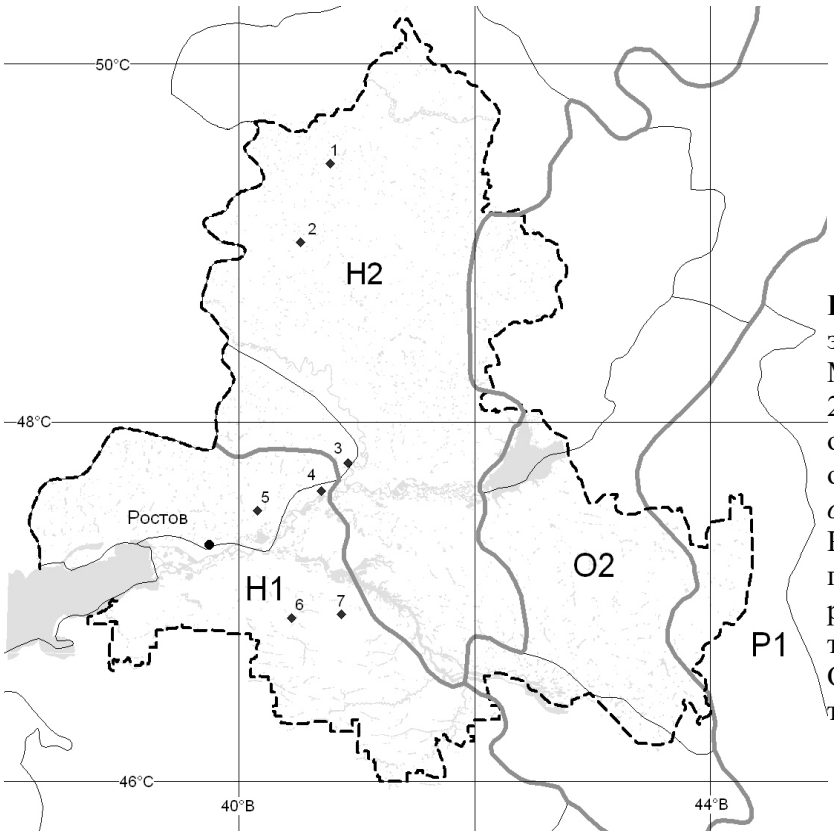


Рис. Фрагмент карты Почвенно-экологического районирования РФ М 1:2 500 000 (Урусевская и др., 2013) для территории Ростовской области с расположением обследованных ООПТ. *Условные обозначения:* 1 – граница Ростовской области, 2 – провинции почвенно-географического районирования (названия провинций в таблице 1), 3 – обследованные ООПТ (названия охраняемых территорий в тексте).

Эталонные почвы. ООПТ «Разнотравно-типчаково-ковыльная степь», Чертковский р-н (1) образована в 2006 г., общая площадь – 150.0 га. Участок представляет собой часть балочной системы с крутыми, реже покатыми склонами, занимает верховья балок Егоровой и Красный конь. Растительность представлена разнотравно-типчаково-ковыльной степью в комплексе с песчаной степью и байрачным лесом. На участке заложено два разреза (далее р.): р. 1601 – чернозем южный среднемощный малогумусный легкосуглинистый на красно-бурой структурной глине, подстилаемой элювием песчаника под разнотравно-типчаково-ковыльной степной целинной растительностью; р. 1602 – чернозем южный неполноразвитый малогумусный легкосуглинистый на элювии песчаника под разнотравно-типчаково-ковыльной степной растительностью, местами разреженной.

ООПТ «Фоминская дача» (2) получила статус охраняемой территории в 1977 г. и занимает 16 кварталов (679 га) Фоминского лесничества Донецкого лесхоза. Посадка леса была осуществлена в 1890 году владельцами земель – помещиками Фомиными. На территории памятника природы заложено два разреза: р. 1603 – чернозем южный мощный среднегумусный легкоглинистый на желто-бурых суглинках под широколиственным лесом, состоящим из столетних посадок дуба с подростом клена; р. 1604 – чернозем южный мощный среднегумусный легкоглинистый на желто-бурых суглинках на поляне в широколиственном лесу с разнотравно-злаковым травянистым покровом.

ООПТ «Кундрюченские пески» (3), занимающий 2689 га, представляет собой междуречный песчаный массив, расположенный на левом берегу р. Кундрючья. На охраняемой территории представлены псаммофитные природные комплексы с различной растительностью – болота, луга, дубовые, ольховые и березовые колки, песчаные степи и луга, фрагменты барханных песков. Р. 1605 – примитивная супесчаная слабогумусированная почва (серопески) сформирована под псаммофитной луговой растительностью.

ООПТ «Раздорские склоны» (4) площадью – 1267 га расположен на высоком берегу р. Дон, местность перемежается балками, врезающимися в склон, с островками байрачных лесов. Растительный покров представлен типичными разнотравно-злаково-ковыльными степными сообществами. Р. 1606 – чернозем обыкновенный карбонатный маломощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, заложен на участке с незначительно нарушенной разнотравно-типчаковой степной растительностью.

ООПТ «Персиановская степь» (5) занимает плато с плакорной степью в верховье балки Хорули. Площадь участка – 66 га, заповедный режим установлен в 1977 г. Целинный степной участок со всех сторон обрамлен лесными полосами, на юго-востоке к нему примыкает заповедный участок «Дубрава им. В.В. Докучаева». Р. 1607 – чернозем обыкновенный мощный среднегумусный тяжелосуглинистый на желто-бурых суглинках заложен под густой целинной разнотравно-типчаковой растительностью.

ООПТ «Хороли» (6) образован в 1995 г. Он расположен на правом берегу реки Кагальник и занимает склон долины и нижнюю часть балочной системы Хороли. Растительность представлена злаково-разнотравными, разнотравно-злаковыми, разнотравно-пырейно-мятликовыми степными ассоциациями, распространение на прибалочных склонах разнотравно-пырейно-мятликовых сообществ объясняется сельскохозяйственным использованием (пастьба скота, чрезмерное сенокошение, подсев многолетних трав). Опорные разрезы: р. 1501 – чернозем обыкновенный карбонатный среднесмытый маломощный малогумусный легкоглинистый на желто-бурой легкой глине под богатой разнотравно-типчаково-злаковой степью; р. 1502 – чернозем обыкновенный карбонатный слабосмытый среднемощный малогумусный легкоглинистый на желто-бурой средней глине под разнотравно-злаковой растительностью. При определении его местоположения ориентировались на координаты разреза, изученного в ходе последнего обследования территории ЮЖГИПРОЗЕМ-ом в 1983 г., когда почва была описана как пахотная. Таким образом, к настоящему времени этот участок более двадцати лет находится в залежном режиме.

ООПТ «Разнотравно-типчаково-ковыльная степь» Зерноградского района (7) образована в 1977 г. и занимает часть балочной системы Василевская на террасе левого берега р. Маныч. Растительность представлена участками разнотравно-типчаково-ковыльной степи в комплексе с песчаной степью и байрачным лесом. Р. 1503 – чернозем обыкновенный карбонатный слабосмытый среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на легкой глине под богатой разнотравно-типчаково-ковыльной степью.

Все разрезы были заложены в автоморфных позициях под минимально нарушенными растительными ассоциациями, по профилям разрезов отобраны образцы для определения основных химических и физико-химических характеристик. Вблизи опорных разрезов с площадок 10х10 м^2 по регулярной сетке отобрано по 15 образцов из слоя 0-20 см для исследования естественного варьирования почвенных характеристик.

Аналитические исследования. В лабораторных условиях из отобранных по профилю образцов к настоящему времени определены: объемная масса почвенных горизонтов (буровым методом), содержание гигроскопической влаги, гранулометрический состав почв (пипеточный метод Качинского в модификации Долгова-Личмановой), содержание органического углерода (по методу Тюрина в модификации Орлова-Гриндель), содержание карбонатов (по Шейблеру),, валовой состав макро- и микроэлементов (Cr, Ni, As, Sr, Co, Zn, Pb, Cu, Ti) (методом рентген-флюоресцентной спектроскопии на спектроскане МАКС-GV), удельная активность радионуклидов (137Cs, 226Ra, 232Th, 40K) (гамма-спектрометрическим методом на сцинтилляционном гамма-спектрометре «Прогресс-гамма»).

Результаты и обсуждение

В первую очередь мы попытались оценить возможности использования выбранных почв охраняемых территорий в качестве эталонов при мониторинге гумусированности, загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами сельскохозяйственных земель. Изучено распределение по профилям опорных разрезов содержания органического углерода и валовых концентраций ряда микроэлементов (Cr, Ni, As, Sr, Co, Zn, Pb, Cu, Ti), а также их варьирование в поверхностном слое почвы (0-20 см) вблизи разрезов. Изменение по профилям почв удельной активности радионуклидов (137Cs, 226Ra, 232Th, 40K) исследовали в образцах, отобранных из разрезов 2016 г.

Мониторинг гумусированности. Выявлено обогащение гумусом поверхностных горизонтов изученных почв охраняемых территорий по сравнению с пахотными аналогами. В целинных и залежных черноземах средневзвешенные показатели содержания гумуса (для 25-сантиметровой толщи) возрастают на 0.7-3.0% по сравнению с пахотными аналогами (табл. 2). В максимальной степени этот процесс выражен в черноземах южных мощных глинистых под полновозрастным разреженным широколиственным лесом (ООПТ «Фоминская дача»). Содержание гумуса в

поверхностных горизонтах лесных почв на 1.5-3.0% выше, чем в используемых в сельскохозяйственном производстве почвах окрестной территории. Возможно, этот факт обусловлен более чем вековым отсутствием антропогенных нарушений почвенного покрова этой охраняемой территории, поскольку возраст дубовых насаждений в местах заложения разрезов превышает 100 лет.

Таблица 2. Содержание гумуса в целинных и пахотных черноземах Ростовской области.

Горизонт	**Целинные черноземы ООПТ**	**Изменчивость в поверхностном слое 0-20 см (вблизи целинных разрезов)**		**Пахотные черноземы (Безуглова, Хырхырова, 2008)**	
	μ	**μ**	**Границы типичных значений**	**μ**	**Границы типичных значений**
Черноземы южные среднемощные легкосуглинистые Южно-Русской провинции					
	Разнотравно-типчаково-ковыльная степь (Чертковский)				
Ad (Апах)	5.9	5.3	4.9-5.9	2.0	1.6-2.3
A1	4.1			1.8	1.4-2.2
B1	2.1			1.5	1.1-2.1
B2	1.5			1.1	0.8-1.4
BC	1.0			0.7	0.4-0.9
Черноземы южные мощные глинистые и тяжелосуглинистые Южно-Русской провинции					
	Фоминская дача				
Ad (Апах)	9.9	7.8	6.4-8.4	4.7	4.2-5.3
A1	5.4			4.4	3.7-5.3
B1	3.0			3.6	3.1-4.1
B2	1.6			2.3	2.1-2.6
BC	1.0			1.2	1.1-1.5
*Черноземы обыкновенные североприазовские мощные и среднемощные карбонатные глинистые и тяжелосуглинистые Предкавказской провинции**					
	Персиановская заповедная степь	**Раздорские склоны**			
Ad (Апах)	6.4	5.6	4.-6.0	4.6	4.4-–5.0
A1	4.6			4.4	4.2-4.7
B1	2.8			3.5	3.2-3.7
B2	1.9			2.3	2.2-2.4
BC	1.0			1.3	1.0-1.4
Черноземы обыкновенные среднемощные карбонатные глинистые и тяжелосуглинистые Предкавказской провинции					
	Хороли, Разнотравно-типчаково-ковыльная степь (Зерноградский)				
Ad (Апах)	5.5	4.6	4.1-5.0	4.2	3.8-4.7
A1	4.0			3.8	3.6-4.1
B1	3.1			3.2	2.8-3.5
B2	2.9			2.1	1.8-2.7
BC	1.5			1.2	1.1-2.4

Примечания к таблице 2: * – вблизи эталонного разреза (Персиановская заповедная степь) вариабельность содержания гумуса не определяли, приведены данные об изменчивости вблизи разреза чернозема обыкновенного североприазовского маломощного карбонатного под умеренно-нарушенной растительностью (Раздорские склоны).

Памятники природы со степной растительностью, даже не подвергавшиеся распашке, с большой вероятностью периодически использовались под сенокосы и пастбища. Под лесом дополнительными факторами, способствующими увеличению содержания гумуса, являются: изменение состава растительного опада и характера его поступления, а также изменение параметров гидротермического режима под влиянием лесной растительности (Горбов, Безуглова, 2014). Положительный эффект воздействия залежного режима на восстановление гумусового состояния чернозема отчетливо проявился также при сравнении характеристик пахотного обыкновенного карбонатного чернозема, исследованного в 1983 г., с современной почвой (р. 1502 заложен в точке с практически теми же координатами на территории ООПТ «Хороли»). Содержание гумуса в поверхностном слое почвы (0-20 см) за 20 лет залежного режима выросло более чем на 1.5%. Следует, однако, иметь в виду, что значительно более высокая гумусированность целинных и залежных черноземов по сравнению с пахотными не приводит к столь же выраженной разнице в запасах гумуса, поскольку разрыхление почвенной толщи корнями естественной растительности снижает объемную массу поверхностных горизонтов. К сожалению, недостаток фактических данных (главным образом, определений объемной массы) пока не позволяет корректно оценить масштабы применимости этой характеристики для целей мониторинга. На текущем этапе работы нам не удалось выявить значительного отличия по запасам гумуса в поверхностных горизонтах (0-20 и 0-50 см) исследованных старозалежных и целинных почв от аналогичных пахотных. Лишь в черноземах южных мощных глинистых под лесом (Фоминская дача) отмечаются заметно более высокие запасы гумуса в 20-сантиметровом слое почвы (на 15-35 т/га или на 20-30%) по сравнению с пахотными черноземами южными того же района.

Мониторинг загрязнения тяжелыми металлами. Исследование изменчивости концентраций микроэлементов вблизи опорных разрезов показало, что даже в пределах небольшой площади 10x10 м^2 для разных элементов минимальные и максимальные значения могут различаться в 1.5-3 раза. При столь значительном варьировании единичные определения могут значительно отличаться от среднего, однако границы типичных значений (2 и 3 квартили) оказываются значительно уже, по-видимому, именно показатели, лежащие в этом интервале логично принять за ориентировочные фоновые значения при ведении мониторинга. В таблице 3 приведены результаты вариационно-статистического анализа для двух из проанализированных элементов (Ni, Pb).

Таблица 3. Вариационно-статистический анализ результатов определения валовых концентраций никеля и свинца в черноземах южных и обыкновенных ООПТ Ростовской области.

Статистические параметры		р. 1501	р. 1502	р. 1503	р. 1601	р. 1602	р. 1603	р. 1604	р. 1606
Ni									
Среднее арифметическое (μ)		72	76	70	40	26	67	64	65
Медиана		71	76	69	42	30	67	65	66
Пределы отклонений	min	69	73	67	33	11	64	60	61
	max	74	82	74	47	38	73	69	70
Границы типичных значений	2 кв.	71	75	68	35	21	66	63	63
	3 кв	73	77	71	45	31	68	66	66
Среднее квадратическое отклонение (σ)		1.5	2.3	2.2	5	7.9	2.1	2.4	2.6
Коэффициент вариации (V, %)		2.1	3	3.2	12.3	30	3.1	3.8	4
Pb									
Среднее арифметическое (μ)		33	42	32	24	18	36	43	43
Медиана		34	41	32	25	18	36	44	41
Пределы отклонений	min	21	35	24	5	11	31	31	35
	max	38	48	37	32	27	47	51	54
Границы типичных значений	2 кв.	30	40	30	20	14	33	42	39
	3 кв	36	44	36	29	22	39	47	45
Среднее квадратическое отклонение (σ)		4.6	3.5	3.9	7.5	4.8	4.5	5.2	5.6
Коэффициент вариации (V, %)		13.9	8.3	12	31.4	26.6	12.5	12	13.2

Анализ полученных данных о концентрациях микроэлементов в целинных и старозалежных почвах показал, что в большинстве случаев эти показатели превышают условные фоновые значения, до настоящего времени использующиеся при обследовании почв области (Акимцев и др., 1962; табл. 4).

Таблица 4. Валовые концентрации (ppm) некоторых микроэлементов в поверхностных горизонтах почв ООПТ Ростовской области.

Нормативы	**Элементы**	**V**	**Cr**	**Ni**	**Zn**	**Pb**	**Cu**	**Mn**	**Co**	**Sr**	**As**
ПДК						32		1500			2
ОДК	Пески, супеси			20	55	32	33				2
	Суглинки и глины (pH>5.5)			80	220	130	132				10
Фон (Акимцев и др., 1962)		67	100	50	65	20	30		8	300	8
											Разрезы
1501	Тяжелые суглинки. глины	106	114	72	92	33	65	1042	26	140	12
1502		118	111	76	100	42	69	1101	31	122	14
1503		106	116	70	89	32	60	1003	19	121	11
1603		135	112	67	98	36	53	1148	18	146	13
1604		101	104	64	124	43	49	1155	11	171	13
1606		130	111	65	106	43	53	955	19	152	15
1607		117	104	61	96	28	49	947	14	171	10
1601	Легкие суглинки	120	103	40	70	24	30	610	5	107	10
1602		143	91	26	51	18	23	502	9	116	9
1605	Пески		44		10			107	10	28	5

Концентрации мышьяка превышают государственные установленные нормативы загрязнения, как предельно допустимые концентрации (ПДК), так и ориентировочные допустимые количества (ОДК) для почв соответствующего гранулометрического состава, а содержание никеля находится почти на уровне значений ОДК. Общеизвестно, что в обогащенных органическим веществом поверхностных горизонтах наблюдается концентрирование многих микроэлементов, однако в тяжелых по гранулометрическому составу материнских породах Ростовской области (красно-бурых и желто-бурых глинах) их концентрации также повышенные. Из обследованных нами почв памятников природы только в примитивной супесчаной почве, сформированной на аллювиальных песчаных отложениях («Кундрюченские пески»), и в черноземах южных легкосуглинистых на элювии песчаников («Разнотравно-типчаково-ковыльная степь», Чертковский р-н) содержание ряда микроэлементов пониженное (табл. 4). Таким образом, высокие концентрации ряда микроэлементов в почвах Ростовской области обусловлены обогащением ими почвообразующих пород, а повышенное содержание органического вещества в гумусовом горизонте черноземов дополнительно способствует их накоплению в поверхностном слое.

Мониторинг загрязнения радионуклидами. Полученные данные об удельной активности естественных радионуклидов (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K) соответствуют средним значениям для почв Ростовской области, известным из литературных источников. Сходство концентраций этих элементов в гумусовых горизонтах почв и в материнских породах свидетельствуют, что их источником являются почвообразующие породы. При этом отмечается возрастание активности радионуклидов в дерновых горизонтах, на карбонатных барьерах и с утяжелением гранулометрического состава. Во всех почвах тяжелого гранулометрического состава удельная активность всех изученных радионуклидов выше, чем в супесчаной примитивной почве (р. 1605; табл. 5).

Иная ситуация складывается с ^{137}Cs. Этот искусственный радионуклид щелочного металла, большинство соединений которого растворимы, может поступать с осадками на поверхность растений и почвы и проникать в верхние горизонты. Согласно данным радиологического мониторинга пахотных почв, удельная активность ^{137}Cs в верхнем 0-15-сантиметровом слое почв степных территорий Предкавказья и Ростовской области составляет в среднем 20.5 Бк/кг при размахе

колебаний 4.2-70.6 Бк/кг (Buraeva et al., 2015).

В дерновых горизонтах исследованных целинных почв удельная активность ^{137}Cs заметно превышает эти показатели (максимальное значение – 129.4 Бк/кг – отмечено в 0-6 сантиметровом слое чернозема южного глинистого под лесом), вниз по профилю отмечается резкое снижение активности ^{137}Cs (табл. 5). Однако при расчете средневзвешенных показателей концентрации ^{137}Cs на толщу 0-25 см результаты оказываются сравнимыми со значениями, характерными для поверхностных горизонтов пахотных почв. Отмечается корреляция концентрации цезия с содержанием углерода в поверхностных горизонтах целинных почв, при этом расчет обогащенности органического вещества радионуклидами ^{137}Cs (отношение $^{137}Cs/C_{орг.}$) также свидетельствует о закреплении элемента органическим веществом (табл. 5). Первые результаты исследований позволяют предположить, что в качестве фонового показателя при мониторинге может быть использовано отношение $^{137}Cs/C_{орг.}$ в поверхностных горизонтах почв.

Таблица 5. Удельная активность радионуклидов в гумусовых горизонтах почв ООПТ Ростовской области.

Разрез	Горизонт	Глубина, см	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг					$^{137}Cs/C$
			^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	^{137}Cs, средневзвешенный 0-25 см	
1601	Ad	0-5	20.4	20.4	222.0	52.8	16.3	15.2
	A	5-20	19.1	13.8	303.3	4.2		
	B1	20-30	19.2	24.8	148.9	<п.о.*		
1602	Ad	0-10	21.3	29.2	254.0	50.9	23.0	15.3
	A	10-30	26.3	22.2	184.3	4.4		
	C	30-40	12.9	13.0	52.4	0.2		
1603	Ad	0-12	20.6	29.9	482.0	60.7	29.3	15.0
	A	12-40	28.5	33.3	443.0	0.3		
	B1	40-65	32.0	30.4	481.0	3.5		
1604	Ad	0-6	12.9	27.2	353.0	129.4	31.3	16.1
	A	6-30	24.2	32.3	428.0	0.3		
	B1	30-45	20.2	31.5	422.0	<п.о.*		
1605	Ad	0-10	4.1	2.6	42.0	21.8	10.4	14.2
	A	10-35	3.4	3.3	55.5	2.7		
	B	35-55	1.0	2.3	10.4	<п.о.*		
1606	Ad	0-5	22.8	30.4	364.0	25.6	10.9	7.7
	A	5-23	12.8	33.0	424.0	8.0		
	B1	23-43	16.5	29.2	339.0	1.3		
1607	Ad	0-9	26.4	29.7	428.0	36.6	13.7	9.0
	A	9-44	28.7	28.5	428.0	0.9		
	AB	44-63	30.4	26.1	445.0	2.3		

Примечания к таблице 5: * – ниже предела обнаружения.

Несмотря на недостаток фактических данных, имеющиеся сведения позволяют предположить, что почвы северо-западной части Ростовской области характеризуются несколько более высокой удельной активностью ^{137}Cs по сравнению с южной. Возможно, это обусловлено особенностями выпадения радионуклида после аварии на Чернобыльской АЭС, которые определяются характером атмосферных переносов воздушных масс, а также количеством и интенсивностью осадков.

Выводы

1. Изучение почв ООПТ показало, что они могут служить эталонами при проведении мониторинговых наблюдений как для распаханных аналогов, так и для почв других видов

землепользования.

2. Залежный режим способствует восстановлению гумусового состояния чернозема: в целинных и залежных черноземах средневзвешенные показатели содержания гумуса (для 25-сантиметровой толщи) возрастают на 0.7-3.0% по сравнению с пахотными аналогами.

3. Для оценки степени загрязнения тяжелыми металлами почв Ростовской области имеющиеся нормативы не применимы, для этих целей предлагается использовать региональные фоновые концентрации, установленные для аналогичных (типологически и по гранулометрическому составу) целинных почв с учетом природного варьирования характеристик.

4. Выявлена корреляция удельной активности ^{137}Cs с содержанием углерода в поверхностных горизонтах целинных почв. В качестве фонового показателя при мониторинге загрязнения цезием предлагается использовать отношение $^{137}Cs/C_{орг.}$ в поверхностных горизонтах почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акимцев В.В., Болдырева А.В., Голубев С.Н., Кудрявцев М.Н., Руденская К.В., Садименко П.А., Соборникова И.Г. 1962. Содержание микроэлементов в почвах Ростовской области // Микроэлементы и естественная радиоактивность. Ростов на Дону: Издательство Ростовского университета. С. 37-42.

Александрова А.Б., Бережнов Н.А., Григорян Б.Р., Иванов Д.В., Кулагина В.И. 2012. Красная книга почв Республики Татарстан. Казань: Фолиант. 192 с.

Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А., Матинян Н.М., Сухачева Е.Ю. 2007. Красная книга почв Ленинградской области. С.-Пб.: Аэроплан. 320 с.

Безуглова О.С., Хырхырова М.М. 2008. Почвы Ростовской области. Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ. 352 с.

Горбов С.Н., Безуглова О.С. 2014. Специфика органического вещества почв Ростова-на-Дону // Почвоведение. № 8. С. 1-11.

Добровольский Г.В., Чернова О.В., Семенюк О.В., Богатырев Л.Г. 2006. Принципы выбора эталонных объектов при создании Красной книги почв России // Почвоведение. № 4. С. 387-395.

Климентьев А.И., Чибилев А.А., Блохин Е.В., Грошев И.В. 2001. Красная книга почв Оренбургской области. Екатеринбург: УрО РАН. 295 с.

Красная книга почв России. 2009. М.: МАКС Пресс. 576 с.

Крыщенко В.С., Безуглова О.С., Голозубов О.М., Литвинов Ю.А. 2012. Атлас почв Ростовской области // Электронный ресурс № 18170. Свидетельство о регистрации от 27 апреля 2012 г.

Медведев В.В., Лактионова Т.Н. 2012. Анализ опыта европейских стран в проведении мониторинга почвенного покрова // Почвоведение. № 1. С. 106-114.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. 2.1.7. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06; ГН 2.1.7.2042-06. 2006. М. 15 с.

Соловиченко В.Д., Лукин С.В., Лисецкий Ф.Н., Голеусов П.В. 2007. Красная книга почв Белгородской области. Белгород: Издательство БелГУ. 190 с.

Сушко К.С. 2014. Эколого-экономические последствия антропогенных трансформаций пастбищных почв юго-востока Ростовской области // Управление экономическими системами. Электронный научный журнал. № 2. [Электронный ресурс http://uecs.ru/logistika/item/2783-2014-02-25-07-22-46].

Ташнинова Л.Н. 2000. Красная книга почв и экосистем Калмыкии. Элиста: АПП «Джингар». 216 с.

Урусевская И.С., Алябина И.О., Винюкова В.П., Востокова Л.Б., Дорофеева Е.И., Шоба С.А., Щипихина Л.С. 2013. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации М: 1:2500000.

Чернова О.В. 1995. Проект Красной книги естественных почв России // Почвоведение. № 4. С. 514-519.

Buraeva E.A., Bezuglova O.S., Stasov V.V., Nefedov V.S., Dergacheva E.V., Goncharenko A.A., Martynenko S.V., Goncharova L.Yu., Gorbov S.N., Malyshevsky V.S., Varduny T.V. 2015. Features of 137Cs distribution and dynamics in the main soils of the steppe zone in the southern European Russia // Geoderma. Vol. 259-260. P. 259-270.

Environmental indicators: Typology and overview. 1999 // Report № 25. EEA. Copenhagen. 19 p.

Environmental signals. 2000 // Environmental Assessment Report № 6. EEA. Copenhagen. 20 p.

McKenzie N., Henderson B., McDonald W. 2002. Monitoring Soil Change. Principles and practices for Australian conditions. CSIRO Land and Water Technical Report. 112 p.

Proposal for a European soil monitoring and assessment framework. 2001. Project manager Gentile A.R. EEA. Copenhagen. 58 p.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 1 (74), с. 49-58

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.46:631.48:930.26

ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКИХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ПУСТЫННО-СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮГО-ВОСТОКА РУССКОЙ РАВНИНЫ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ ГОЛОЦЕНА (IV ТЫС. ДО Н.Э. – XIII В. Н.Э.)[1]

© 2018 г. Н.Н. Каширская*, Т.Э. Хомутова*, Т.В. Кузнецова*, Н.И. Шишлина, А.В. Борисов***

**Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН*
Россия, 142290, г. Пущино, ул. Институтская, д. 2. E-mail: nkashirskaya81@gmail.com
***Государственный исторический музей*
Россия, 109012, г. Москва, Красная пл., д. 1.

Поступила 22.12.2016

Приводятся результаты исследований химических и микробиологических свойств палеопочв юго-востока Русской равнины, погребенных под курганами эпохи энеолита, бронзы и Средневековья. Показано, в эпоху энеолита (4200-4100 лет до н.э.) и в эпоху Средневековья (700 лет назад) климат региона был более влажным, чем в настоящее время. Третье тысячелетие до н.э. характеризовалось постепенным нарастанием аридности климата, пик которой пришелся на конец III тыс. до н.э. Численность и биомасса микробных клеток была максимальной в почвах, погребенных в периоды высокой атмосферной увлажненности (4200-4100 и 3000-2800 лет до н.э.), и резко снижалась в период аридизации во второй половине III тыс. до н.э. В целом, изменчивость показателей состояния микробоценозов разновозрастных пустынно-степных палеопочв курганного могильника соответствовала вековой динамике климата.

Ключевые слова: палеопочвы, энеолит, Средневековье, климат, микробоценозы.
DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10006

Изучение палеопочв, погребенных под разновозрастными грунтовыми археологическими и историческими памятниками, в настоящее время успешно используется для решения проблем эволюции степных ландшафтов и природной среды. Последние достижения в данном направлении позволили расширить и детализировать представления о скорости и направленности почвообразовательного процесса, о вековой динамике основных физико-химических почвенных показателей и о состоянии микробных сообществ на протяжении второй половины голоцена. Исследования погребенных палеопочв охватывают широкий хроноинтервал от энеолита (IV тыс. до н.э.) до средневековья (XIII в. н.э.), при этом их география к настоящему времени включает Центральное Черноземье (Ахтырцев Б., Ахтырцев А., 1993; Чендев, 2001), Причерноморье (Лисецкий и др., 2013); Предкавказье (Александровский, 1997; Хохлова и др., 2006), Нижнее Поволжье (Демкин, 1997; Борисов и др., 2003, 2006; Якимов и др., 2007), Предуралье (Демкин и др., 1993; Иванов, Васильев, 1995; Рысков, 1997; Хохлова, 2007), степное Зауралье (Плеханова и др., 2005; Плеханова, Демкин, 2008 а, б), Западную Сибирь (Дергачева, 1997; Валдайских, 2007). Установлено, что в палеопочвах под разновозрастными грунтовыми насыпями до настоящего времени сохраняются признаки и свойства, отражающие многообразие условий почвообразования и их вековую динамику (Демкин, 1997; Дергачева, 1997; Борисов и др., 2006). К числу важнейших показателей, позволяющих судить о смене гумидных и аридных эпох на протяжении длительных временных отрезков, относятся состояние солевого профиля и степень выраженности признаков солонцеватости в палеопочвах (Демкин, 1997; Демкин и др., 2007). Для уточнения и детализации палеоклиматических реконструкций также используется микробиологическая характеристика палеопочв, если их сохранность при достаточно надежной

[1] Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 15-06-01291, 14-04-00934, 14-06-00200 и Программы Президиума РАН № 18.

консервации дает возможность исследовать микробные сообщества в том состоянии, в котором они существовали во время создания археологических памятников (Демкина и др., 2000, 2004). Сохранению микроорганизмов прошлых эпох способствовали их адаптационные механизмы выживания в неблагоприятных экологических условиях, такие как анабиоз и переход бактерий в наноформы. С применением электронной микроскопии установлено, что в горизонте А1 подкурганных каштановых палеопочв 80% клеток представляют собой наноформы, а в современной фоновой почве – 60% (Каширская и др., 2010). К комплексу индикаторных микробиологических показателей относятся биомасса микроорганизмов, дающих респираторный отклик на внесение глюкозы при использовании метода субстратиндуцированного дыхания (СИД; Anderson, Domsch, 1978) и суммарная микробная биомасса (СМБ), включающая все клетки микробного сообщества, в том числе их покоящиеся формы (Каширская и др., 2009). Известно, что в покоящемся состоянии находится около 70% микробного сообщества почвы (Roszak, Colwell, 1987), что подтверждается данными о погребенных и современных почвах сухих степей (Каширская и др., 2010). Основным условием репрезентативности получаемых реконструкций при использовании комплекса физико-химических и микробиологических показателей является компактность расположения разновозрастных погребенных и современных фоновых почв, а также максимально близкие почвенно-литологические и ландшафтно-геоморфологические условия их развития. В этом отношении уникальным полигоном для изучения динамики почвенных свойств во второй половине голоцена является курганный могильник Песчаный V, расположенный в окрестностях с. Ремонтное Ростовской области. Изученные в пределах данного могильника объекты собраны компактной группой на ограниченном участке, характеризующемся практически однотипными почвенными условиями при отсутствии мезорельефа. Важным представляется и тот факт, что все исследованные курганы расположены на целине; это позволяет рассматривать данный ключевой участок в качестве эталонного для пустынно-степной зоны. Таким образом, целью работы явилось изучение изменчивости физико-химических и микробиологических свойств пустынно-степных палеопочв курганного могильника Песчаный V в связи с вековой динамикой увлажненности климата.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования послужили палеопочвы, погребенные под разновозрастными археологическими памятниками (курганами) в пределах курганного могильника Песчаный-V. Время погребения палеопочв относится к эпохам энеолита, бронзы и средневековья. Ключевые участки расположены в 800 м восточнее села Ремонтное Ростовской области, в привершинной зоне склона южной экспозиции (уклон местности 2-3º), на восточном высоком правом берегу р. Джурак-Сал, протекающей по Сальско-Манычской гряде, в западной части Ергенинской возвышенности.

Климат территории резко континентальный, суммарная температура воздуха выше 10°С составляет 3400-3600°С, годовое количество осадков составляет около 350 мм. Высота участка над уровнем моря составляет 150-180 м. Почвообразующие породы представлены лессовидными суглинками, перекрывающими песчаные отложения палеогенового времени. Исследованные курганы расположены на целинном участке, используемом под выпас скота. Современные фоновые почвы в пределах данного участка представлены солонцами, в то время как разновозрастные палеопочвы отражают развитие солонцового процесса, и наиболее древние из них не несут признаков солонцеватости на морфологическом уровне. Для анализа были использованы почвенные образцы, отобранные репрезентативно по генетическим горизонтам с соблюдением условий стерильности.

Методы исследования. Определение содержания органического углерода, карбонатов, значений pH, гранулометрического состава проведено по традиционным методикам (Аринушкина, 1970) в ЦКП ИФХиБПП РАН. Оценка численности проводилась методом люминесцентной микроскопии с помощью красителя DAPI, окрашивающего как живые, так и мертвые клетки. Оценка суммарной микробной биомассы (С-СМБ) проводилась методом определения органического углерода в экстрагированной микробной фракции (Хомутова и др., 2004; Каширская и др., 2009), оценка биомассы микроорганизмов, дающих респираторный отклик на внесение глюкозы (С-СИД), проводилась методом субстрат-индуцированного дыхания (Anderson, Domsch, 1978). Биомассу грибного мицелия определяли прямым подсчетом на мембранных фильтрах по методу Х.Р. Хансена в

модификации Т.С. Демкиной и Т.Г. Мирчинк (Звягинцев и др., 1980). Статистическую обработку данных проводили стандартными методами (Дмитриев, 1995).

Результаты и обсуждение

Наиболее древняя палеопочва хроноряда (разрез Б-329), относящаяся к эпохе энеолита, была погребена под курганом 15. Время погребения почвы по археологическим данным соответствует 4200-4100 лет до н.э. Почва идентифицирована как светло-каштановая несолонцеватая глубокозасоленная. Следующая по времени палеопочва (разрез Б-368), погребенная под курганом 16, по археологическим данным относится к раннему этапу эпохи бронзы (ямная культура, 3000-2800 лет до н.э.). Датировка по методу ^{14}C для данной почвы не проводилась. Почва диагностирована как каштановая несолонцеватая солончаковатая. Следующая почва хроноряда (разрез Б-132), погребенная под курганом 3, светло-каштановая солонцеватая солончаковая почва по археологическим данным относится к катакомбному этапу эпохи бронзы (2600-2500 лет до н.э.). Завершает хроноряд почв эпохи бронзы палеопочва, погребенная под курганом 14 (разрез Б-331), идентифицированая как солонец мелкий каштановый глубокосолончаковатый. Она относится к финалу средней бронзы (лолинская культура, 2100-2000 лет до н.э.). Почва эпохи средневековья (разрез Б-328) солонец средний каштановый неполноразвитый, была погребена под курганом 10. Современная фоновая почва (разрез Б-327) представлена солонцом каштановым средним глубокозасоленным на лессовидных суглинках.

Химические свойства почв. Основные химические характеристики разновозрастных палеопочв и современной фоновой почвы представлены в таблице 1. Одним из определяющих показателей для микробиологической характеристики почв является содержание органического углерода. В профиле современного фонового солонца величины содержания $C_{орг.}$ уменьшались вглубь профиля от 0.81 до 0.11%. В верхнем горизонте современного солонца, сформированного на курганной насыпи в течение последних 700 лет, содержание $C_{орг.}$ было практически такое же, как в аналогичном горизонте современного фонового солонца. В палеопочвах величины содержания $C_{орг.}$ варьировали в горизонте А1 от 55 до 30%, а в горизонте В1 – от 63 до 45% от современного уровня. В горизонте В2 погребенных почв величины данного показателя были в 1.5-4 раза больше, чем в современной почве. Среди палеопочв эпохи бронзы максимальными величинами содержания $C_{орг.}$ в верхнем и нижнем горизонтах отличалась каштановая почва ямной культуры, а минимальное содержание $C_{орг.}$ в аналогичных горизонтах было отмечено в солонце лолинской культуры, время погребения которого относится к наиболее засушливому периоду эпохи бронзы. Профиль солонца эпохи средневековья характеризовался в 1.3-2.3 раза большими величинами содержания $C_{орг.}$ по сравнению с профилем солонца эпохи бронзы.

Основными индикаторами изменения климатических условий в пустынно-степной зоне являются такие показатели, как содержание и распределение солей в почвенном профиле, поэтому рассмотрим эти показатели подробно. Профиль светло-каштановой палеопочвы, погребенной в эпоху энеолита (4200-4100 лет до н.э.), засолен с поверхности. Но присутствие солей в верхних горизонтах (0.63% и 0.70% в горизонтах А1 и В1 соответственно) носит диагенетический характер и связано с поступлением водорастворимых соединений в верхние горизонты погребенной почвы из насыпи. Это явление наблюдается в первые годы существования кургана, когда насыпь еще рыхлая и не задернованная (Демкин, 1997). Наиболее близко к исходному уровню засоление горизонта ВС1 (0.32%) и нижележащих горизонтов. Заметная аккумуляция солей начинается лишь с глубины 160 см (0.99%). Это может свидетельствовать о том, что почва была сформирована при относительно влажных климатических условиях. Солонцовый процесс в этот период не был выражен на макроморфологическом уровне; характерно отсутствие основных морфологических проявлений солонцового процесса (Хитров, 2003) – нет призматической структуры и при визуальном наблюдении нет натечных органо-глинистых кутан в горизонте В1. Имеет место незначительная дифференциация верхней части профиля по содержанию ила и физической глины (16% и 20% в горизонтах А1 и В1). Но природа этого явления может быть не связана с солонцовым процессом. С другой стороны, и солонцовый процесс может идти без образования явных морфологически выраженных кутан (хотя кутаны в этом случае можно видеть при микроморфологическом исследовании; Хитров, 2003). Поэтому, мы не можем исключить наличие солонцового процесса на микроуровне.

В палеопочвах эпохи ранней и средней бронзы, датированных ~3000-2800 и 2600-2500 лет до н.э., отмечается постепенное подтягивание солей к поверхности почвы и увеличение их запасов в нижних горизонтах, что указывает на постепенное усиление засушливости климата. Так в почве кургана 16 (3000-2800 лет до н.э.) горизонт залегания легкорастворимых солей отмечен на глубине 83 см при содержании солей на уровне 1.25%, а в почве кургана 3 (2600-2500 лет до н.э.) солевые аккумуляции залегают с глубины 27 см, где содержание солей возрастает до 1.54%. И в том и в другом случае отмечено проникновение солей в верхние горизонты палепочв из насыпи.

Характерно, что и в почве, погребенной 3000-2800 лет до н.э. солонцовый процесс макроморфологически не выражен: в горизонте B1 нет призматической структуры, визуально не заметны натечные органо-глинистые кутаны, а содержание илистой фракции в горизонтах A1 и B1 довольно близко (19% и 22% соответственно). Но уже 2600-2500 лет до н.э. в почвах солонцовый процесс более заметен – в почве выделяется осветленный горизонт A1 обедненный илом (12%), и коричнево бурый солонцовый горизонт с содержанием ила до 20%, призматической структурой с выраженным превышением вертикального размера призм над горизонтальным и обильными кутанами иллювиирования на гранях структурных отдельностей.

Развитие солонцового процесса продолжалось до конца III тыс. до н.э. В почве, погребенной 2100-2000 лет до н.э., отмечается наибольшая текстурная дифференциация профиля, наиболее выраженные признаки солонцового процесса в виде белесого горизонта A1 с палисадной нижней границей, наличием в горизонте B1 характерных вертикальных блоков-тумб с округлыми головками и повсеместным распространением натечных органо-глинистых кутан. Климатические условия этого времени были, по всей видимости, довольно засушливыми. Так содержание солей в верхнем метровом слое почвы достигало 0.8-0.9%. Природу засоленности верхних горизонтов этой почвы уже нельзя объяснить диагенетическими процессами, связанными с поступлением солей из насыпи, так как мощный солонцовый горизонт препятствует их проникновению. Диагенетическую природу, возможно, имеют соли лишь в горизонте A1 этой почвы. В более глубоких горизонтах аккумуляция солей связана с активизацией восходящей миграции водорастворимых соединений в условиях аридизации климата, с одной стороны, либо с эоловым поступлением солей, что также можно рассматривать как усиление засушливости (Демкин, 1997; Сеньков, 2004). При этом, возможно, на фоне аридного, в целом, климата имели место периоды, когда почва промачивалась на значительную глубину. Так, наличие в профиле этой почвы горизонта с содержанием солей на уровне 0.40-0.47% в средней части профиля на глубине 56-130 см может быть индикатором именно такого явления.

Почвы средневековья, так же, как и современные почвы в значительной мере рассолены, что указывает на высокие нормы осадков 700 лет назад и в наше время. Следует отметить лишь несколько большую промытость профиля современных почв (верхняя граница солевой аккумуляции на уровне 146 см в средневековой почве и 175 см – в современной). Степень засоленности средневековой и современной почвы очень близка.

Распределение содержания гипса (табл. 1) подтверждает вывод о постепенном увеличении засушливости климата на протяжении III тыс. до н.э. В профиле почв, погребенных в гумидные периоды (эпоха энеолита 4200-4100 лет до н.э., эпоха Средневековья и в настоящее время) гипсовые аккумуляции отсутствуют в верхней полутораметровой толще, при этом даже на глубине 160-200 см содержание гипса не превышет 1.5-2.7%.

В то же время в почвах второй половины III тыс. до н.э. гипсовый горизонт подтянут к поверхности почвы: в почвах, погребенных 2600-2500 лет до н.э. с глубины 90 см содержание гипса достигает 11%, а в почве, погребенной 2100-2000 лет до н.э., гипсовый горизонт поднялся еще выше, и уже на глубине 82 см содержание гипса достигает 11.3%. Эти показатели однозначно указывают на резкое усиление восходящей миграции водорастворимых соединений в условиях усиления засушливости климата.

Подобного рода динамика выявлена и для профильного распределения карбонатов. Нарастание аридизации климата и связанное с ним возникновение контрастных периодов сильного иссушения и увлажнения, обусловили формирование карбонатного пика в верхней части профиля. По мере усиления аридности, этот пик становился все более отчетливым, а линия вскипания подтягивалась к поверхности. Наиболее заметный карбонатный пик наблюдался в почве, погребенной в период аридизации климата 2100-2000 лет до н.э.

Таблица 1. Химические свойства разновозрастных подкурганных палеопочв и современной фоновой почвы.

Горизонт, глубина в см	$C_{орг.}$, %	pH водный	$CaCO_3$, %	$CaSO_4$, %	Плотный остаток, %	Ил, %	Глина, %
Разрез Б-329, светло-каштановая сильнозасоленная палеопочва, курган 15, эпоха энеолита (4200-4100 лет до н.э.)							
A1 0-7	0.42	8.14	2.4	0.25	0.63	16	29
B1 7-22	0.48	8.00	3.2	0.23	0.70	20	35
BC1 22-70	0.17	8.28	9.2	0.09	0.32	12	21
BC2 70-120	0.15	8.01	12.2	0.21	0.42	17	37
C120-160	0.26	8.05	10.7	0.27	0.45	22	39
Cs, г 160-200	0.22	7.80	12.9	2.69	0.99	16	36
Разрез Б-368, каштановая среднезасоленная палеопочва, курган 16, эпоха ранней бронзы, ямная культура (~3000-2800 лет до н.э.)							
A1 0-4	0.41	9.70	6.0	0.13	0.55	19	31
B1 4-14	0.30	9.28	2.3	1.84	0.09	22	35
BC1 14-35	0.31	8.48	7.9	1.38	0.12	19	31
BC2 35-83	0.22	8.74	15.4	3.60	0.21	19	35
Cs, г 83-200	0.16	8.52	10.5	0.25	1.25	10	25
Разрез Б-132, светло-каштановая солонцеватая среднезасоленная палеопочва, курган 3, эпоха средней бронзы, катакомбная культура (2600-2500 лет до н.э.)							
A1 0-10	0.28	8.60	1.7	0.00	0.41	12	н. д.
B1 10-27	0.39	8.60	2.3	0.00	0.26	20	н. д.
B2ca 27-45	0.35	8.40	8.0	0.00	1.54	21	н. д.
BCca 45-90	0.28	8.00	11.6	0.59	1.28	15	н. д.
Cs 90-105	н. д.	8.00	4.4	11.10	1.44	15	н. д.
Cs, г 105-200	н. д.	8.10	3.9	11.53	1.36	15	н. д.
Разрез Б-331, погребенный солонец мелкий каштановый сильнозасоленный, курган 14, эпоха бронзы, лолинская культура (2100-2000 лет до н.э.)							
A1 0-5	0.25	8.30	1.9	0.82	0.84	6	22
B1 5-26	0.35	8.42	2.3	1.04	0.68	22	32
BC1 26-56	0.19	8.86	16.5	0.45	0.90	23	37
BC3 56-82	0.12	9.16	10.9	0.29	0.47	14	25
C 82-130	0.04	9.31	8.3	11.35	0.40	12	23
Cs, г 130-160	0.03	8.48	4.1	0.02	1.39	3	9
Разрез Б-328, погребенный солонец каштановый мелкий незасоленный, курган 10, средневековье (700 л.н.)							
A кург. 0-12	0.78	7.85	2.1	0.05	0.08	20	31
A1 0-6	0.32	9.10	2.8	0.05	0.09	18	31
B1 6-28	0.49	9.32	2.1	0.09	0.11	23	34
BC1 28-100	0.44	8.42	4.9	0.11	0.10	14	24
BC2 100-146	0.16	8.40	13.7	0.13	0.42	17	37
Cs, г 146-200	0.07	5.29	8.4	1.43	0.73	16	26

Продолжение таблицы 1.

Горизонт, глубина в см	$C_{орг.}$, %	pH водный	$CaCO_3$, %	$CaSO_4$, %	Плотный остаток, %	Ил, %	Глина, %
Разрез Б-327, современный солонец каштановый средний незасоленный							
A1 0-11	0.81	7.93	1.7	0.00	0.10	17	31
B1 11-29	0.77	8.09	1.7	0.00	0.07	26	39
BC1 29-65	0.11	8.94	10.7	0.00	0.03	13	24
BC2 65-95	0.21	9.28	15.2	0.09	0.09	15	35
BC3 95-130	0.13	9.92	10.7	0.07	0.15	15	24
C 130-175	0.08	9.62	8.4	0.13	0.19	15	22
Cs, г 175-200	н. д.	9.50	8.1	1.25	0.71	13	22

В целом, данные выводы хорошо коррелируют с имеющимися литературными данными (Александровский, 1997; Демкин, 1997; Борисов и др., 2006).

Микробиологические свойства почв. Динамика численности микробных клеток в разновозрастных подкурганных палеопочвах и современной фоновой почве представлена на рисунке 1. Максимальными величинами данного показателя характеризовался профиль светло-каштановой почвы эпохи энеолита (4200-4100 лет до н.э.), погребенной в период наибольшей атмосферной увлажненности климата, а минимальными – профиль светло-каштановой почвы ранней катакомбной культуры (2600-2500 лет до н.э.), погребенной в период нарастания аридизации климата. В солонце лолинской культуры эпохи бронзы (2100-2000 лет до н.э.), величины численности микроорганизмов были достаточно высокими, что может свидетельствовать о стабилизации условий существования микробоценозов. Можно предположить, что данный период характеризовался неравномерным сезонным распределением осадков (Хомутова и др., 2016). Сухие зимы чередовались с летними периодами, которые могли характеризоваться достаточно высоким уровнем осадков, чтобы создать более благоприятные условия для микробного сообщества по сравнению с предшествующей точкой хроноряда 2600-2500 лет до н.э.

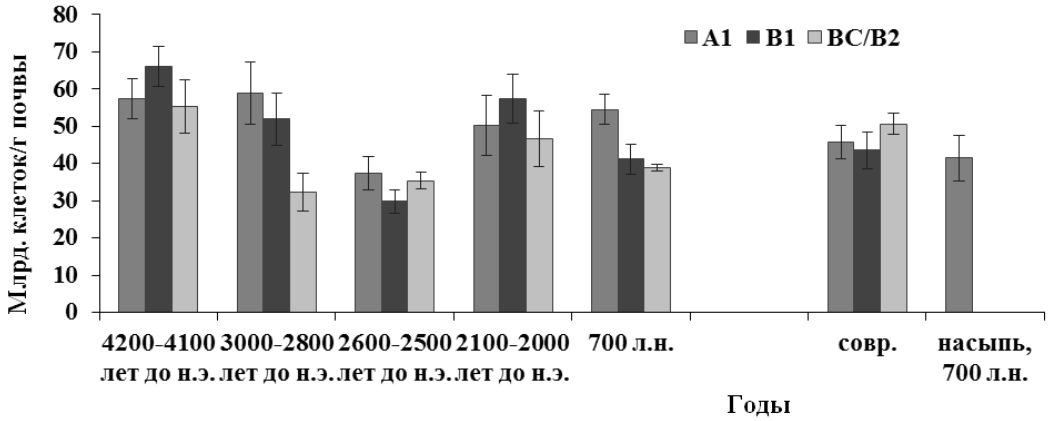


Рис. 1. Численность микробных клеток в разновозрастных подкурганных палеопочвах и современной фоновой почве.

Динамика содержания углерода суммарной (С-СМБ) и активной (С-СИД) микробной биомассы в профиле разновозрастных подкурганных палеопочв и современной фоновой почвы представлена на рисунке 2. В светло-каштановой палеопочве эпохи энеолита (4200-4100 лет до н.э.) было зарегистрировано минимальное значение С-СИД при достаточно высоком содержании С-СМБ. На протяжении эпохи бронзы на отрезке хроноряда, включающем палеопочвы ямной, катакомбной и лолинской культур, содержание С-СИД в верхнем горизонте уменьшалось в 3.5 раза, тогда как

содержание С-СМБ различалось менее чем в 1.5 раза и было наименьшим в палеопочве катакомбной культуры. Максимальными величинами как С-СМБ, так и С-СИД характеризовался верхний горизонт солонца, датированного эпохой Средневековья ~700 л.н.

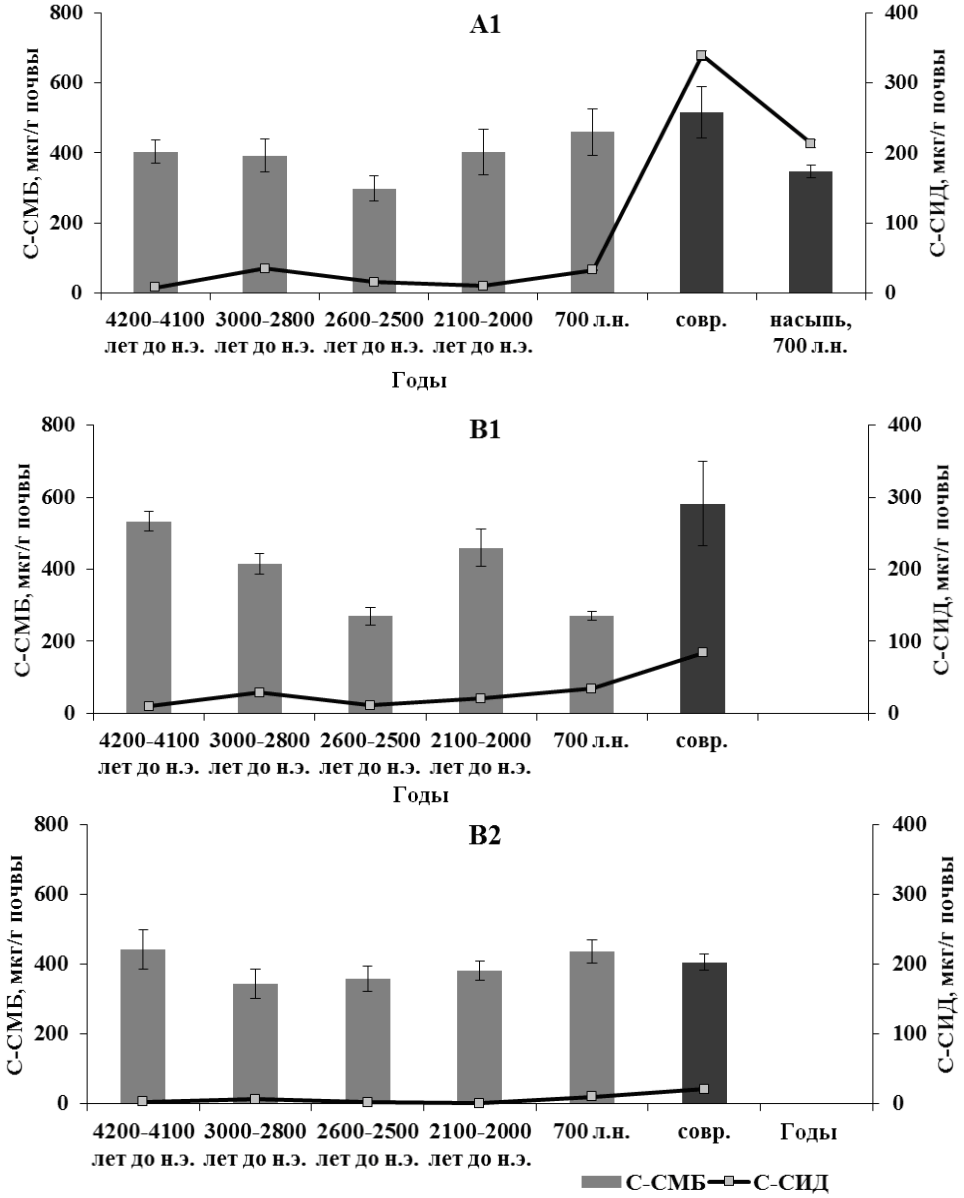


Рис. 2. Содержание углерода суммарной микробной биомассы (С-СМБ) и углерода активной микробной биомассы (С-СИД) в разновозрастных подкурганных палеопочвах и современной фоновой почве по генетическим горизонтам А1, В1, В2.

Иллювиальный горизонт светло-каштановой палеопочвы энеолита характеризовался наибольшим содержанием С-СМБ и наименьшим – С-СИД. В палеопочвах эпохи бронзы динамика содержания С-СМБ в горизонте В1 была сходна с аналогичной динамикой в верхнем горизонте, тогда как изменения С-СИД были иными. Наименьшим содержанием С-СИД на данном отрезке хроноряда характеризовалась палеопочва катакомбной культуры. Несмотря на невысокое содержание С-СМБ в иллювиальном горизонте средневекового солонца, здесь был зарегистрирован максимум содержания С-СИД.

Горизонт ВС1 (В2 для светло-каштановой палеопочвы, датированной 2600-2500 лет до н.э.) на протяжении всего хроноряда характеризовался такими же изменениями С-СИД, как А1. При этом динамика С-СМБ здесь была выражена слабее, чем в верхних горизонтах.

Таким образом, в разновозрастных погребенных палеопочвах эпохи бронзы как в горизонте А1, так и в горизонте ВС1 было отмечено уменьшение содержания С-СИД, связанное с аридизацией климата на протяжении данной эпохи. Максимальными величинами С-СИД характеризовался профиль солонца эпохи Средневековья, погребенный в период увеличения атмосферной увлажненности климата (малый ледниковый период).

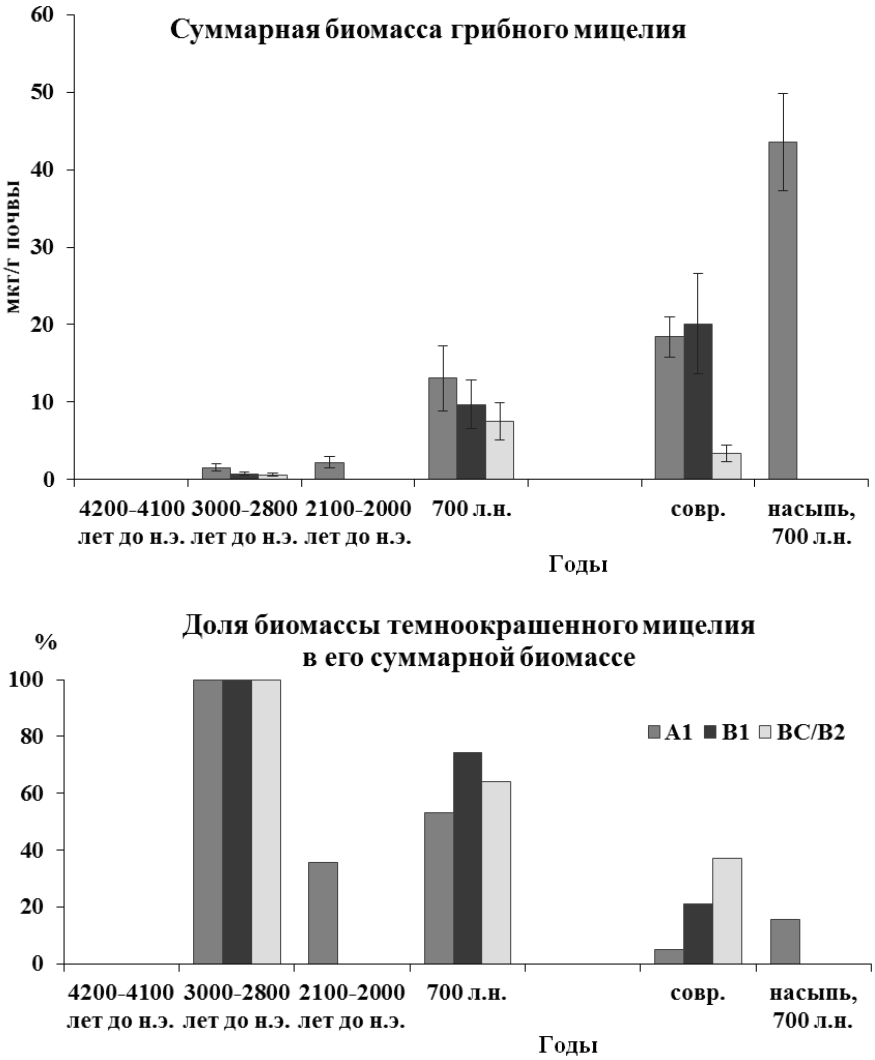


Рис. 3. Биомасса и структура грибного мицелия в разновозрастных подкурганных палеопочвах и современной фоновой почве.

В профилях разновозрастных подкурганных палеопочв и современной фоновой почвы были определены суммарная биомасса грибного мицелия и его структура, определяемая соотношением светлоокрашенных и темноокрашенных форм мицелия, более устойчивых к неблагоприятным условиям среды (рис. 3). В современном фоновом солонце величины биомассы грибного мицелия были меньше, чем в солонце, сформированном на курганной насыпи, и составляли 3.4-20.1 мкг/г почвы. Доля темноокрашенного мицелия в профиле современного солонца увеличивалась с глубиной от 5 до 37%. В профиле солонца эпохи средневековья суммарная биомасса грибного мицелия была сравнима с современным уровнем, но доля темноокрашенных гиф здесь была значительно выше и достигала 74% в горизонте В1. В энеолитической светло-каштановой палеопочве грибной мицелий не сохранился, в солонце лолинской культуры он сохранился только в верхнем горизонте, а в каштановой почве ямной культуры практически весь грибной мицелий был представлен темноокрашенными формами. В целом, в палеопочвах эпохи бронзы величины данного показателя были на порядок меньше, чем в палеопочве эпохи средневековья.

Заключение

Таким образом, на основании изучения химических и морфологических свойств почв была реконструирована динамика климата в регионе во второй половине голоцена. Установлено, что в эпоху энеолита (4200-4100 лет до н.э.) и в эпоху Средневековья (1300 год н.э.) климат региона был более влажным, чем в настоящее время. Третье тысячелетие до н.э. сопровождалась постепенным нарастанием аридности климата, пик которой пришелся на конец III тыс. до н.э. В этот период усилился эоловый перенос солей, что обусловило их накопление в верхней части профиля почвы. Исследование динамики численности и биомассы микробных клеток в разновозрастных палеопочвах показало, что максимальными величинами данных показателей характеризовались профили светло-каштановой палеопочвы эпохи энеолита (4200-4100 лет до н.э.) и каштановой палеопочвы ямной культуры эпохи бронзы (3000-2800 лет до н.э.), погребенных в периоды достаточно высокой атмосферной увлажненности климата, а минимальными величинами – профиль светло-каштановой палеопочвы ранней катакомбной культуры эпохи бронзы (2600-2500 лет до н.э.), погребенной в период нарастания аридизации климата. В солонце лолинской культуры, погребенном в период наименьшей атмосферной увлажненности климата, величины численности микроорганизмов были достаточно высокими, что может свидетельствовать о некотором увеличении влагообеспеченности летнего периода, что обусловило увеличение поступления в почву растительных остатков на фоне общих аридных условий. В целом, изменчивость показателей состояния микробоценозов разновозрастных пустынно-степных палеопочв курганного могильника Песчаный V соответствовала вековой динамике климата. В то же время, будучи наиболее сенсорным и индикаторным показателем, состояние микробоценозов позволяет реконструировать изменения годового хода осадков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александровский А.Л. 1997. Степи Северного Кавказа в голоцене по данным палеопочвенных исследований // Степь и Кавказ. Труды Государственного Исторического музея. Вып. 97. М. С. 22-29.

Аринушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М.: Издательство МГУ. 488 с.

Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. 1993. Почвенный покров среднерусского Черноземья. Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета. 216 с.

Борисов А.В., Демкин В.А., Ельцов М.В., Рысков Я.Г. 2003. Динамика карбонатов в почвах юго-востока Русской равнины за историческое время // Аридные экосистемы. Т. 9. № 19-20. С. 54-64.

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.

Валдайских В.В. 2007. Экологические особенности формирования почв на местах древних антропогенных нарушений (на примере лесостепной зоны Западной Сибири). Автореферат дисс. … канд. биол. наук. Екатеринбург. 24 с.

Демкин В.А. 1993. Почвы сухих и пустынных степей Восточной Европы в древности и Средневековье. Дисс. ... док. биол. наук. М. 48 с.

Демкин В.А. 1997. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН. 213 с.

Демкин В.А., Гугалинская Л.А., Алексеев А.О. 2007. Палеопочвы как индикаторы эволюции биосферы. М.: НИА Природа. 282 с.

Демкина Т.С., Борисов А.В., Демкин В.А. 2004. Микробиологические исследования подкурганных палеопочв пустынно-степной зоны Волго-Донского междуречья // Почвоведение. № 7. С. 853-859.

Демкина Т.С., Борисов А.В., Демкин В.А. 2000. Микробные сообщества палеопочв археологических памятников пустынно-степной зоны // Почвоведение. № 9. С. 1117-1126.

Дергачева М.И. 1997. Археологическое почвоведение. Новосибирск: Научно-издательский центр ОИГГМ. 228 с.

Дмитриев Е.А. 1995. Математическая статистика в почвоведении. М.: Издательство МГУ. 320 с.

Иванов И.В., Васильев И.Б. 1995. Человек, природа и почвы в Рын-песках Волго-Уральского междуречья в голоцене. М.: Интеллект. 258 с.

Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Демкин В.А. 2009. Микробная биомасса подкурганных и современных почв степной зоны Нижнего Поволжья // Почвоведение. № 5. С. 581-587.

Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Дмитриев В.В., Дуда В.И., Сузина Н.Е., Демкин В.А. 2010. Морфология клеток и биомасса микроорганизмов подкурганных и современных степных почв Нижнего Поволжья // Почвоведение. № 10. С. 1229-1238.

Лисецкий Ф.Н., Голеусов П.В., Чепелев О.А. 2013. Развитие черноземов Днестровско-Прутского междуречья в голоцене // Почвоведение. № 5. С. 540-555.

Плеханова Л.Н., Демкин В.А. 2008 а. Палеопочвы курганов раннего железного века степного Зауралья // Почвоведение. № 1. С. 5-16.

Плеханова Л.Н., Демкин В.А. 2008 б. Палеопочвы комплекса «Солончанка IX» и климат степного Зауралья в IV в. н.э. // Экология. № 5. С. 357-365.

Плеханова Л.Н., Демкин В.А., Манахов Д.В. 2005. Палеопочвенные исследования курганов эпох бронзы и раннего железа (II тыс. до н.э. – I тыс. н.э.) в степном Зауралье // Вестник Московского университета. Почвоведение. № 4. С. 3-10.

Рысков Я.Г. 1997. Развитие почв и природной среды степей Южного Урала в голоцене (опыт реконструкции с использованием методов геохимии стабильных изотопов). Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН. 166 с.

Сеньков А.А. 2004. Галогенез степных почв (на примере Ишимской равнины). Новосибирск: Издательство СО РАН. 152 с.

Хитров Н.Б. 2003. Генезис, диагностика, свойства и функционирование глинистых набухающих почв Центрального Предкавказья. М.: Типография Россельхозакадемии. 505 с.

Хомутова Т.Э, Демкина Т.С., Демкин В.А. 2004. Оценка суммарной и активной микробной биомассы разновозрастных подкурганных палеопочв // Микробиология. Т. 73. № 2. С. 241-247.

Хохлова О.С. 2007. Палеоклиматические реконструкции для III тыс. до н.э. по данным палеопочвенного изучения курганов ямной культуры в Оренбургском Предуралье // Вестник ОГУ. № 10. С. 110-117.

Хохлова О.С., Хохлов А.А., Олейник С.А. 2006. Особенности палеопочвенных исследований памятников ранних алан у с. Брут, республика Северная Осетия-Алания // Культурные слои археологических памятников. Теория, методы и практика. Материалы научной конференции. М.: ИГ РАН, ИА РАН, НИА-Природа. С. 254-263.

Чендев Ю.Г. 2001. Позднеголоценовая эволюция черноземов юга центральной лесостепи // Почвоведение. № 3. С. 266-277.

Якимов А.С., Демкин В.А., Алексеев А.О. 2007. Природные условия степей Нижнего Поволжья в эпоху средневековья (VIII-XIV вв. н.э.). М.: НИА-Природа. 228 с.

Anderson J.P.E., Domsch K.H.A. 1978. Physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biology and Biochemistry. Vol. 10. № 3. P. 215-221.

Roszak D.B., Colwell R.R. 1987. Survival strategies of bacteria in the natural environment // Microbiology Reviews. Vol. 51. P. 365-379.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 1 (74), с. 59-64

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 502.3:551.432 (470.6); 553.3.4

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗОН ГОРНОРУДНОГО ТЕХНОГЕНЕЗА СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

© 2018 г. М.Р. Ураскулов*, И.А. Богуш*, В.И. Черкашин, И.М. Газалиев**, А.Р. Юсупов****

**Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова*
Россия, 346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132. E-mail: kanc@npi-tu.runnet.ru
***Институт геологии Дагестанского научного центра РАН*
Россия, 367030, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, д. 75. E-mail: dangeo@mail.ru

Поступила 11.04.2017

В пределах Карачаево-Черкесской республики и Республики Дагестан выделены центры горнорудного техногенеза и их специфические ландшафты. В пределах выделенных центров техногенного горнорудного ландшафта выявлено негативное экологическое воздействие его элементов на окружающую среду. Показано, что горные производства являются одним из основных источников экологической напряженности и загрязнения питьевых пресных вод на высокоопасных медноколчеданных месторождениях. Дана оценка комплекса горнотехнических, геоэкологических и социальных проблем горных республик Северного Кавказа.

Ключевые слова: рудопроявление, месторождения, колчеданные руды, отвальные породы, окислительно-восстановительные процессы, тяжелые металлы.

DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10007

Разработка рудных богатств Северного Кавказа является одним из направлений решения сложного сплетения экономических и социальных проблем региона. Наибольшее разнообразие горнорудных ландшафтов можно наблюдать в Карачаево-Черкесской Республике (КЧР). Горные производства республики сосредоточены в высокогорной части, наиболее ранимой в экологическом отношении. В горной части Республики Дагестан (РД) к экологически опасным объектам можно отнести территорию Хнов-Борчинского рудного района, где выявлено 16 рудопроявлений и разведано месторождение Кизил-Дере. Учитывая важность обеспечения экологической безопасности, связанной с разработкой медноколчеданных рудных месторождений Северного Кавказа, на основе различных методов сбора и обработки материалов предпринята попытка выявить основные проблемы и пути решения поставленной задачи – соблюдения условий экологических нормативов при разведке и добычи полезных ископаемых.

Результаты и обсуждение

В КЧР в настоящее время идет промышленная разработка медноколчеданных рудных месторождений (Cu, Au, Ag, Pt, Zn), а освоение полиметаллических золоторудных, вольфрамовых месторождений начато более 100 лет назад. За этот период вокруг известных рудных месторождений возникли крупные зоны горнорудного техногенеза со своими техногенными ландшафтами и отрицательным экологическим потенциалом.

Наиболее широкомасштабные горные работы в республике проведены по разведке и разработке медноколчеданных руд (Богуш и др., 2012). В бассейнах рек Кубань и Большая Лаба разведаны ценные для промышленности колчеданные (медно-цинковые) месторождения: Худесское, Урупское, Власенчихинское, Скалистое, Первомайское, Даутское, Левобережное, Быковское, Бескесское, Карабекское. В настоящее время Власенчихинское месторождение уже отработано, широко эксплуатируется Урупское месторождение. Перерабатывающим центром горнорудной промышленности является Урупский горно-обогатительный комбинат (пос. Медногорский). В ближайшей перспективе намечается освоение Первомайского, Скалистого и Худесского медноколчеданных месторождений КЧР.

Центры горнорудного техногенеза, кроме действующего Урупского горно-обогатительного комбината (ГОК), расположены в малолюдных горных областях, где хозяйственная деятельность ограничена. Тем не менее, горнорудные производства охватывают участки формирования важнейших бассейнов питьевого водоснабжения Северного Кавказа – истоки рек Кубани, Большой Лабы, Урупа, Худеса, Бескеса, Власенчихи, и отрицательно воздействуют на них (Богуш и др., 2014).

Территориальные горнопромышленные центры техногенеза существенно влияют на изменения поверхностной и подземной гидросферы и верхней оболочки литосферы. Горные производства в этих центрах осуществляются поэтапно, начиная с поиска и разведки рудных объектов с последующей их отработкой, и завершаются прекращением горных работ. Последствием этого цикла работ является катастрофическое изменение окружающей природной среды. К элементам техногенного горнорудного ландшафта в этих центрах относятся разведочные (рудные) поля с буровыми и горными работами (канавы, шурфы, штольни, шахты), поселки горняков и разведчиков, кернохранилища и склады, карьеры, отвалы горных пород и рудных масс, горнорудные и ГОК.

Максимальную экологическую опасность представляют горнорудные ландшафты и производства, связанные с медноколчеданными рудами и месторождениями (рис. 1), поскольку колчеданные руды на 80-100% состоят из сульфидов (пирит, халькопирит, сфалерит), быстро окисляющихся на поверхности с образованием высокотоксичных соединений. В колчеданных рудах содержатся такие токсичные тяжелые металлы как свинец, цинк, кадмий (1 класс опасности), а также медь и кобальт (2 класс опасности; рис. 1).

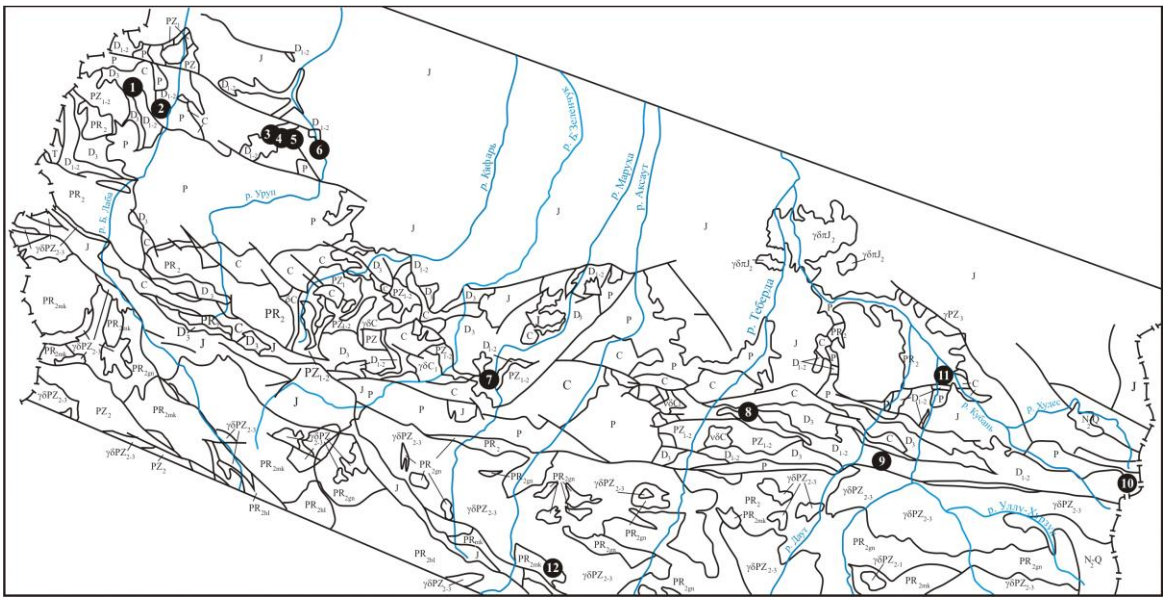


Рис. 1. Катросхема расположения основных рудных месторождений и зон техногенеза Карачаево-Черкесской Республики. *Условные обозначения:* 1 – Бескесское (медь), 2 – Быковское (медь), 3 – Власенчихинское (медь), 4 – Первомайское (медь), 5 – Скалистое (медь), 6 – Урупское (медь), 7 – Кара-Бекское (медь), 8 – Коль-Тюбинское (медь), 9 – Даутское (медь), 10 – Худесское (медь), 11 – Эльбрусское (свинец), 12 – Ктитебердинское (вольфрам).

Объединенное рудное поле Урупской группы месторождений включает рудные поля Урупского, Власенчихинского, Первомайского, Скалистого и Водораздельного месторождений и является центром сосредоточения поисковых, разведочных работ. Оно занимает нижнее течение реки Власенчиха (7 км), отрезок по реке Уруп (1.5 км) и водораздел между этими реками общей площадью 12 км^2. На указанной площади расположены Урупский рудник с соответствующей инфраструктурой, затопленный карьер и отвал горных масс отработанного Власенчихинского месторождения, а также разведочные штольни Скалистого месторождения. Поисковые и разведочные работы на месторождениях Урупской группы сопровождались бурением: на указанной площади более 150

скважин глубиной от 200 до 800 метров.

Отработка Власенчихинского месторождения открытым способом привела к образованию на месте затопленного карьера купоросного озера, имеющего поверхностную связь с рекой Власенчихой. Площадь акватории озера 0.8 км^2. В прилегающих ландшафтах рек Власенчиха и Уруп значительные территории связаны с участками складирования шахтных горных масс и заброшенными периферийными элементами, а также разведки Урупского рудника.

Геоэкологические проблемы в Урупском рудном районе максимально проявляются в зоне отстойного хвостохранилища Урупского ГОКа, которое охватывает площадь более 1.0 км^2 пастбищных земель и заполняет токсичными сульфидными массами ряд мелких балок притоков реки Уруп. Хвостохранилище колчеданных руд Урупского ГОКа вполне соизмеримо по масштабам с крупнейшими хвостохранилищами горнодобывающих центров Урала и является крупным элементом горного рельефа. При дальнейшей разработке колчеданных месторождений Северного Кавказа сульфидная масса хвостохранилища возрастет в несколько раз. Продукты переработки колчеданных руд представляют угрозу рекам Уруп и Кубань на всем их протяжении. Особое положение хвостохранилища заключается в том, что оно одновременно является крупным техногенным месторождением, содержащим 19 млн. тонн высокотоксичного пиритного концентрата, и около 3.8 т золота, а также бедные руды меди, золота и цинка. Вокруг Урупского ГОКа и хвостохранилища наблюдаются почвенные и донные гидрохимические аномалии с содержанием меди, существенно превышающим ПДК (Ураскулов и др., 2011).

Эльбрусский свинцово-цинковый рудник расположен на северном склоне Главного Кавказского хребта в центре горнорудного техногенеза и является старейшим в КЧР, пережившим в полном объеме все циклы развития аналогичных центров. Горнорудная деятельность полностью прекращена в настоящее время, но сохранились продукты разрушения рудника – элементы горнорудного ландшафта, вдоль реки Кубани.

Эльбрусский рудник разрабатывался с 1891 по 1975 гг. и представлен двумя участками – Центральным (Кубанским) и Даутским, где поисково-разведочные работы и добыча руд производились одновременно. Эти работы производились путем поверхностных поисков рудных жильных тел и их отработкой. Охватывая борта ущелья Кубань и Даут и водораздела Кубань-Худес. В основании ущелья Кубани позже пройдено три глубокие штольни на территории рудника. Деятельность рудника и ГОКа была прекращена в конце 60-х гг. в связи с истощением запасов.

Химический состав групповых проб руд месторождения: Mn – 0.1%, Ni – 0.02%, Co – 0.001%, V – 0.001%, Zr – 0.002%, Cu – 0.1%, Pb – 15.4%, Ag – 0.002%, As – 0.2%, Zn – 14.2%, Cd – 0.02%, Sn – 0.001%, Ga – 0.001%, Sr – 0.02%, Ba – 0.02%. В промышленных количествах в рудах Эльбрусского рудника содержатся свинец, цинк, серебро, кадмий. Добытая на руднике горная масса проходила первичную обработку флотационным методом на обогатительной фабрике, имеющейся на руднике.

По данным геохимического картирования, проведенного ГНПП «Гидрогеоэкология», на площади расположения хвостохранилища выявлены ареалы загрязнения почв и донных отложений: Mn – 2 ПДК, V – 3 ПДК, As – 5-10 ПДК, Cd – 3-8 ПДК, Sb – 5 ПДК.

Имеющиеся данные по размыву хвостохранилища и наличию ареала с содержанием ряда токсичных металлов на территории рудника указывают на опасность существенного загрязнения поймы р. Кубань и ее вод при разрушении хвостохранилища.

Худесский центр техногенеза занимает южный склон хребта Ташлы-сырт полосою, до горы Садырляр на западе, протяженностью 20 км и шириной 0.5-3.5 км. Общая площадь горнорудного ландшафта в истоках реки Худес составляет 11.2 км^2. Наиболее крупные штольни (Богуш и др., 2014; Коновалов и др., 1967; Курбанов и др., 2014; Полищук и др., 1970) имеют протяженность от 300 м до 3-5 км горных выработок.

Геоэкологические проблемы воздействия техногенных (шахтных) вод на природные воды малых рек, притоков верховьев р. Кубани наиболее полно проявились в пределах Худесского рудного поля Северного Приэльбрусья (Богуш и др., 2014; Коновалов и др., 1967; Ураскулов и др., 2011). Зона техногенеза рудного поля Худесского медноколчеданного месторождения охватывает двадцатикилометровую полосу по Передовому хребту Северного Кавказа между реками Малкой и Чучкуром. Ширина этой полосы составляет 1-3.5 км, а высота – 1750-3300 м н.у.м. БС.

Общая протяженность горных подземных выработок более 21100 пог. м. Все горные выработки

обводнены, подземные воды циркулируют в рудных залежах на всем протяжении по вертикали. В основании рудных тел эти воды имеют выход на поверхность и попадают в речные системы. Рудничные воды Худесского месторождения представляют собой раствор сульфатов железа с содержанием сульфат-иона SO_4^{2-} от 180-9720 мг/л при общей минерализации 241.7-15046 мг/л. Сульфатные формы железа переходят в оксидные формы. Повышенное содержание сульфат-иона в подземных и поверхностных водах Худесского рудного поля определяется циркуляцией подземной воды в пределах зон колчеданной минерализации и обусловливает низкие значения pH (минимум 0.7), указывая на поступление в природную среду раствора серной кислоты. При выходе на поверхность окисленное железо гидролизуется и выпадает в осадок в виде хлопьев гидроксидов и оксидов железа (Куцева и др., 1968).

Предложенная в настоящее время открытая разработка Худесского месторождения приведет к загрязнению реки Кубань вплоть до Азовского моря. В результате будет нарушен рельеф хребта Ташлу-сырт, что приведет к активной циркуляци холодного воздуха Эльбруса и климатическим изменениям Северного Приэльбрусья. Кроме этого, отработка Худесского, месторождения приведет к осложнению транспортировки и разрушению дорожной системы и ее объектов. Освоение Худесского месторождения приведет к радикальному изменению высокогорного ландшафта Северного Приэльбрусья и потере экономической значимости КЧР (Ураскулов и др., 2011).

Бескес-Большелабинский центр горнопромышленного техногенеза возник по результатам геологоразведочных работ на Быковском и Бескесском медноколчеданных месторождениях. Территориально он занимает площадь более 16 км^2 и охватывает левый борт реки Б. Лаба, ущелье балки Красной и междуречный водораздел Большая Лаба-Бескес. В пределах указанной территории отчетливо выделяются два узла, связанные с разведкой Быковского и Бескесского месторождений. На этапе поисков и разведки минерального сырья широко осуществляются проходка горных выработок (штольни).

Быковское медноколчеданное месторождение залегает в левом борту ущелья р. Большая Лаба в зоне Передового хребта практически на уровне уреза водной поверхности, а главное рудное тело ниже уровня прилегающей части русла р. Большой Лабы. Продукты окисления горной массы, полученной при разведке месторождения, фиксируются на левом берегу реки Большая Лаба на протяжении более 1.0 км в виде шлейфа бурых гидроксидов железа. Интенсивно эродируемые отвалы окисленных и полуокисленных руд, как и выходящие из штолен кислые шахтные воды, в настоящее время загрязняют воды реки Б. Лаба (Ураскулов и др., 2011).

Геохимической особенностью вещественного состава руд Бескесского месторождения является господствующее положение цинка, в два раза превышающее содержание меди. При разведке Бескесского медноколчеданного месторождения было вынуто на поверхность 13.7 тыс. т колчеданной руды, и продукты окисления этой руды рассеялись в бассейне р. Бескес, левом притоке р. Большая Лаба.

Относительно проведенных геологоразведочных работ в горной части Дагестана, в верховьях рек Ахты-чай и Самур в Хнов-Борчинском рудном районе (рис. 2), следует указать на выявленные 16 рудопроявлений и 1 месторождение Кизил-Дере (Черкашин и др., 2009).

В регионе проведены ликвидационные, консервационные работы, что повлекло за собой экологические последствия, связанные с загрязнением водных систем (Алимов, 2013; Самедов, Ибрагимов, 2014). Основной причиной загрязнения является преобладание в породах Хнов-Борчинского рудного поля сульфидов железа, меди, свинца и цинка, которые, взаимодействуя с кислородом воздуха и грунтовыми водами, превращаются в купоросы. Это приводит к тому, что из штолен вытекает раствор, состоящий из ионов тяжелых металлов – железа, меди, цинка и других веществ, входящих в состав полезных ископаемых (31 элемент). Продукты химических реакций, при безвозвратных потерях полезных ископаемых, в виде ионов тяжелых металлов сбрасываются в реки Ахты-чай и Самур в количестве 10-12 тыс. т в год.

Для отработки данного месторождения необходимо создание определенной инфраструктуры, куда будет входить рудник, обогатительная фабрика, гидроэлектростанция, автомобильная дорога до железнодорожной станции Белиджи. Для этих целей предусмотрено отведение территории площадью до 100 га, которую предполагается разместить в створе реки Кизил-Дере. Следует учесть, что при проведении на месторождении Кизил-Дере геологоразведочных работ было извлечено проходческих

пород более 50 тыс. м^3. Масса извлеченной породы, которая сбрасывалась в ложе реки Кизил-Дере (приток второго порядка реки Самур) превысила 170 тыс. т. По расчетам, проведенным геологоразведкой, количество сброшенных в водоохранную зону реки полезных ископаемых (пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит и т.д.), составляет примерно 11.5 тыс. т. В водоохранной зоне реки Кизил-Дере масса остаточного содержания отвальных пород составляет примерно 28 тыс. т, где содержится более 600 т смеси купоросов. За истекшие более чем 40 лет в поймы рек Кизил-Дере и Ахтычай паводковыми водами смыто не менее 140 тыс. т окисленных проходческих пород с высоким содержанием ионов тяжелых металлов. Данные публикаций и фондовых материалов свидетельствуют, что с 1965 года на месторождении Кизил-Дере, качество воды реки Самур значительно ухудшилось (Газалиев, Курбанов, 2003; Гуруев и др., 2003).

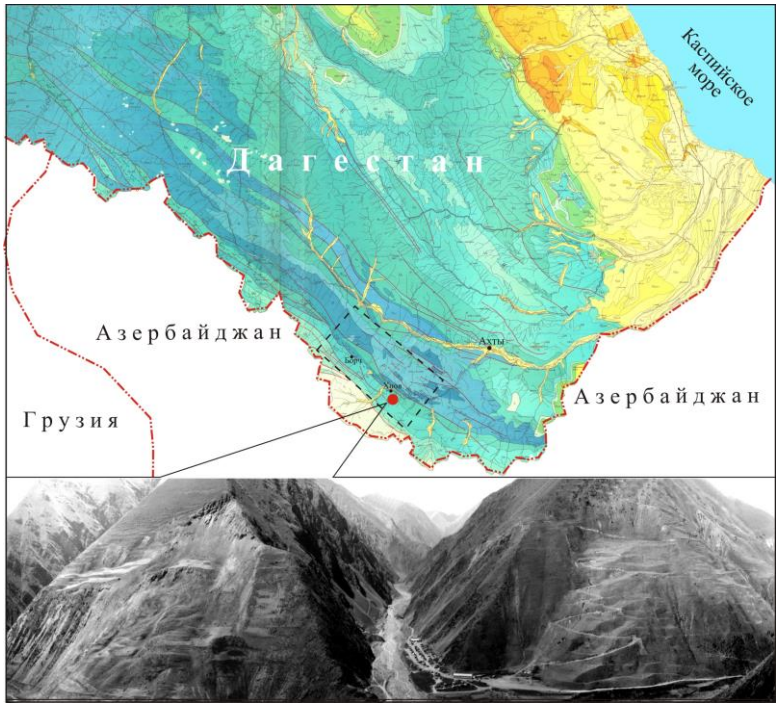


Рис. 2. Хнов-Борчинское рудное поле. *Условные обозначения:* – границы Хнов-Борчинского рудного поля, ● – месторождение Кизил-Дере.

Сложный технологический процесс горнодобывающего производства включает горнопроходческие, вскрышные и очистные работы, осушение месторождения и горных выработок, транспортировку и складирование пород и отходов обогащения, строительство и функционирование инженерных сооружений инфраструктуры, что повышает риск воздействия на геологическую среду и сопредельные поверхностные гидросферу и атмосферу.

Одной из основных проблем освоения месторождения Кизил-Дере как типичного объекта для зон горнорудного техногенеза является утилизация остатков пирит пирротинового серного концентрата.

Выводы

Добыча полезных ископаемых будет продолжаться в КЧР и РД, поскольку эта отрасль промышленности является экономически и геополитически весьма важной. В рамках отрасли продолжается развитие транспортных средств и повышается уровень технического оборудования, растет сеть высокогорных транспортных коммуникаций (дорожная сеть, мосты) и энергетических систем (линии электропередач, гидростанции).

Центры зон горнорудного техногенеза являются долговременными источниками загрязнения речных вод тяжелыми металлами. В центрах техногенеза с полным циклом горнотехнических производств следует предусмотреть комплекс мер, которые отвечают экологическим требованиям восстановления земель, направлены на рекультивацию нарушенных земель и улучшение условий

окружающей среды.

Целесообразность разработки месторождения Кизил-Дере по-разному оценивается учеными, специалистами и общественностью Республики Дагестан. Мнения расходятся от полного отрицания необходимости начала промышленного освоения месторождения до возможности его освоения без причинения ущерба природной среде региона. Сохранение существующего положения в долгосрочном аспекте может привести к активизации окислительно-восстановительных процессов, к прогрессирующему химическому загрязнению вод и земель, ухудшению качества питьевых и орошаемых вод и истощению уникального месторождения полезных ископаемых.

Исходя из существующего положения наиболее важным мероприятием является консервация месторождения и объектов рудопроявлений в зоне горнорудного техногенеза. В перспективе рекомендуется отработка этих месторождений, имеющих положительное значение в развитии экономики Северо-Кавказских республик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алимов М.А. 2013. Влияние техногенных объектов Хнов-Борчинского рудного района на водные ресурсы и среду обитания в южном Дагестане // Материалы Дагестанской республиканской экологической конференции. Махачкала. С. 55-61.

Богуш И.А., Ураскулов М.Р., Рябов Г.В. 2012. Горнотехническое воздействие на окружающую среду при разведке и разработке рудных месторождений Карачаево-Черкесской Республики // Устойчивое развитие горных территорий. № 3. С. 10-13.

Богуш И.А., Бурцев А.А., Ураскулов М.Р. 2014. Горнотехнические комплексы и гидросфера Западного Кавказа // Известия вузов. Геология и разведка. № 4. С. 75-82.

Газалиев И.М., Курбанов М.К. 2003. Экологические проблемы природных вод Дагестана // Геоэкологические проблемы освоения и охраны ресурсов подземных вод Восточного Кавказа. Труды ИГ ДНЦ РАН. Вып. 49. Махачкала. С. 171-174.

Гуруев М.А., Алимов М.А., Сепиханова Е.Н. 2003. Оценка современного состояния загрязненности вод бассейна реки Самур тяжелыми металлами // Геоэкологические проблемы освоения и охраны ресурсов подземных вод Восточного Кавказа. Труды ИГ ДНЦ РАН. Вып. 49. Махачкала. С. 180-183.

Коновалов Г.С., Богуш И.А., Куцева П.П., Скрипченко Н.С., Иванова А.А. 1967. К вопросу о формировании химического состава подземных вод Худесского рудного поля // Гидрохимический журнал. Т. 43. С. 117-131.

Курбанов М.М., Богуш И.А., Рылов В.Г. 2014. Колчеданное месторождение Кизил-Дере в Горном Дагестане. М.: Научный мир. 244 с.

Куцева П.П., Коновалов Г.С., Богуш И.А., Иванова А.А. 1968. Гидрохимическая характеристика и некоторые особенности формирования химического состава рудных вод Худесского месторождения // Гидрохимический журнал. Т. 44. С. 117-130.

Полищук И.Б., Слюняев А.А. 1970. Колчеданное месторождение Кизил-Дере в Южном Дагестане // Известия вузов. Геология и разведка. № 6. С. 86-89.

Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И. 2014. Оценка качества водных ресурсов бассейна реки Самур // Водное хозяйство России. № 4. С. 4-13.

Ураскулов М.Р., Богуш И.А., Рябов Г.В. 2011. Загрязнение поверхностных вод Северного Приэльбрусья природными и шахтными водами колчеданных месторождений (на примере Худесского рудного района) // Сборник с доклади от Международна научно-техническа конф. «Проблемы на екологията минерально-суровинния отрас отрасыл». Варна. 291 с.

Черкашин В.И., Мацапулин В.У. 2009. Минералого-геохимические особенности юрских рудных образований и металлогения Восточного Кавказа. Махачкала: Денем. 276 с.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 1 (74), с. 65-75

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 581.55; 574.472

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ХЭНТЭЙСКОГО АЙМАКА МОНГОЛИИ[1]

© 2018 г. И.Н. Сафронова*, Т.Ю. Каримова, Л. Жаргалсайхан*****

**Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН*
Россия, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, д. 2. E-mail: irasafronova@yandexru
***Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: ovcher@mail.ru
****Институт общей и экспериментальной биологии Монгольской академии наук*
Монголия, 210351, г. Улан-Батор, просп. Жукова, д. 77. E-mail: l_jaga_cj@mail.ru

Поступила 10.05.2017

Степные и лесостепные сообщества Хэнтэйского аймака отнесены к 10 формациям и группам формаций. Из-за стремительного роста поголовья домашнего скота в последние годы состояние степных пастбищных экосистем значительно ухудшилось. Наиболее значительные изменения произошли к югу от р. Керулен, где в настоящее время нагрузки на пастбища значительно превышают их естественную кормовую емкость.

Ключевые слова: экосистемы, степь, нарушенность растительного покрова.
DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10008

На протяжении веков традиционным занятием монголов было скотоводство кочевого типа. По статистическим данным в 2012 году площадь пастбищ и сенокосных угодий Монголии составляла 1.127 млн. км^2 (Энхтувшин и др., 2013 а), из которых 60% приходилось на степные экосистемы. С 1999 г. поголовье скота в стране выросло почти в 2 раза − с 33.6 млн. голов (Дэмчигжавын, 2001) до 61.549 млн. в 2016 г. (Ariunzaya, 2016). Такой стремительный рост не мог не сказаться на состоянии растительного покрова. Кроме того, существует еще ряд отрицательных моментов. Во-первых, происходит укрупнение отар и стад в связи с тем, что численность скотоводов-аратов уменьшается (только с 2004 по 2012 гг. она снизилась с 389.8 тыс. человек до 289.7 тыс.). Во-вторых, уменьшается количество колодцев (с 32.3 тыс. в 2003 г. до 21.5 тыс. в 2012 г.), что приводит к большей концентрации скота у оставшихся водопоев (Энхтувшин и др., 2013 а). В результате происходит существенная дигрессия степной растительности на больших площадях и значительное ухудшение качества пастбищных кормовых угодий. В некоторых районах Монголии почти на 70% пастбищ из-за нерациональной эксплуатации экосистемы сильно и очень сильно нарушены (Гунин и др., 2007).

Материалы и методы исследований

Одним из районов интенсивного развития животноводства является Хэнтэйский аймак. По данным на 2015 г. по количеству крупного рогатого скота и овец (270.5 тыс. и 173.7 тыс. голов, соответственно; Сосорбарам, 2015) он занимал пятое место в Монголии, причем с 2012 г. пологовье крупного рогатого скота увеличилось на 48%, овец – на 36% (Энхтувшин и др., 2013 б). В связи с этим была поставлена задача оценить современное состояние степных экосистем Хэнтэйского аймака и сравнить его с данными 1989 г., отраженными на карте «Экосистемы Монголии» (Ecosystems …, 1995).

Хэнтэйский аймак, общей площадью 80325 км^2, расположен в северо-восточной части Монголии. Значительная часть аймака занята Хэнтэйским горным массивом и его восточными отрогами. Кроме высоких гор, поднимающихся до 2500 м н.у.м. БС, характерны разнообразные мелкосопочники: высокие денудационные, превышающие 1300 м н.у.м. БС, с крутыми эрозионно-расчлененными

[1] Исследования выполнялись в рамках программы работ Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ.

склонами и межгорными долинами, мелкосопочники с пологими склонами и плоскими вершинами высотой 1000-1200 м, низкие мелкосопочники с выположенными склонами (940-1150 м). Мелкосопочники сочетаются с уступающими им по площади увалистыми и плоскими высокоподнятыми равнинами, располагающимися на 800-940 м н.у.м. БС. Берущая свое начало в Хэнтейских горах, р. Керулен пересекает аймак с запада на восток. К югу от реки мелкосопочники ниже и более обширны равнины.

Климат – резкоконтинентальный со значительными годовыми и суточными амплитудами температур, длительной морозной зимой, крайне неустойчивой весенней погодой, общей сухостью воздуха и другими экстремальными явлениями. Средняя температура января – -9-23°С, июня – +16-21°С. За год в среднем выпадает 190 мм осадков, преимущественно летом – в июле и августе.

В ходе полевых исследований в августе 2016 г., для того, чтобы охватить максимальное разнообразие степных сообществ, выделенных на карте «Экосистемы Монголии» (Ecosystems …, 1995), был проложен маршрут протяженностью около 2500 км. В полевых дневниках отражалось состояние растительного покрова, наличие животноводческих стоянок, колодцев и т.п. Геоботанические описания (всего 61) проводились по стандартной методике на площадках 10х10 м^2. Они включают координаты, характеристику местообитания, общее проективное покрытие в сообществе, полный видовой состав, проективное покрытие каждого вида, его фенофазу и среднюю высоту, также отмечался уровень деградации сообществ и, по возможности, факторы его вызывающие.

Результаты и обсуждение

Общая характеристика степной растительности Хэнтэйского аймака. По характеру растительного покрова аймак можно разделить на три почти равные части (рис.). На северо-западе и севере высокие горы покрыты лесами Хэнтэйской горнотаежной провинции. Южная граница лесного пояса идет в северо-восточном направлении примерно от 48° 10' с.ш. до 49° 20' с.ш. и разделяет Евразиатскую хвойнолесную и Евразиатскую степную области. К югу от этой границы до линии от 47° 18' с.ш. на западе до 48° 20' с.ш. на востоке выделяется горная лесостепь, входящая в Хангайско-Даурскую горнолесостепную провинцию (с 2-мя подпровициями – Орхоно-Нижнеселенгинской и Нерчинско-Ононской). Южнее расположены степи Монгольской степной провинции (подпровиции – Среднехалхаская и Восточно-Монгольская; Лавренко и др., 1991).

Описанные нами степные сообщества аймака можно отнести к 10 формациям и группам формаций, которые распределяются по высотным поясам следующим образом, причем сообщества практически всех формаций распространены в мелкосопочниках разных высотных уровней, за исключением осоковой (табл. 1):

Лесостепной пояс. 1 – осоковая (*Carex pediformis*[2]) формация (описание 10; высота 1460 м н.у.м. БС); 2 – группа разнотравных (*Herba pratenso-stepposa*) формаций, включающая разнотравную и разнотравно-пижмовую (*Filifolium sibiricum, Herba pratenso-stepposa*) формации (оп. 9, 13-19, 21, 23, 24, 28; высота от 970 до 1353 м н.у.м. БС); 3 – крыловоковыльная (*Stipa krylovii*) формация, включающая антропогенные крыловоковыльно-вострецовые (*Leymus chinensis, Stipa krylovii*) сообщества (оп. 3, 5, 7, 11, 20, 22, 27, 29, 30, 35; высота от 1143 до 1322 м н.у.м. БС); 4 – змеевковая (*Cleistogenes squarrosa*) формация (оп. 8, 61; высота от 1064 до 1362 м н.у.м. БС); 5 – холоднополынная (*Artemisia frigida*) формация (оп. 1, 2, 4, 12, 25, 26; высота от 1003 до 1404 м н.у.м. БС).

Степной пояс. 6 – группа разнотравных (*Herba stepposa*) формаций, включающая разнотравную (*Herba stepposa*) и луковую (*Allium ramosum*) формации (оп. 34, 36, 56, 58; высота от 1047 до 1256 м н.у.м. БС); 7 – крыловоковыльная (*Stipa krylovii*) формация, включающая антропогенные крыловоковыльно-вострецовые (*Leymus chinensis, Stipa krylovii*) сообщества и крыловоковыльно-змеевковые (*Cleistogenes squarrosa, Stipa krylovii*) сообщества (оп. 31, 32, 37, 38, 39, 43-48, 50, 52, 53, 55, 59, 60; высота от 1040 до 1370 м н.у.м. БС); 8 – группа ковыльных петрофитных формаций с двухковыльной (*Stipa krylovii, S. sibirica*) и трехковыльной (*Stipa krylovii, S. sibirica, S. grandis*) формациями (оп. 6, 33, 40-42; высота от 1068 до 1346 м н.у.м. БС); 9 – группа ковыльных

[2] Названия растений приведены по работе И.А. Губанова (1996).

псаммофитных формаций с двухковыльной (*Stipa krylovii*, *S. grandis*) и ковыльной (*Stipa grandis*) формациями (оп. 49, 57; высота от 1256 до 1382 м н.у.м. БС); 10. Холоднополынная (*Artemisia frigida*) формация (оп. 51, 54; высота от 1249 до 1326 м н.у.м. БС).

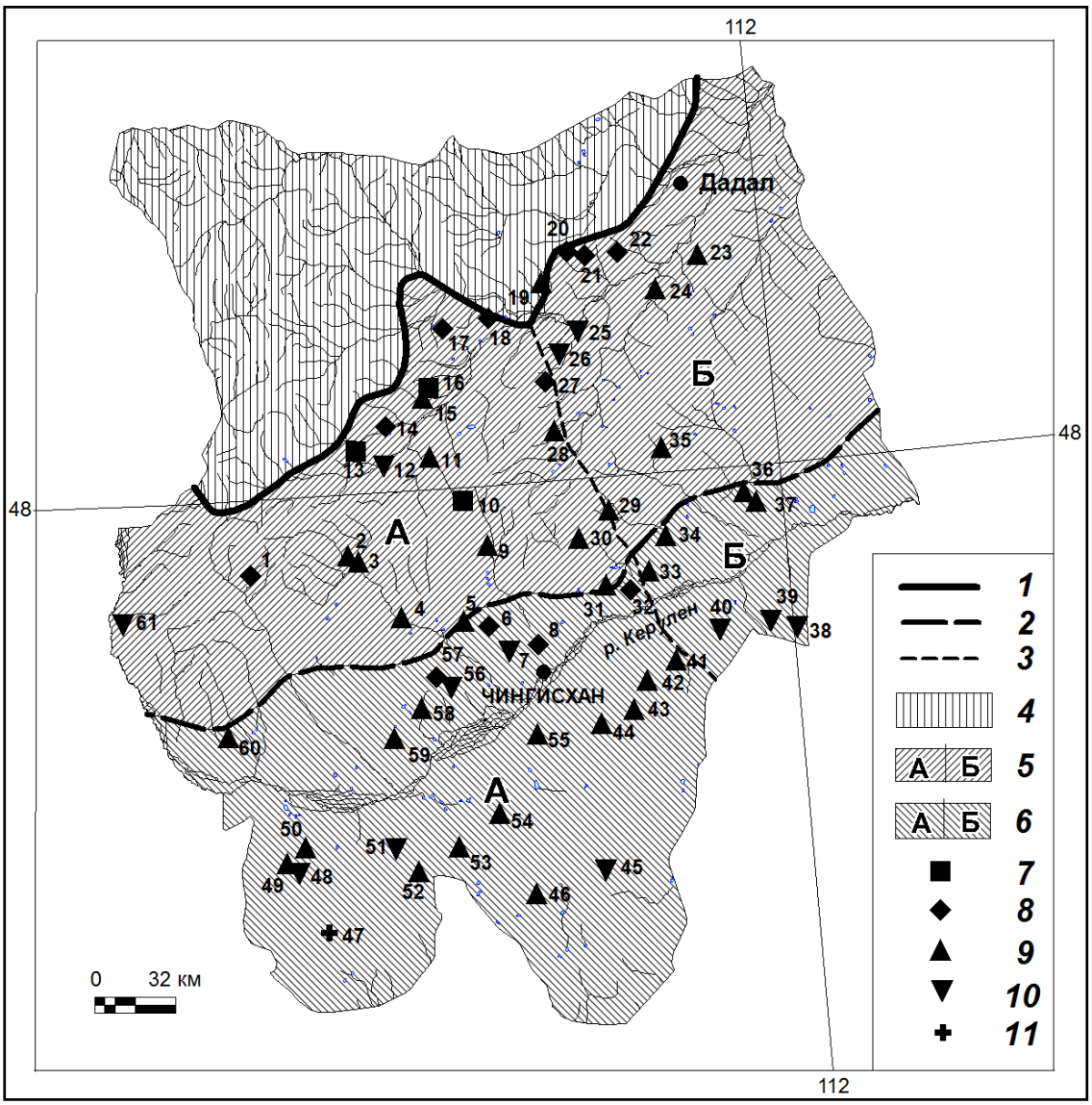


Рис. Ботанико-географическое районирование (Лавренко и др., 1991) Хэнтэйского аймака с точками геоботанических описаний. *Условные обозначения.* ГРАНИЦЫ: 1 – ботанико-географических областей, 2 – провинций, 3 – подпровинций. ПРОВИНЦИИ И ПОДПРОВИНЦИИ*:* 4 – Хэнтэйская горно-таежная провинция Восточно-Сибирской подобласти светлохвойных лесов Евразиатской хвойнолесной области; 5 – Хангайско-Даурская горнолесостепная провинция Дауро-Монгольской подобласти Евразиатской степной области (подпровинции: А. Орхоно-Нижнеселенгинская, Б. Нерчинско-Ононская); 6 – Монгольская степная провинция Дауро-Монгольской подобласти Евразиатской степной области (подпровинции: А. Среднехалхаская, Б. Восточно-Монгольская). *АНТРОПОГЕННАЯ НАРУШЕННОСТЬ* растительных сообществ в точках геоботанических описаний: 7 – практически ненарушенные, 8 – слабо нарушенные, 9 – средне нарушенные, 10 – сильно нарушенные, 11 – очень сильно нарушенные.

Видовой состав всех степных сообществ насчитывает 162 вида (табл. 1). В лесостепном и степном поясах в нарушенных и малонарушенных сообществах всех формаций постоянно участвуют плотнодерновинные злаки *Stipa krylovii*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria cristata*, *Poa attenuata* subsp.

botryoides. Часто, но несколько реже, отмечены *Festuca lenensis* и *Stipa sibirica*. При выпасе разрастаются корневищный злак *Leymus chinensis* и плотнодерновинный − *Cleistogenes squarrosa*. Они широко распространены по территории. В основном для лесостепи характерен *Helictotrichon schellianum*, в то время как *Stipa grandis* встретилась нам только в степной части аймака.

Таблица 1. Видовой состав формаций и групп формаций в Хэнтэйском аймаке.

№	Латинское название растений	Формации и группы формаций										Посто-янство
		*1**	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
Дерновинные злаки												
1	*Stipa krylovii* Roshev.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
2	*Agropyron cristatum* (L.) Beauv.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
3	*Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
4	*Poa attenuata* subsp. *Botryoides* (Trin. ex Griseb.)Tzvel.	+	+	+		+	+	+	+	+	+	9
5	*Koeleria cristata* (L.) Pers. (=*K. macrantha* (Ledeb.) Schult.)	+	+	+		+	+	+	+	+		8
6	*Stipa sibirica* (L.) Lam.		+	+		+	+	+	+			6
7	*Festuca lenensis* Drob.	+	+	+		+			+			5
8	*Helictotrichon schellianum* (Hack.) Kitag.	+	+	+				+				4
9	*Festuca ovina* L.		+			+			+			3
10	*Stipa grandis* P. Smirn.								+	+		2
11	*Stipa klemenzii* Roschev.						+					1
Корневищные злаки												
12	*Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
Однолетние злаки												
13	*Eragrostis minor* Host		+									1
Осоки												
14	*Carex duriuscula* C. A. Mey.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
15	*Carex korshinskyi* Kom.	+	+	+	+	+	+	+	+	+		9
16	*Carex pediformis* C. A. Mey.	+	+	+					+			4
Многолетнее разнотравье												
17	*Allium bidentatum* Fisch. Ex Prokh.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
18	*Astragalus galactites* Pall.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
19	*Cymbaria daurica* L.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
20	*Heteropappus hispidus* (Thunb.) Less.	+	+	+		+	+	+	+	+	+	9
21	*Medicaga ruthenica* (L.) Trautv.	+	+	+	+	+	+	+	+	+		9
22	*Potentilla bifurca* L.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
23	*Potentilla pensylvanica* L. (=*P. strigosa* auct.)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
24	*Serratula centauroides* L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+		9
25	*Aconodon angustifolium* (Pall.) Hara (=*Polygonum angustifolium* Pall.)	+	+	+		+	+	+	+	+		8
26	*Allium anisopodium* Ledeb.		+	+	+	+	+	+	+	+		8
27	*Haplophyllum davuricum* (L.) G. Don fil.		+	+	+	+	+	+	+	+		8
28	*Potentilla acaulis* L.	+	+	+		+	+	+	+	+		8
29	*Potentilla verticillaris* Steph.	+	+	+	+		+	+	+	+		8
30	*Scorzonera radiata* Fisch.	+	+	+	+	+	+	+	+			8
31	*Sibbaldianthe adpressa* (Bunge) Jus.		+	+	+	+	+	+	+	+		8
32	*Silene jeniseensis* Willd.	+	+	+		+	+	+	+	+		8

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
33	*Amblynotus rupestris* (Pall. ex Georgi) M. Pop. ex Serg.	+	+	+		+	+	+		+		7
34	*Bupleurum scorzonerifolium* Willd.		+	+		+	+	+	+		+	7
35	*Dontostemon integrifolius* (L.) C. A. Mey		+	+	+	+	+	+	+			7
36	*Euphorbia discolor* Ledeb.	+	+	+		+	+	+	+			7
37	*Galium verum L.*	+	+	+		+	+	+	+			7
38	*Goniolimon speciosum* (L.) Boiss.		+	+		+	+	+	+	+		7
39	*Iris tigridia* Bunge	+	+	+		+	+	+	+			7
40	*Potentilla tanacetifolia* Willd. ex Schlecht.	+	+	+		+	+	+	+			7
41	*Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk.		+	+	+	+	+	+	+			7
42	*Saussurea salicifolia* (L.) DC.	+	+	+		+	+	+	+			7
43	*Thalictrum squarrosum* Steph. ex Willd.	+	+	+		+	+	+	+			7
44	*Adenophora stenantina* (Ledeb.) Kitag.	+	+	+			+	+	+			6
45	*Allium tennuissimum* L.	+	+	+		+		+		+		6
46	*Asparagus dahuricus* Fisch. ex Link			+	+		+	+	+	+		6
47	*Bupleurum bicaule* Helm	+	+	+				+	+	+		6
48	*Filifolium sibiricum* (L.) Kitam.	+	+	+		+	+	+				6
49	*Orostachys malacophylla* (Pall.) Fisch.	+	+	+			+	+	+			6
50	*Oxytropis oxyphylla* (Pall.) DC.		+	+		+	+	+	+			6
51	*Polygala tenuifolia* Willd.		+	+	+	+	+	+				6
52	*Potentilla leucophylla* Pall.	+	+	+		+		+		+		6
53	*Potentilla multifida* L.		+	+		+	+	+		+		6
54	*Pulsatilla turczaninovii* Kryl. et Serg.	+	+	+			+	+	+			6
55	*Veronica incana* L.	+	+	+		+		+	+			6
56	*Arenaria capillaris* Poir.	+	+	+	+	+						5
57	*Lespedeza juncea* (L. fil.) Pers. (=*L. hedysaroides* (Pall.) Kitag.)		+	+		+		+	+			5
58	*Linaria buriatica* Turcz.		+			+	+	+	+			5
59	*Rhaponticum uniflorum* (L.) DC. (=*Leuzea uniflora* (L.) Holub)	+	+	+			+	+				5
60	*Scorzonera austriaca* Willd.		+	+			+	+	+			5
61	*Stellaria dichotoma* L.		+	+		+		+	+			5
62	*Stellera chamaejasme* L.	+	+	+		+	+					5
63	*Youngia tenuifolia* (Willd.) Babc. et Stebbins		+	+		+	+		+			5
64	*Allium senescens* L.		+	+			+		+			4
65	*Androsace dasyphylla* Bunge	+	+	+		+						4
66	*Artemisia dracunculus* L.			+			+	+	+			4
67	*Astragalus adsurgens* Pall.		+	+		+			+			4
68	*Astragalus tenuis* Turcz.		+	+			+	+				4
69	*Dendranthemum zawadskii* (Herbich) Tzvel. (=*Chrysanthemum zawadskii* Herbich)	+	+	+		+						4
70	*Dianthus versicolor* Fisch. ex Link.	+	+	+		+						4
71	*Gentiana decumbens* L. fil.		+	+		+	+					4

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
72	*Gypsophila davurica* Turkz.	+	+	+		+						4
73	*Iris tenuifolia* Pall.						+	+		+	+	4
74	*Leontopodium leontopodioides* (Willd.) Beauverd	+	+	+		+						4
75	*Lespedeza davurica* (Laxm.) Schindl.		+	+			+			+		4
76	*Pulsatilla ambigua (Turcz.) Juz.*	+	+			+			+			4
77	*Schizonepeta multifida* (L.) Briq.		+	+			+		+			4
78	*Aconodon divaricatum* (L.) Nakai. ex Mori (=*Polygonum divaricatum* L.)		+					+	+			3
79	*Aster alpinus* L.	+	+	+								3
80	*Caryopteris mongholica* Bunge			+			+	+				3
81	*Delphinium grandiflorum* L.	+	+	+								3
82	*Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr.	+	+	+								3
83	*Leibnitzia anandria* (L.) Turcz.	+	+	+								3
84	*Leontopodium ochroleucum* Beauverd	+	+	+								3
85	*Potentilla sericea* L.	+		+		+						3
86	*Sanguisorba officinalis* L.	+	+	+								3
87	*Saxifraga spinulosa* Adams		+	+	+							3
88	*Scabiosa comosa* Fisch. ex Roem. et Schult.		+	+		+						3
89	*Taraxacum officinale* Wagg.		+	+		+						3
90	*Thermopsis lanceolata* R. Br. (=*T. dahurica* Czefr.)		+	+				+				3
91	*Veronica linariifolia* Pall. ex Link		+	+				+				3
92	*Allium ramosum* L. (=*A. odorum* L.)								+	+		2
93	*Androsace chamaejasme* Wulf. subsp. *lehmanniana* (Spreng) Hult.Willd.		+			+						2
94	*Arctogeron gramineum* (L.) DC.		+				+					2
95	*Clematis hexapetala* Pall.		+	+								2
96	*Erodium stephanianum* Willd.		+					+				2
97	*Hemerocallis minor* Mill.		+	+								2
98	*Lychnis sibirica* L.							+		+		2
99	*Orostachys spinosa* (L.) C. A. Mey.						+		+			2
100	*Oxytropis myriophylla* (Pall.) DC.		+	+								2
101	*Rheum undulatum* L.			+						+		2
102	*Rumex thyrsiflorus* Fingerh.		+			+						2
103	*Sedum aizoon* L.			+					+			2
104	*Thalictrum simplex* L.		+	+								2
105	*Thesium refractum* C. A. Mey.		+				+					2
106	*Trifolium lupinaster* L.		+	+								2
107	*Vicia venosa* (Willd. ex Link) Maxim.		+	+								2
108	*Achillea alpina* L.			+								1
109	*Adenophora crispata* (Korsh.) Ritag			+								1
110	*Adenophora tricuspidata* (Fisch.) A.DC.		+									1
111	*Allium monadelphum* Less. ex Kunth		+									1
112	*Allium pollyrrhizum* Turcz. ex Regel						+					1

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
113	*Campanula glomerata* L.			+								1
114	*Convolvulus ammanii* Desr.							+				1
115	*Crepis bungei* Ledeb.		+									1
116	*Echinops latifolius* Tausch		+									1
117	*Euphorbia humifusa* Willd.							+				1
118	*Iris lactea Pall.*			+								1
119	*Lilium pumilum* Delile		+									1
120	*Limonium flexuosum* O. Kuntze			+								1
121	*Linum baicalense* Juz.									+		1
122	*Orostachys fimbriata* (Turcz.) Berger							+				1
123	*Pedicularis amoena* Adams ex Stev.								+			1
124	*Pedicularis flava* Pall.			+								1
125	*Phlomis tuberosa* (L.) Moench			+								1
126	*Plantago depressa* Schlecht.			+								1
127	*Scutellaria baicalensis* Georgi							+				1
128	*Stellaria cherleriae* (Fisch. ex Ser.) F. Williams					+						1
129	*Urtica cannabina* L.								+			1
130	*Valeriana alternifolia* Leeb.			+								1
131	*Veratrum nigrum* L.			+								1
Двулетники												
132	*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.			+		+	+	+	+	+	+	7
133	*Chamaerhodos erecta* (L.) Bunge		+	+		+	+	+		+		6
134	*Erysimum canescens* Roth (=*E. diffusum* auct.)		+	+								2
Однолетники												
135	*Chenopodium acuminatum* Willd.			+	+	+	+	+	+	+	+	8
136	*Artemisia palustris* L.		+	+	+	+		+	+	+		7
137	*Chenopodium cristatum* L.			+	+	+	+	+	+	+		7
138	*Kali* (=*Salsola*) *collina* (Pall.) Akhani & E. H. Roalson			+	+	+		+	+	+	+	7
139	*Salsola tragus* L.				+		+	+			+	4
140	*Amethystea caerulea* L.			+					+			2
141	*Artemisia macrocephala* Jacq. ex Bess.						+	+				2
142	*Chenopodium album* L.							+	+			2
Кустарники												
143	*Caragana microphylla* Lam.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
144	*Caragana pygmaea* (L.) DC.			+	+	+	+	+	+	+	+	8
145	*Amygdalus pedunculata* Pall.			+			+	+	+	+		5
146	*Caragana stenophylla* Pojark.		+	+	+			+	+			5
147	*Spiraea aquilegifolia* Pall.			+		+	+	+	+			5
148	*Dasiphora fruticosa* L.		+	+		+						3
149	*Cotoneaster melanocarpus* M. Pop.								+			1
150	*Rosa acicularis* Lindl.		+									1
151	*Salix* sp.			+								1
Кустарнички												
152	*Ephedra sinica* Stapf							+		+		2

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Полукустарнички											
153	*Artemisia frigida* Willd.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
154	*Kochia prostrata* (L.) Schrad.		+	+	+	+	+	+	+	+		8
155	*Ptilotrichum canescens* (DC.) C.A.Mey.	+	+	+	+	+	+	+	+			8
156	*Thymus gobicus* Tscherneva	+	+	+		+	+		+	+		7
157	*Artemisia commutata Bess.*	+	+	+		+			+	+		6
158	*Artemisia adamsii* Bess.			+	+		+	+			+	5
159	*Artemisia gmelinii* Web. ex Stechm.		+	+					+	+		4
160	*Artemisia santolinifolia* Turcz. ex Bess.	+	+	+		+						4
161	*Alyssum linense* Adams	+	+						+			3
162	*Artemisia monostachya* Bunge ex Maxim		+	+					+			3
	Общее количество видов	54	116	125	36	80	77	86	83	52	22	

Примечание к таблице 1: * – название формаций и групп формаций по номерам даны в тексте статьи.

Во всех степных сообществах постоянно участие двух осок *Carex duriuscula* и *C. korshinskyi*. Практически все виды разнотравья участвуют в сообществах лесостепной части аймака, в степной части – около четверти из них отсутствует (114 и 85 соответственно). В структуре растительного покрова заметную роль играют кустарниковые степи. Из кустарников в сообществах почти всех формаций принимает участие *Caragana microphylla*. Высоким постоянством характеризуются кустарники *C. pygmaea, C. stenophylla, Amygdalus pedunculata, Spiraea aquilegifolia* и полукустарнички *Artemisia frigida, A. commutata, Kochia prostrata, Ptilotrichum canescens, Thymus gobicus*.

Разнотравные степи преобладают в лесостепной части аймака. Они занимают склоны и шлейфы сопок разной экспозиции и межсопочные равнины и характеризуются высоким видовым богатством – в них принимает участие около 120 видов. Общее проективное покрытие в сообществах местами достигает 70%, но чаще покров, более разреженный из-за сильной щебнистости почвы – 30-55%. В структуре сообществ хорошо выражены две синузии: разнотравная и злаковая, реже выделяется третья – осоковая (*Carex pediformis*). Из 40-60 видов, участвующих в одном сообществе, обильны от 2 до 5 видов разнотравья: *Hemerocallis minor, Heteropappus altaicus, H. hispidus, Filifolium sibiricum, Gypsophila dahurica, Leontopodium leontopodiodes, L. ochroleucum, Lespedeza hedysaroides, Potentilla tanacetifolia, Sanguisorba officinalis, Serratula centauroides, Stellera chamaejasme*. При выпасе и на залежах увеличивается количество *Heteropappus hispidus, Filifolium sibiricum, Aconodon divaricatum, Potentilla acaulis*, полукустарничков *Artemisia frigida, Thymus gobicus*, кустарника *Dasiphora fruticosa*.

Встречаются разнотравно-пижмовые степи, в которых *Filifolium sibiricum* несколько (процентов на пять) преобладает над остальными видами разнотравья. На нарушенных участках в сообществах наряду с *Filifolium sibiricum* обильны *Potentilla acaulis, Thermopsis lanceolata, Leymus chinensis*.

В лесостепном поясе широко распространены разнотравно-крыловоковыльные степи. Как и разнотравные степи, они характеризуются высоким видовым богатством и насчитывают более 120 видов. В одном сообществе участвует от 25 до 55 видов. Покров может быть, как сомкнутым (70-80%), так и разреженным (25-40%). Хорошо выражены три синузии: злаковая, разнотравная и полукустарничковая полынная. При выпасе обильным становится корневищный злак *Leymus chinensis* и разнотравно-крыловоковыльные степи замещаются полынно-разнотравно-крыловоковыльно-вострецовыми (*L. chinensis, Stipa krylovii, Herba stepposa, Artemisia frigida*).

При сильном перевыпасе формируются сообщества змеевковой (*Cleistogenes squarrosa*) формации. Они бедны по видовому составу (всего 36 видов, а в одном сообществе от 21 до 27), значительная роль в котором принадлежит однолетникам.

Сообщества холоднополынной (*Artemisia frigida*) формации, в основном, являются показателями перевыпаса. Общее проективное покрытие в них около 45% (может быть ниже – 30% или выше –

до 65%). В составе сообществ довольно много видов – 35-50, но может быть и меньше – 25. Кроме доминирующей синузии полукустарничка *A. frigida* хорошо выделяются разнотравная и злаковая синузии.

Нами сделано всего одно описание сообществ осоковой (*Carex pediformis*) формации. Общее проективное покрытие – 70%. В его составе 54 вида. Проективное покрытие осоки – 35%, разнотравья – 30%, злаков – 20%.

В степной части аймака по нижним частям склонов высоких сопок, их шлейфам, по склонам и плоским вершинам увалистых сопок и на межсопочных равнинах господствуют разнотравно-крыловоковыльные и крыловоковыльные степи. Видовой состав разнотравно-крыловоковыльных сообществ этого пояса беднее на 30% аналогичных сообществ лесостепи (всего 77 видов). Среди разнотравья отсутствуют *Arenaria capillaris, Androsace dasyphylla, Dendranthemum zawadskii, Clematis hexapetala, Delphinium grandiflorum, Dianthus versicolor, Gypsophila davurica, Heteropappus altaicus, Leibnitzia anandria, Leontopodium ochroleucum, Sanguisorba officinalis* и некоторые другие виды. В целом в сообществах встречается от 18 до 49 видов, а проективное покрытие составляет 25-35%.

В составе крыловоковыльников насчитывается более 86 видов, что на 40 меньше, чем в аналогичных сообществах в лесостепи. Сомкнутость травостоя – не выше 50-55%. Преобладают сообщества с разреженным покровом – 25-35%. Часто в структуре сообществ кроме злаковой синузии хорошо выражена разнотравная синузия, местами также отмечены синузии полукустарничковая (полынная) или кустарниковая. Количество видов в крыловоковыльниках небольшое – 15-32, но изредка достигает 44. Как и в лесостепи, при выпасе обильными становятся корневищный злак *Leymus chinensis* и плотнодерновинный *Cleistogenes squarrosa*. Крыловоковыльники при этом замещаются крыловоковыльно-вострецовыми и крыловоковыльно-змеевковыми сообществами, в которых довольно обильна *Artemisia frigida*, также, как и указанные злаки, разрастающаяся при выпасе.

На каменистых склонах местами формируются петрофитные двухковыльные (*Stipa krylovii, S. sibirica*) кустарниковые (*Amygdalus pedunculata, Spiraea aquilegifolia*) степи с участием не только *Artemisia frigida*, но и петрофита *A. gmelini*. Общее проективное покрытие в них – 40-50%. Они богаты по видовому составу – до 45-50 видов в одном сообществе. Характеризуются несколькими хорошо выраженными синузиями: не только злаковой, но и разнотравной, полукустарничковой, кустарниковой.

Только к югу от р. Керулен встретились псаммофитные ковыльные степи из двух ковылей – *Stipa krylovii* и *S. grandis*. В сообществах обильно разнотравье. При разреженном общем проективном покрытии (40%) они включают около 40 видов.

В степной части аймака, как и в лесостепной, встречаются крыловоковыльно-холоднополынные антропогенные степи, разреженные (30-40%), бедные по видовому составу (15-20 видов в сообществе).

Степень нарушенности степных экосистем Хэнтэйского аймака. Теоретические основы и базовые параметры оценки состояния природных экосистем в обобщённом виде изложены в книге «Методология оценки состояния и картографирования экосистем в экстремальных условиях» (Методология …, 1993). Для оценки степени деградации экосистем была разработана пятибалльная шкала. Баллом 1 отмечались очень слабо затронутые антропогенным влиянием экосистемы, баллом 2 – имеющие слабое нарушение (главным образом выпасом), 3 – средне деградированные, 4 – сильно деградированные, 5 – очень сильно (часто необратимо) деградированные экосистемы. Критериями отнесения сообществ к той или иной стадии пастбищной дигрессии выступают: соотношение групп растений, характеризующихся разной устойчивостью к выпасу и имеющих разную кормовую ценность (злаки, осоки, полыни, разнотравье); особенности вертикальной и горизонтальной структуры сообществ (степень проективного покрытия, наличие ветоши или лишайникового покрова на поверхности почвы, показатели жизненности растений); биоморфологическая структура сообщества (спектр жизненных форм). Ранее вопросами оценки состояния растительного покрова Монголии занимались многие исследователи (Микляева и др., 2004; Бажа и др., 2008; Данжалова, 2008).

В ходе работ мы столкнулись с некоторыми проблемами:

1. Не всегда понятны закономерности распространения осоковых (*Carex duriuscula*), вострецовых (*Leymus chinensis*), змеевковых (*Cleistogenes squarrosa*) сообществ.

2. При оценке степени сохранности экосистем в одних случаях возможно занижение оценки из-за плохой жизненности растений – они поедены и выглядят плохо, при этом по видовому составу сообщества близки к естественным; в других – все растения высокие, хорошо цветут и плодоносят, и оценка завышается, хотя растительный покров испорчен – имеет пятнистую структуру, в сообществах насчитывается небольшое количество видов, увеличивается обилие видов, обычных для нарушенных территорий.

3. Полученные данные показали, что не всегда можно говорить о нарушенности экосистемы только по уменьшению общего проективного покрытия и количества видов (табл. 2).

За последние годы ситуация в аймаке ухудшилась – сократились площади ненарушенных и слабонарушенных сообществ, а площади деградированных сообществ значительно увеличились.

Таблица 2. Параметры степных сообществ разной степени нарушенности в Хэнтэйском аймаке.

Степень нарушенности	**Количество описаний**	**Общее проективное покрытие (%)**	**Количество видов в одном сообществе**	**Площадь в 1989 г. (в % от общей площади степных сообществ)**	**Площадь в 2016 г. (в % от общей площади степных сообществ)**
1 (практически ненарушенные)	3	70-75	52-60	16.5	0.3
2 (слабо нарушенные)	12	35-80	27-59	55.6	20.8
3 (средне нарушенные)	32	25-70	15-58	18.9	36.0
4 (сильно нарушенные)	13	25-65	17-48	7.7	38.5
5 (очень сильно нарушенные)	1	20	18	1.2	4.4

Высокую степень нарушенности экосистем отражают сообщества холоднополынной, осоковой, вострецовой и змеевковой формаций, несмотря на то, что их основные доминанты (*Artemisia frigida, Carex duriuscula*, *Leymus chinensis* и *Cleistogenes squarrosa*) в принципе поедаются скотом. В отнесенных нами к четвертой степени нарушенности ковыльных сообществах указанные виды выступают содоминантами. Самая высокая степень изменения экосистем характеризуется монодоминантными сообществами из *Artemisia adamsi*, которые также были отмечены нами на территории аймака.

Степи лесостепного пояса сохранились в лучшем состоянии, чем степного (рис.). Наименее нарушеные сообщества были отмечены в верхних частях высоких сопок (1300-1500 м) – это разнотравные и осоковые из *Carex pediformis* сообщества с высоким проективным покрытием и наибольшим количеством видов. В целом, состояние степной растительности в лесостепном поясе по сравнению с 1989 годом (Ecosystems …, 1995) изменилось незначительно. Ситуация ухудшилась только в экосистемах, расположенных в долинах рек.

По данным С. Жигжа (1990), к югу от реки Керулен не отмечалось нарушений растительности, хотя, судя по карте «Экосистемы Монголии» (Ecosystems …, 1995), на этой территории преобладали сообщества с низкой и средней степенью нарушенности. В настоящее время из-за перевыпаса практически все экосистемы сильно и очень сильно нарушены. Такая сильная пастбищная дигрессия связана, скорее всего, с тем, что в последние годы повсеместно наблюдается тенденция перехода от номадного скотоводства к полукочевому (Энхтувшин и др., 2013 а). Нередки случаи, когда пастухи пасут свой скот на одном месте круглый год. Нам встречались отары более 1000 голов, а вокруг колодцев в обозримом пространстве мы насчитывали до 20 юрт.

Кроме выпаса нарушение экосистем происходит из-за ежегодных сенокосов в «промышленных» масштабах. Согласно более ранним исследованиям, после шести лет скашивания трав видовой состав в горностепных сообществах сократился на 43%, сменились эдификаторы и субдоминанты, продуктивность фитомассы снизилась до 4-5 ц/га при норме 13-16 ц/га (Мирошниченко, 1967). Нами отмечено, что структура скашиваемых сообществ нарушается, становится мозаичной, выделяются пятна скопления видов.

Полное уничтожение естественного растительного покрова наблюдается при распашке. В целом,

в настоящее время распаханных территорий в аймаке немного и почти все они расположены в радиусе 15 км от сомона Дадал и в районе сомона Баян. По оценкам специалистов, на восстановление залежей естественным путем требуется не менее 60-80 лет (Рябинина, 2003).

Начатая в последние годы активная разработка полезных ископаемых, привела к тому, что часть степных экосистем аймака необратимо нарушена. При очень сильных и длительных воздействиях степные экосистемы обычно не восстанавливаются до первоначального состояния, а на их месте формируются иные длительнопроизводные экосистемы (Экосистемы Монголии, 1995).

Заключение

Анализ современного состояния степных экосистем показал, что с 1989 г. на значительной территории Хэнтэйского аймака, в основном за счет перевыпаса, произошла коренная трансформация растительных сообществ. Менее нарушенными оказались степные экосистемы к северу от р. Керулен – в слабонаселенных из-за отсутствия воды районах и на охраняемых территориях. К югу от р. Керулен в настоящее время нагрузки на пастбища значительно превышают их естественную кормовую емкость. Для исправления создавшейся ситуации необходимо введение мероприятий, снижающих нагрузку на пастбища, таких как длительная ротация пастбищ и ограничение количества выпасаемого скота, а в перспективе – восстановление традиционного кочевого скотоводства, характеризующегося многократными, как сезонными, так и многолетними, кочевками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бажа С.Н., Баясгалан Д., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Казанцева Т.И., Прищепа А.В., Хадбаатар С. 2008. Особенности пастбищной дигрессии степных экосистем Центральной Монголии // Ботанический журнал. Т. 93. № 5. С. 657-681.

Губанов И.А. 1996. Конспект флоры Внешней Монголии (сосудистые растения). М.: Валанг. 136 с.

Гунин П.Д., Востокова Е.А., Бажа С.Н., Дугаржав Ч., Ульзийхутаг Н., Прищепа А.В. 2007. Экосистемы Монголии: разнообразие, современное состояние и охрана // Экосистемы Внутренней Азии: вопросы исследования и охраны. М. С. 4-21.

Данжалова Е.В. 2008. Пастбищная дигрессия растительных сообществ степных экосистем Центральной Монголии. Автореф. … канд. биол. наук. М. 27 с.

Дэмчигжавын М. 2001. Проблемы развития аграрного сектора экономики Монголии // Энциклопедия местного самоуправления. № 1. [Электронный ресурс http://vasilievaa.narod.ru/4_1_01.htm (дата обращения 01.05.2017)].

Жигж С. 1990. Территориальные особенности хозяйственного воздействия на природу и обоснование системы рационального природопользования в МНР. Автореф. ... докт. геогр. наук. Иркутск. 37 с.

Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И. 1991. Степи Евразии. Л.: Наука. 146 с.

Методология оценки состояния и картографирования экосистем в экстремальных условиях. 1993. Пущино: ПНЦ РАН. 202 с.

Микляева И.Н., Гунин П.Д., Слемнев Н.Н., Бажа С.Н., Факхире А. 2004. Нарушенность растительности степных экосистем Монголии // Аридные экосистемы. Т. 10. № 24-25. С. 33-44.

Мирошниченко Ю.М. 1967. Динамика степной и пустынной растительности в центральной части МНР. Автореф. … канд. биол. наук. Л. 19 с.

Рябинина З.Н. 2003. Растительный покров степей Южного Урала (Оренбургская область). Оренбург: Издательство ОГПУ. 224 с.

Сосорбарам М. 2015. Поголовье скота в Монголии вновь выросло. [Электронный ресурс http://asiarussia.ru/news/10499/ (дата обращения 01.05.2017)].

Энхтувшин Б., Курас Л., Цыбенов Б. 2013 а. Глобализация и традиционное скотоводство // Власть. № 10. С. 11-16.

Энхтувшин Б., Курас Л.В., Цыбенов Б.Д. 2013 б. Традиционное скотоводство монгольских кочевников в условиях глобализации // Вестник Бурятского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. № 4 (12). С. 208-222.

Экосистемы Монголии. 1995. М.: Наука. 223 с.

Ariunzaya A. 2016. Social and Economic situation of Mongolia (As of the preliminary result of 2016) // Monthly bulletin of statistics. [Электронный ресурс http://www.en.nso.mn/content/164. (дата обращения 01.05.2017)].

Ecosystems of Mongolia. 1995. Map. 1:1000000. M.: Accord. 14 p.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 1 (74), с. 76-85

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 574.472; 581.524.41

ВЛИЯНИЕ АРИДНЫХ УСЛОВИЙ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЯДОВИТЫХ РАСТЕНИЙ В РЕГИОНАЛЬНЫХ БИОМАХ РОССИИ[1]

© 2018 г. Т.В. Дикарева, С.М. Малхазова, В.Ю. Румянцев, М.С. Солдатов

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

Поступила 10.07.2017

Дан эколого-географический анализ распространения ядовитых растений в региональных биомах России и влияния на него аридных условий. На территории России выявлены 82 наиболее токсичных вида сосудистых растений, относящихся к 34 семействам, среди которых 55 ядовитых видов рода *Aconitum*. Проведенный картографический анализ показал, что наименьшее число видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) приурочено к равнинным биомам лесотундры и тундры, а наибольшее число таких видов произрастает в равнинных степных биомах. В равнинном пустынном биоме и в некоторых горных биомах число видов ядовитых растений также значительно, но несколько меньше, чем в степных. Максимальное число видов рода *Aconitum* отмечено в горных дальневосточных биомах. Корреляционный анализ связей числа видов растений с климатическими факторами выявил максимальную тесноту связи общего числа видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) со среднегодовой температурой воздуха.

Ключевые слова: ядовитые растения, региональные биомы, климатические факторы, аридность, картографический и корреляционный анализ.

DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10009

Ядовитые растения – это сборная группа растений различных систематических категорий, которые объединены общим свойством ядовитости. Содержащиеся в них фитотоксины представляют потенциальную опасность для человека и животных. Свойство ядовитости у растений формировалось в процессе эволюции, оно является важным механизмом в борьбе за существование.

По степени ядовитости растения делятся на безусловно ядовитые и условно ядовитые. Последние токсичны лишь в определенные сезоны или в отдельных местообитаниях. Сезонность содержания ядовитых веществ определяется особенностями функционирования различных органов растений в течение годового цикла: надземные части растения наиболее токсичны в период цветения; в подземных органах количество токсинов увеличивается в период зимнего покоя; большинство плодов у растений бывают высокотоксичными после созревания.

На территории России произрастают около четырехсот видов ядовитых растений, имеющих разную степень токсичности. Систематическое изучение этих растений началось в 30-е годы XX в. после публикации книги Л.М. Кречетовича «Ядовитые растения, их польза и вред» (1931), в которой автор уделил большое внимание анализу биохимических и ботанических особенностей ядовитых растений, а также их географическому распространению в пределах бывшего СССР.

В отечественной литературе известны многочисленные справочники и монографии по ядовитым растениям СССР и России (Гусынин, 1962; Дударь, 1971; Луферов, 1995; Зориков, 2005). В периодических изданиях, например, «Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии» (http://bmfc.rusvrach.ru), регулярно обсуждаются вопросы применения ядовитых растений в фармакологии. Однако до сих пор остается актуальной задача изучения закономерностей географического распространения ядовитых растений на территории страны, зависимости их разнообразия от факторов среды. Исследования ядовитых растений необходимо проводить в целях профилактики и лечения отравлений, а также потому, что эти растения являются важным источником

[1] Исследование выполнено за счет средств гранта РГО-РФФИ (проект № 13-05-41165 «Интегральная оценка и картографирование воздействия природных факторов на здоровье населения России»).

биологически активных веществ, которые входят в состав многих лекарственных препаратов.

Целью работы является анализ распространения ядовитых растений в России в связи с некоторыми климатическими факторами. Исследование проводилось на основе карты «Биомы России» (Огуреева и др., 2015; Огуреева, 2016). Показанные на этой карте региональные биомы – составные части биомов планетарного уровня, отражающие зонально-региональные особенности растительного покрова России (Котова, Огуреева, 2007; Огуреева, 2012, 2016). В задачи работы входило составление списка наиболее ядовитых растений России, проведение статистического анализа связей между числом видов ядовитых растений в региональных биомах и климатическими показателями, построение соответствующих тематических картосхем.

Материалы и методы исследований

Из примерно четырёхсот видов ядовитых растений, известных в России по литературным данным, для анализа было отобрано 82 вида, являющихся безусловно ядовитыми. Все выбранные виды токсичны для человека и содержат большие дозы ядовитых веществ (алкалоиды, сапонины, флавоноиды, бергаптен, изобергаптен, изопимпинелин, ксантотоксин, псорален и др.; Орлов и др., 1990; Паршина,1995; Донченко и др., 2009; Коновалова, Шевырева, 2011).

Растения рода борец (*Aconitum*) семейства лютиковые (*Ranunculaceae*), являются одними из самых ядовитых растений России (Авдеев, Ананьев, 2010). Во всех органах всех видов рода содержатся алкалоиды, в первую очередь – аконитин. В России произрастает около 70 видов, из них 40 встречаются только на Дальнем Востоке (Луферов, 1995). Выбрано 55 самых токсичных видов рода, для которых анализ проводился отдельно от остальной группы ядовитых растений, поскольку, как показало предварительное исследование, подавляющее число этих видов распространены только на Дальнем Востоке. Авторы сочли интересным сравнить распространение видов данного рода с распространением других ядовитых растений – для сопоставления факторов, оказывающих влияние на распределение видов рода *Aconitum* и прочих видов ядовитых растений.

Известны представления о повышенной токсичности растений аридной флоры (Благовещенский, 1966; Николаевский и др., 1987; Дымова, 2009). Это обычно объясняется значительной затрудненностью регенерации поврежденных растений в условиях крайнего перегрева и недостатка влаги. Наряду с использованием приспособлений к перенесению засухи, ксерофиты, как предполагается, вырабатывают «орудия защиты», которые могут иметь как специализированный, так и универсальный характер, одновременно предохраняя растения от перегрева и нападения вредителей. Многие растения южных областей, особенно древесные и кустарниковые формы, содержат большое количество танинов, не являющихся прямыми токсикантами, но препятствующих поеданию этих растений из-за своей концентрации (Орлов и др., 1990). Указывалось также, что наибольшее разнообразие ядовитых растений свойственно семиаридным, аридным и субтропическим территориям (Орлов и др., 1990), что требует проверки.

Данные об ареалах ядовитых видов получены из определителей высших сосудистых растений (Гроссгейм, 1949; Рубцов, 1972; Губанов и др., 1995; Сосудистые …, 1996; Флора …, 1987-2013), а также из атласов (Атлас …, 1983; Агроэкологический …, 2015). Присутствие в биоме конкретного вида ядовитого растения определялось по признаку вхождения хотя бы незначительной части его ареала в пределы данного выдела (регионального биома). Для каждого из 66 региональных биомов было определено общее число видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*), число видов рода *Aconitum*, общее число видов сосудистых растений (взято непосредственно с карты «Биомы России»; Огуреева и др., 2015), а также доля (%) ядовитых видов (без видов рода *Aconitum*) от общего числа видов сосудистых растений. Материалы организованы в компьютерную базу данных, привязанную к цифровой карте-основе в среде ГИС MapInfo. На этом основании составлена серия картосхем распределения ядовитых растений в региональных биомах России. В анализ включены два климатических показателя – среднегодовая температура воздуха и среднегодовая сумма осадков. Соответствующие данные были взяты непосредственно с карты «Биомы России» (Огуреева и др., 2015), где для каждого биома они приведены в виде климадиаграмм. Если для биома имелось более одной климадиаграммы, значения показателей усреднялись. Далее в программе STATISTIKA были рассчитаны коэффициенты парной корреляции К. Пирсона связи числа видов растений с климатическими показателями для пар признаков, перечисленных ниже.

Результаты и обсуждение

Было рассмотрено несколько рабочих гипотез: 1) число ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) зависит от общего числа видов сосудистых растений в конкретном биоме и от положения последнего в системе природной зональности территории, которая, в свою очередь, определяется важнейшими климатическими факторами, такими как среднегодовая температура воздуха и среднегодовая сумма осадков; 2) число видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) непосредственно связано с климатическими факторами и зависит от общего числа видов в биомах в меньшей степени; 3) распространение видов рода *Aconitum* практически не связано с климатическими факторами и с общим флористическим богатством территории; 4) максимальное число таксонов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) свойственно наиболее аридным территориям.

Список ядовитых растений, использованных в анализе, включает 82 вида из 34 семейств. Наибольшее число видов ядовитых растений включают следующие семейства: мелантиевые (Melanthiaceae) – восемь видов, пасленовые (Solanaceae) – семь видов. По шесть видов имеют хвощовые (Equisetaceae), волчеягодниковые (Thymelaeaceae), лютиковые (Ranunculaceae). По четыре вида содержат семейства: спаржевые (Asparagaceae), ронтичные (Apiaceae), сложноцветные (Asteraceae). По три вида имеют семейства рутовые (Rutaceae) и эфедровые (Ephedraceae). Для каждого из остальных семейств в список входят один-два вида.

Была предпринята попытка выявить наиболее широко распространённые виды ядовитых растений. Предварительный анализ не показал заметных статистических «рубежей» в вариационном ряду, отражающем число региональных биомов, где встречен данный конкретный вид. Поэтому «рубежи» были приняты произвольно: «вид встречается более чем в 50% биомов» и «вид встречается более чем в 80% биомов». Из 82-х видов рассмотренных ядовитых растений 24 встречаются более чем в 50% региональных биомов. Десять видов отмечены более чем в 80% биомов (табл. 1).

Некоторые из этих десяти видов (табл. 1) относятся к растениям, распространённым преимущественно в антропогенно-нарушенных сообществах (хвощ луговой, хвощ полевой, лютик ядовитый, пижма), т.е. они имеют не только широкие географические ареалы, но и являются массовыми растениями в сообществах. Другие – хвощ болотный, хвощ топяной, багульник болотный, вех ядовитый – связаны с повышенным увлажнением почв, приурочены к интразональным местообитаниям, и также распространены почти во всех биомах. Особенно обширную область распространения имеет плаун-баранец, встречающийся как за Полярным кругом, так и в южных горных биомах. Ареал купены душистой также охватывает почти всю территорию России.

Помимо десяти указанных видов, еще четырнадцать характеризуются высокой встречаемостью в региональных биомах (от 52 до 77% биомов; табл. 1). Таким образом, почти треть всех видов из общего списка видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) характеризуется широкими географическими ареалами и экологическими амплитудами. Эти растения принадлежат к 14 семействам. Наибольшее их число в семействе Хвощовых – пять видов. По три вида – из семейств вересковых и пасленовых. По два вида – зонтичных, капустных, лютиковых. Из остальных восьми семейств – по одному виду.

Таким образом, выделена группа видов, составляющих некое «ядро» ядовитых растений в большинстве региональных биомов. У остальных ядовитых растений, которые встречаются вместе с ними, более узкие географические ареалы и экологические амплитуды. Их можно отнести к группе видов, распространение которых в значительной степени обусловлено природными условиями конкретных биомов.

Анализ составленной картосхемы (рис. 1) показал, что наименьшее число видов ядовитых растений приурочено к северным биомам – северо-таежным, лесотундровым и тундровым, где встречаются не более 20 видов. Невысокое разнообразие ядовитых растений в тундровых и лесотундровых биомах европейской России и Сибири определяется не только суровыми климатическими условиями, но, вероятно, и относительной молодостью растительного покрова.

В таблице 2 приведён список региональных биомов, которые характеризуются наибольшим числом видов ядовитых растений (не менее 50% от общего списка – без видов рода *Aconitum*).

Максимальное обилие видов ядовитых растений отмечается в степных равнинных биомах – Причерноморско-Предкавказском и Заволжско-Кулундинском (70% всех видов ядовитых растений). Несколько меньше их в равнинном пустынном Прикаспийском биоме (60%). Значительное число

видов характерно также для равнинных лесостепных биомов – Днепровско-Приволжского, Тоболо-Приобского, Заволжского, Крымско-Кавказского (от 51 до 59%; рис. 1, табл. 2).

Горные биомы, расположенные вдоль южной границы страны, включают от 50 до 65% ядовитых растений из общего списка. Это биомы Крымско-Кавказской горной страны, а также Алтая, Саян, Приморья и Сахалина, где высокое флористическое разнообразие сложилось исторически, благодаря разнообразию орографических и климатических факторов. Большое разнообразие сосудистых, в т.ч. ядовитых растений в горных биомах обусловлено и тем, что именно здесь расположены четыре основных центра флористического богатства, выделяемых на территории России – Северо-Кавказский, Крымский, Саяно-Алтайский и Приморский (Государственный доклад …, 2016).

Таблица 1. Наиболее широко распространенные ядовитые растения (ранжировано по числу биомов, где встречен вид).

№	Название вида	Семейство	Число биомов, где вид встречен	Доля (%) от общего числа биомов
1	*Ranunculus sceleratus* (лютик ядовитый)	Ranunculaceae (лютиковые)	64	97
2	*Equisetum palustre* (хвощ болотный)	Equisetaceae (хвощевые)	63	95
3	*Equisetum fluviatile* (хвощ топяной)	Equisetaceae (хвощевые)	62	94
4	*Equisetum arvense* (хвощ полевой)	Equisetaceae (хвощевые)	58	88
5	*Huperzia selago* (плаун-баранец)	Lycopodiaceae (плауновые)	57	86
6	*Equisetum pratense* (хвощ луговой)	Equisetaceae (хвощевые)	56	85
7	*Polygonatum odoratum* (купена душистая)	Asparagaceae (спаржевые)	56	85
8	*Ledum palustre* (багульник болотный)	Ericaceae (вересковые)	56	85
9	*Cicuta virosa* (вех ядовитый)	Apiaceae (зонтичные)	54	82
10	*Tanacetum vulgare* (пижма обыкновенная)	Asteráceae (сложноцветные)	54	82
11	*Equisetum sylvaticum* (хвощ лесной)	Equisetaceae (хвощевые)	51	77
12	*Andromeda polifolia* (подбел многолистный)	Ericaceae (вересковые)	51	77
13	*Eresimum cheiranthoides* (желтушник левкойный)	Brassicaceae (капустные)	50	76
14	*Solanum dulcamara* (паслен сладко-горький)	Solanaceae (пасленовые)	47	71
15	*Cannabis sativa* (конопля посевная)	Cannabaceae (коноплевые)	44	67
16	*Hyoscyamus niger* (белена черная)	Solanaceae (пасленовые)	41	62
17	*Daphne mezereum* (волчье лыко)	Thymelaeaceae (волчниковые)	41	62
18	*Juníperus sabína* (можжевельник казацкий)	Ericaceae (вересковые)	40	61
20	*Veratrum lobelianum* (чемерица Лобеля)	Melanthiaceae (мелантиевые)	37	56
19	*Calla palustris* (белокрыльник болотный)	Araceae (ароидные)	36	55
21	*Conium maculatum* (болиголов крапчатый)	Asteráceae (сложноцветные)	36	55
22	*Euphorbia waldsteinii* (молочай прутьевидный)	Euphorbiaceae (молочайные)	35	53
23	*Solanum nigrum* (паслен черный)	Solanaceae (пасленовые)	35	53
24	*Brassica juncea* (грчица сарептская)	Brassicaceae (капустные)	34	52

Относительно высокая доля видов ядовитых растений (51-54%, что сравнимо с названными выше горными биомами) свойственна равнинным широколиственно-хвойнолесным биомам – Смоленско-Приволжскому и Вятско-Камскому, а также средне-южнотаежному Прибалтийско-Ветлужскому биому.

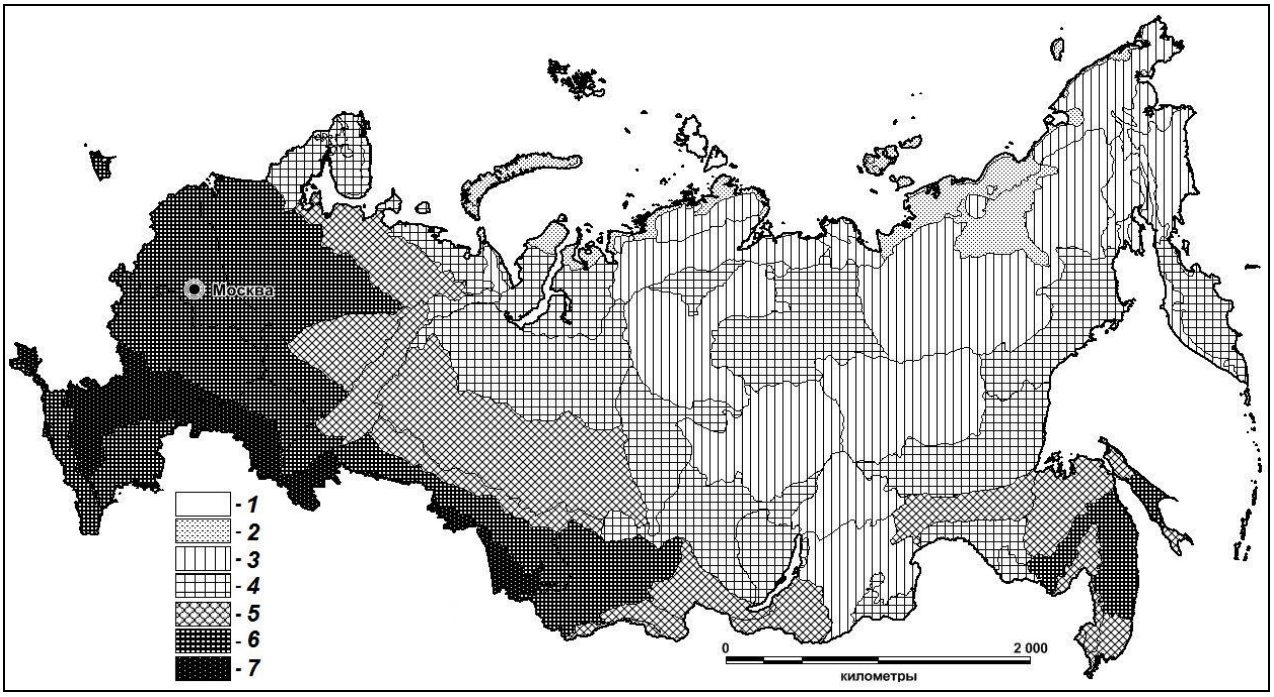


Рис. 1. Число видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) в региональных биомах России. *Условные обозначения.* Число видов: 1 – 0 или нет данных (1); 2 – 1-10 (7); 3 – 11-20 (12); 4 – 21-30 (14); 5 – 31-40 (14); 6 – 41-50 (15); 7 – более 50 (3). В скобках указано число биомов в данной градации.

Последнее связано не только со степенью изученности этих наиболее заселенных территорий нашей страны или с относительно благоприятными для растений климатическими условиями, но и со сложным генезисом растительности этих территорий в позднем плейстоцене и голоцене (Смирнова и др., 2006). Так, высокое флористическое разнообразие в Смоленско-Приволжском биоме связано с тем, что флора биома объединяет как восточноевропейские виды, так и многие среднеевропейские растения, восточная граница ареалов которых проходит по Смоленской возвышенности. Высокое флористическое разнообразие Вятско-Камского биома хорошо согласуется с его положением в зоне контакта восточноевропейских и западносибирских флор. Примерно здесь проходит рубеж между Восточноевропейской и Западносибирской флористическими провинциями Циркумбореальной флористической области.

Необходимо учитывать и высокую степень антропогенной трансформации растительности этих биомов (Государственный доклад …, 2016). По мнению А.А. Тишкова (2005), процесс антропогенной трансформации экосистем приводит к фрагментации растительного покрова, его экотонизации, формированию «островов» естественной природы, трансформации флористических комплексов, смещению границ ареалов видов, перемешиванию биот. Всё вместе способствует тому, что здесь широко распространяются инвазионные или адвентивные растения, тем самым заметно повышая как общее число видов сосудистых растений, так и число ядовитых видов.

Установлено, что виды рода *Aconitum* распространены, в основном, в дальневосточных биомах (рис. 2). Большинство видов имеют узкие ареалы, лишь несколько из них встречаются примерно в трети региональных биомов. Это борец бородатый (*Aconitum barbatum* – 36% биомов), борец крупноносый (*A. macrorhynchum* – 32%), борец вьющийся (*A. volubile* – 33%) и борец шерстистоустый (*A. lasiostómum* – 30%). Последний вид является восточноевропейским растением и распространен в европейской России. Остальные три вида встречаются только в Сибири и на Дальнем Востоке.

Таблица 2. Региональные биомы, имеющие наибольшее число видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*; ранжировано по числу ядовитых видов в биоме).

№	Биомы	Число ядовитых видов в биоме	Доля (%) от общего числа ядовитых видов	Общее число видов сосудистых растений в биоме
	Равнинные биомы			
1	Причерноморско-Предкавказский степной	58	70	2350
2	Заволжско-Кулундинский степной	58	70	1350
3	Прикаспийский пустынный	49	60	1050
4	Днепровско-Приволжский широколиственно-лесной и лесостепной	48	59	2300
5	Смоленско-Приволжский широколиственно-хвойнолесной	44	54	2200
6	Тоболо-Приобский лесостепной	44	54	1450
7	Заволжский лесостепной	43	52	1880
8	Крымско-Кавказский лесостепной	42	51	1150
9	Прибалтийско-Ветлужский средне-южнотаежный	42	51	1800
10	Вятско-Камский широколиственно-хвойнолесной	42	51	2200
	Горные биомы			
11	Сочинский (субтропический) широколиственнолесной и хвойно-широколиственный	53	65	1850
12	Крымско-Новоросийский хвойно-широколиственный и широколиственнолесной	50	61	1415
13	Северо-Западнокавказский хвойно-широколиственный и широколиственнолесной	48	59	1900
14	Эльбрусский хвойно-широколиственный и широколиственнолесной	46	56	2300
15	Южноуральский хвойно-широколиственный и широколиственнолесной	44	54	1250
16	Дагестанский хвойно-широколиственный и широколиственнолесной	43	52	2800
17	Алтае-Саянский таежный	42	51	2700
18	Сахалино-Сихотэ-Алиньский хвойно-широколиственный и широколиственнолесной	41	50	2000

Максимальное количество видов рода *Aconitum* отмечено в составе флоры Сахалино-Сихотэ-Алиньского биома (31 вид). В Сихотэ-Алиньском биоме встречаются 17 видов. В некоторых сибирских горных биомах число видов рода достигает 16-19. В биомах центральной части России не более семи видов рода *Aconitum*. Таким образом, в пределах современной России закономерности распространения видов данного рода, вероятно, связаны, в первую очередь, с удалённостью конкретной территории от центра разнообразия рода *Aconitum*, относящегося к Манчжуро-Даурской флоре и имеющего центром видового разнообразия леса Манчжурии. Максимальное видовое разнообразие рода соотносится с Приморским центром флористического богатства (Сахалино-Сихотэ-Алиньский и Сихотэ-Алиньский горные биомы), который расположен на стыке крупнейших флористических областей Голарктики – Циркумбореальной и Восточноазиатской (Тахтаджян, 1978).

Для проверки названных выше рабочих гипотез были рассчитаны коэффициенты парной корреляции К. Пирсона (r) для перечисленных ниже пар признаков.

1. Корреляции между характеристиками числа видов растений.

• Число видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) ↔ Общее число видов сосудистых растений.

• Число видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) ↔ Доля (%) ядовитых видов (без видов рода *Aconitum*) от общего числа видов сосудистых растений.

• Общее число видов сосудистых растений ↔ Доля (%) ядовитых видов (без видов рода *Aconitum*) от общего числа видов сосудистых растений.

2. Корреляции характеристик числа видов растений с показателем среднегодовой температуры воздуха (°C).

• Общее число видов сосудистых растений ↔ Среднегодовая температура воздуха.

• Число видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) ↔ Среднегодовая температура воздуха.

• Доля ядовитых (без видов рода *Aconitum*) от общего числа видов сосудистых растений ↔ Среднегодовая температура воздуха.

• Общее число видов ядовитых растений с видами рода *Aconitum* ↔ Среднегодовая температура воздуха.

• Число ядовитых видов рода *Aconitum* ↔ Среднегодовая температура воздуха.

3. Корреляции характеристик числа видов растений с показателем среднегодовой суммы осадков (мм) рассмотрены для пар признаков аналогично параграфу 2.

Максимальная теснота связи выявлена для пары признаков «Число видов ядовитых растений без видов рода *Aconitum* ↔ Среднегодовая температура воздуха»: r=0.85. При раздельном рассмотрении равнинных и горных биомов для той же пары показателей получены значения: горные биомы – r=0.83; равнинные биомы – r=0.88 (табл. 3). Различия в данном случае статистически недостоверны. Во всех остальных рассмотренных случаях теснота связи существенно ниже.

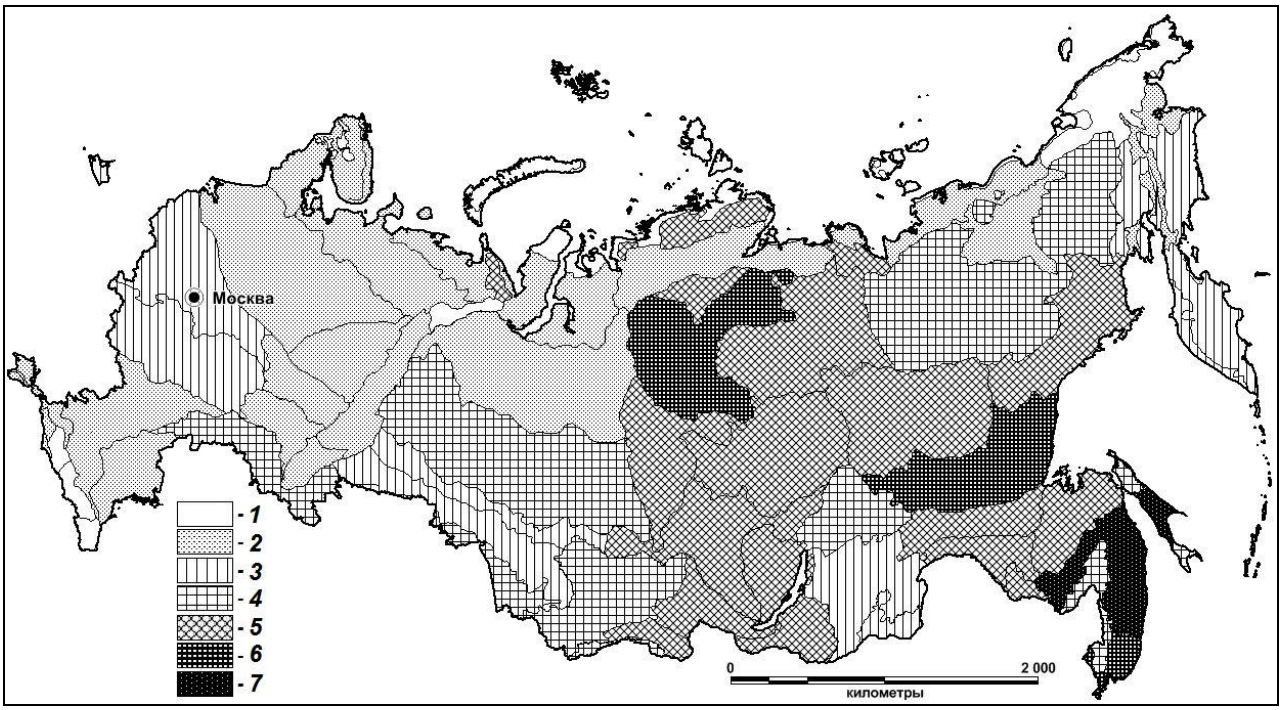


Рис. 2. Распространение ядовитых растений рода *Aconitum* в региональных биомах. *Условные обозначения*. Число видов: 1 – 0 или нет данных (11); 2 – 1-3 (19); 3 – 4-7 (9); 4 – 8-11 (9); 5 – 12-15 (14); 6 – 16-19 (3); 7 – 20 и более (1). В скобках – число биомов в данной градации.

Корреляционная связь для пары показателей «Общее число видов сосудистых растений ↔ Общее число ядовитых растений» довольно высока (r=0.74). Существенная теснота связи выявлена также для пары «Общее число видов сосудистых растений ↔ Среднегодовая температура воздуха» (r=0.70). Рабочая гипотеза о том, что с температурой воздуха связано, в первую очередь, общее число видов сосудистых растений, а уже с ним – число ядовитых видов, таким образом, не подтвердилась.

Связь числа видов рода *Aconitum* со среднегодовой температурой воздуха оказалась крайне низкой и отрицательной (r=-0.14). Таким образом, подтвердилась гипотеза о том, что распространение видов рода *Aconitum* практически не связано с климатическими факторами. В пределах России число видов этого рода убывает с удаленностью от центра разнообразия рода – лесов Манчжурии (рис. 2).

Таблица 3. Корреляции показателей числа видов в биомах и среднегодовой температуры воздуха (все корреляции значимы при p<0.05).

Пары показателей	**Коэффициент парной корреляции К. Пирсона (r)**		
	Горные биомы (n=31)	**Равнинные биомы (n=35)**	**Все биомы (n=66)**
Среднегодовая температура и общее число видов в биомах (без видов рода *Aconitum*)	0.75	0.66	0.70
Общее число видов и число видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*)	0.73	0.80	0.74
Среднегодовая температура и общее число видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*)	0.83	0.88	0.85

Расчеты, проведенные для показателя среднегодовой суммы осадков, выявили низкую тесноту его связи со всеми характеристиками числа видов растений – r не более 0.37. Связь числа всех видов, в том числе ядовитых, с фактором влажности оказалась минимальной. Это соответствует предыдущему опыту авторов (анализ связи и прогноз возможных изменений зональных границ и продуктивности лесов России в условиях «глобального потепления»), показавшему высокую значимость фактора температуры воздуха и гораздо более низкую – фактора влажности (Румянцев и др., 2013; Солдатов и др., 2014).

Следует обратить внимание на то, что в пустынном Прикаспийском биоме число видов ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) заметно меньше, чем в граничащих с ним степных биомах (табл. 2). Можно предположить, что в данном конкретном случае это связано именно с аридностью территории. В аридных условиях очень малая сумма осадков, очевидно, может вести к снижению общего видового разнообразия, а, соответственно, и числа видов ядовитых растений. Для всей России теснота связей характеристик числа видов растений со среднегодовой суммой осадков не превышает значения 0.37, но в данном случае эти связи, возможно, могут выходить на первый план.

Результаты анализа, таким образом, не подтвердили гипотезы о том, что видовое разнообразие ядовитых растений связано в первую очередь с общим флористическим богатством территории, а уже последнее определяется климатическими факторами. Наиболее тесной в рамках проведённого исследования оказалась непосредственная связь числа видов ядовитых растений со среднегодовой температурой воздуха. Фактор влажности в данном случае, в целом для России, заметной роли, по-видимому, не играет. Не подтвердилась и гипотеза о том, что наибольшее разнообразие ядовитых растений приурочено к территориям с сухим климатом. Аридность при данной среднегодовой температуре воздуха, вероятно, ведёт к некоторому снижению числа видов ядовитых растений в сравнении со сходными по температурным условиям, но более увлажнёнными биомами.

Выводы

В результате проведенного исследования были выявлены наиболее токсичные виды сосудистых растений России – 82 вида, относящихся к 34 семействам, а также 55 видов рода борец (*Aconitum*) семейства лютиковые (Ranunculaceae).

Корреляционный анализ связей числа видов растений с климатическими факторами показал, что максимальна теснота связи общего числа ядовитых растений (без видов рода *Aconitum*) со

среднегодовой температурой воздуха. Во всех остальных рассмотренных случаях теснота связи существенно ниже. Теснота связи числа видов с фактором влажности также оказалась низкой. Но аридность территории, видимо, ведёт к некоторому снижению числа видов ядовитых растений в сравнении с более увлажнёнными территориями, сходными по температурным условиям.

Картографический анализ позволил выявить основные закономерности распространения ядовитых растений в биомах России. Наименьшее число видов ядовитых растений приурочено к северным биомам лесотундры и тундры. Наибольшее число видов произрастает в южных равнинных степных биомах. Несколько меньше видов ядовитых растений, чем в равнинных степях, но всё же значительно больше среднего, отмечено в равнинном пустынном Прикаспийском биоме и в некоторых горных биомах Кавказа и южной Сибири.

Выделена группа видов ядовитых растений, составляющих «ядро» таких видов в региональных биомах. Это 24 вида, встречающиеся в 50% и более от общего числа региональных биомов – из них 10 видов встречается в 80% и более от общего числа биомов.

Максимальное число видов рода *Aconitum* отмечено в дальневосточных горных биомах – Сахалино-Сихотэ-Алиньском и Сихотэ-Алиньском. Закономерности распространения этих растений в региональных биомах обусловлены не климатическими факторами, но удаленностью от центра разнообразия рода – лесов Манчжурии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авдеев А.И., Ананьев В.К. 2010. Особенности отравления ядовитым растением аконит (*Aconitum*) // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. Хабаровск. № 11. С. 51-54.

Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [DVD-версия]. 2008 / Ред. А.Н. Афонин, С.Л. Грин, Н.И. Дзюбенко, А.Н. Фролов [Электронный ресурс http://www.agroatlas.ru/ (дата обращения 05.05.17)].

Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. 1983.М.: ГУГК. 340 с.

Благовещенский А.В. 1966. Биохимическая эволюция цветковых растений. М. 327 с.

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году. 2016. [Электронный ресурс http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1996 (дата обращения 02.03.2016)].

Гроссгейм А.А. 1949. Определитель растений Кавказа. М.: Советская наука. 376 с.

Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. 1995. Определитель сосудистых растений центра Европейской России. М.: Аргус. 560 с.

Гусынин И.А. 1962. Токсикология ядовитых растений. М.: Сельскохозяйственная литература. 197 с.

Донченко А.С., Кашеваров Н.И., Зверева Г.К., Шкиль Н.И., Боголюбова Е.В., Шкурина М.Н., Чупахина Н.В. 2009. Ядовитые и вредные растения Сибири. Иркутск: ИИЦ ЦНСХБ СО Россельхозакадемии. 224 с.

Дударь А.К. 1971. Ядовитые и вредные растения лугов, сенокосов и пастбищ. М.: Россельхозиздат. 108 с.

Дымова Т.В. 2009. Перераспределение экологических групп и жизненных форм растений пастбищ дельты Волги под влиянием выпаса // Юг России: экология, развитие. № 1. С. 28-32.

Зориков П.С. 2005. Ядовитые растения леса: учеб. пособие / Ред. В.Д. Чернышёв. Владивосток: Дальнаука. 119 с.

Коновалова Т.Ю., Шевырева В.А. 2011. Ядовитые растения: Атлас-определитель. М.: ЗАО «Фитон+». 112 с.

Котова Т.В., Огуреева Г.Н. 2007. Биогеографические подходы к геоботаническому картографированию // Геоботаническое картографирование. С.-Пб.-Петрозаводск. С. 23-29.

Кречетович Л.М. 1931. Ядовитые растения, их польза и вред. М.-Л.: Сельхозгиз. 317 с.

Луферов А.Н. 1995. Род 16. Борец – *Aconitum* L. // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 7. С.-Пб.: Наука. С. 43-68.

Николаевский В.В., Еременко А.Е., Иванов И.К. 1987. Биологическая активность эфирных масел. М.: Медицина. 144 с.

Огуреева Г.Н. 2012. Эколого-географический подход к изучению разнообразия и географии наземных экосистем // Вопросы географии. Т. 134. С. 55-77.

Огуреева Г.Н. 2016. Биоразнообразие оробиомов Северного Кавказа на карте «Биомы России» // Юг России: Экология, развитие. Т. 11. № 1. С. 21-36.

Огуреева Г.Н., Леонова Н.Б., Емельянова Л.Г., Булдакова Е.В., Кадетов Н.Г., Архипова М.В., Микляева И.М., Бочарников М.В., Дудов С.В., Игнатова Е.А., Игнатов М.С., Мучник Е.Э., Урбанавичюс Г.П., Даниленко А.К., Румянцев В.Ю., Леонтьева О.А., Романов А.А., Константинов П.И. 2015. Карта «Биомы России» (М. 1:7500000) М.: ООО Финансовый и организационный консалтинг. 8 п. л.

Орлов Б.Н., Гелашвили Д.Б., Ибрагимов А.К. 1990. Ядовитые животные и растения СССР. М.: Высшая школа.

272 с.
Рубцов Н.И. 1972. Определитель высших растений Крыма. М.: Наука. 550 с.
Румянцев В.Ю., Малхазова С.М., Леонова Н.Б., Солдатов М.С. 2013. Прогноз возможных изменений зональных границ растительности Европейской России и Западной Сибири в связи с глобальным потеплением // Сибирский экологический журнал. № 4. С. 449-458.
Смирнова О.В., Калякин В.Н., Турубанова С.А., Бакун Е.Ю. 2006. Генезис восточноевропейской тайги в голоцене // Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. XXI. Закономерности вековой динамики биогеоценозов. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 18-65.
Солдатов М.С., Малхазова С.М., Румянцев В.Ю., Леонова Н.Б. 2014. Прогноз изменений прироста древесины в лесах Европейской части России в связи с глобальным потеплением // Известия Российской академии наук. Серия географическая. № 2. С. 96-102.
Сосудистые растения советского Дальнего Востока. 1996. С.-Пб.: Наука. Т. 1-8.
Тахтаджян А.Л. 1978. Флористические области Земли. Л.: Наука, 248 с.
Тишков А.А. 2005. Биогеографические последствия непреднамеренной интродукции чужеродных видов и их прогнозирование // Чужеродные виды в Голарктике. Тезисы докладов. Борок-2. С. 31-32.
Флора Сибири. 1987-2003. Новосибирск: Наука. Т. 1-14.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 1 (74), с. 86-91

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 504.5 (075)

РЕДКИЕ ВИДЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ АРИДНЫХ И СЕМИАРИДНЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ БИОМОВ РОССИИ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ОХРАНА[1]

© 2018 г. Л.Г. Емельянова, С.А. Тарасова

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

Поступила 07.08.2017

Оценено распространение на территории аридных и семиаридных региональных биомов России 32 редких, исчезающих и восстанавливающихся видов наземных млекопитающих Красной книги Российской Федерации. Установлена группа редких видов, не обеспеченных охраной на уровне заповедников. Результаты работы могут быть использованы для оценки регионального биразнообразия и разработки мер повышения уровня охраны редких видов млекопитающих.

Ключевые слова: региональные биомы, наземные млекопитающие, редкие и исчезающие виды.
DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10010

Обеспечение устойчивого развития общества – актуальная и многогранная задача. В ее экологической составляющей очень важным представляется развитие общества в гармонии с природой, сохранение и восстановление биологического разнообразия. В этом плане огромная ответственность возложена на Россию, на территории которой представлена биота целого спектра природных зон и высотных поясов горных систем Северной Евразии. В составе биоты много редких и исчезающих видов наземных млекопитающих, ареалы которых полностью или значительной своей частью лежат в пределах страны. За сохранение на планете этих видов и подвидов животных ответственна Россия (Емельянова, 2010).

Цель работы заключалась в выявлении количества охраняемых видов наземных млекопитающих в аридных и семиаридных региональных биомах России, определения значимых территорий для охраны видов, внесенных в «Красную книгу Российской Федерации» (2001; далее КК РФ) и оценке роли заповедных территорий в их охране

Материалы и методы исследований

В «Красной книге Российской Федерации» (2001) для каждого вида указаны категория и статус охраны – от вероятно исчезнувших и находящихся под угрозой исчезновения до восстанавливающихся, представлена мелкомасштабная картосхема распространения каждого вида. Картосхемы отражают общий характер распространения вида в пределах Российской Федерации. Для видов с ограниченным распространением в КК РФ дана локализация мест находок методом внемасштабных знаков. Для видов с более широкой областью обитания показана территория распространения методом ареалов.

Основной метод исследования, применяемый в нашей работе – картографический. Для выявления территорий с разным количеством охраняемых видов области распространения всех видов КК РФ были спроецированы на карту «Биомы России» (2015). Результаты этого этапа работы позволили оценить количество охраняемых видов, обитающих на территории каждого биома. На составленной обзорной карте для каждого из 66 региональных биомов Российской Федерации (номера биомов на карте указаны цифрами) методом количественного фона отражено число обитающих охраняемых видов наземных млекопитающих (рис.). Интенсивность фона отражает увеличение количества охраняемых видов млекопитающих, обитающих на территории биома. На территории России 18 аридных и семиаридных региональных биомов. Это региональные биомы:

[1] Публикация подготовлена при поддержке гранта РНФ № 14-50-00029 – Проект «Научные основы создания национального банка-депозитария живых систем», направление «Животные».

№№ 26 (частично), 27-35, 57-62, 64 (частично), 66. Северная граница аридных и семиаридных биомов отражена на картосхеме жирной линией (рис.). Выявление биомов, на территории которых обитает разное количество исчезающих видов, необходимо для планирования и создания сети особо охраняемых природных территорий разного ранга.

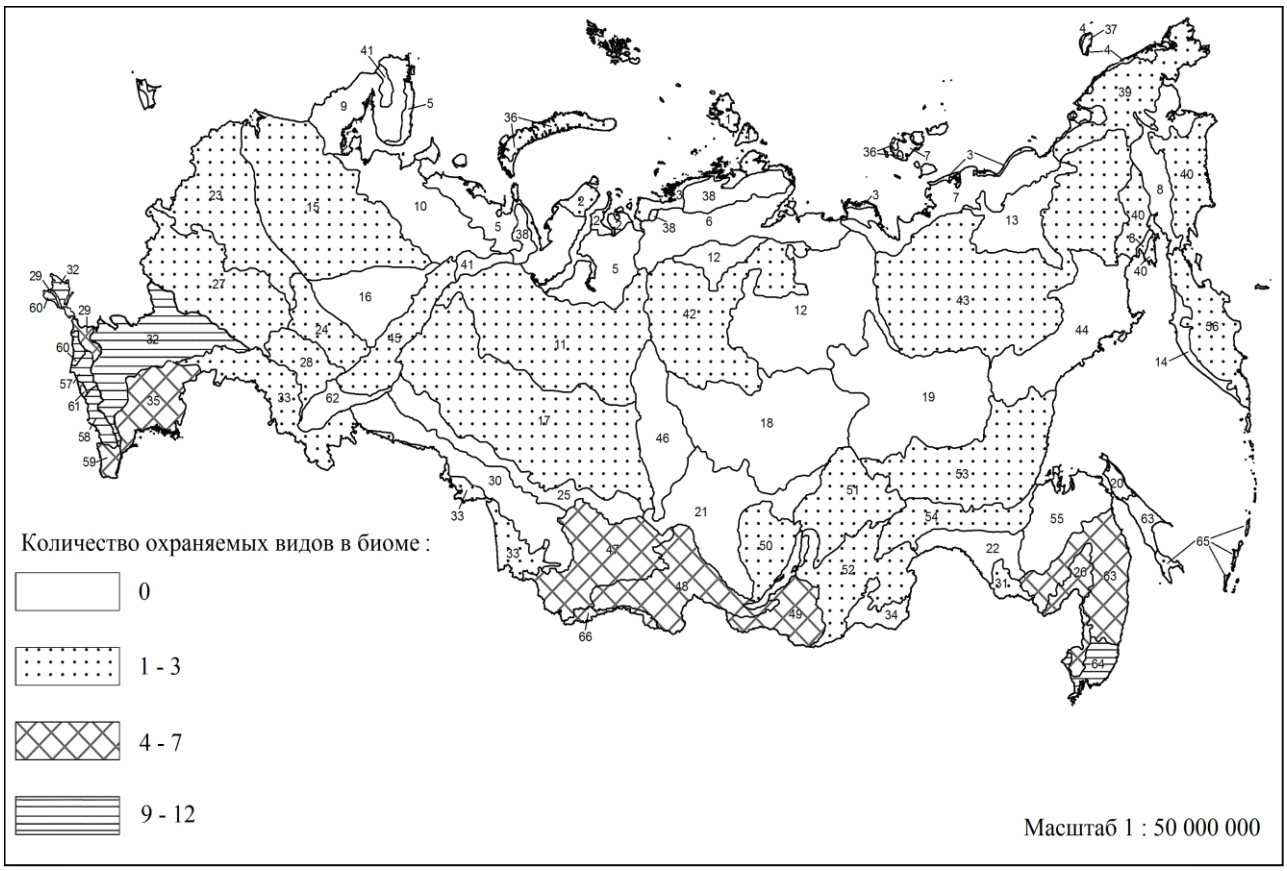


Рис. Количество охраняемых видов млекопитающих в региональных биомах Российской Федерации. *Условные обозначения:* Названия биомов: 1 – Высокоарктическотундровый, 2 – Новоземельско-Гыдано-Ямальский, 3 – Таймыро-Восточносибирский, 4 – Чукотский, 5 – Канинско-Большеземельско-Тазовский, 6 – Таймыро-Центральносибирский, 7 – Лено-Колымский, 8 – Анадыро-Пенжинский, 9 – Кольско-Карельский, 10 – Мезено-Печорский, 11 – Западносибирский северный, 12 – Котуйско-Ленский, 13 – Нижнеколымский, 14 – Западнокамчатский, 15 – Прибалтийско-Ветлужский, 16 – Приуральский, 17 – Обь-Иртышский, 18 – Верхневилюйский, 19 – Центральноякутский, 20 – Северосахалинский, 21 – Приангарский, 22 – Зее-Амурский, 23 – Смоленско-Приволжский, 24 – Вятско-Камский, 25 – Западносибирский южный, 26 – Амуро-Уссурийский, 27 – Днепровско-Приволжский, 28 – Заволжский, 29 – Кубанский, 30 – Тоболо-Приобский, 31 – Зее-Бурейский, 32 – Причерноморско-Предкавказский, 33 – Заволжско-Кулундинский, 34 – Даурский, 35 – Прикаспийский, 36 – Горных тундр высокооарктических островов, 37 – Оробиом острова Врангеля, 38 – Полярно-Урало-Центральносибирский (Таймыр), 39 – Чукотский, 40 – Корякский, 41 – Хибино-Североуральский, 42 – Путоранский, 43 – Верхояно-Колымский, 44 – Североохотский, 45 – Среднеуральский, 46 – Енисейского кряжа, 47 – Алтае-Западносаянский, 48 – Восточносаянско-Прибайкальский, 49 – Саяно-Южнозабайкальский, 50 – Прибайкальско-Момский, 51 – Кодаро-Копарский, 52 – Витимо-Шилкинский, 53 – Алдано-Майский, 54 – Тугурингро-Джагдинский, 55 – Южноохотский, 56 – Камчатско-Курильский, 57 – Северо-Западнокавказский, 58 – Эльбрусский, 59 – Дагестанский, 60 – Крымско-Новороссийский, 61 – Западнокавказский (Сочинский), 62 – Южноуральский, 63 – Сахалино-Сихотэ-Алиньский, 64 – Сихотэ-Алиньский южный, 65 – Южный Дальневосточный островной, 66 – Юго-Восточноалтайско-Тувинский.

Результаты и обсуждение

В «Красную книгу Российской Федерации» (2001) включено 45 таксонов (видов и подвидов) наземных млекопитающих 6 категорий редкости. В аридных и семиаридных региональных биомах России обитает 32 вида четырех категорий редкости: от первой (находящиеся под угрозой исчезновения) до четвертой (неопределенные по статусу). В четвертой категории находится только даурский еж. Определены биомы с максимальным количеством охраняемых видов: на территории Северо-Западнокавказского – биом № 57 – обитает 12 видов, внесенных в «Красную книгу Российской Федерации», в Крымско-Новороссийском – № 60 – 12 видов, Эльбрусском – № 58 – 11, Сихотэ-Алиньском южном – № 64 – 10. Из равнинных наибольшее количество видов (9) в биоме № 32 – Причерноморско-Предкавказском. Не отмечены охраняемые виды в 2-х биомах: № 30 (Тоболо-Приобский) и № 62 (Южноуральский).

Карта дает четкое представление о том, что на территории аридных и семиаридных биомов сосредоточено максимальное количество видов, занесенных в «Красную книгу Российской Федерации» (2001). Ни в одном биоме, расположенном севернее этой территории, не представлено более 4 охраняемых видов. На территории аридных и семиаридных биомов эта градация обилия охраняемых видов – фоновая. Только здесь выявлены биомы, насчитывающие более 9 видов, внесенных в КК РФ.

На этой же территории обитают практически все виды с самой высокой степенью редкости (рис.). Для каждого вида даны категория и статус охраны, приведенные в «Красной книге Российской Федерации» (2001) и указаны заповедники (табл.), лежащие в пределах их ареалов, то есть оценена степень охраны видов животных. Совершенно очевидно, что только в заповедниках обеспечивается реальная охрана как местообитаний, так и самих редких видов. Поэтому важно установить не только вид или группу видов, обитающих на заповедных территориях (то есть обеспеченных реальной охраной), но и выявить редкие виды, обитание популяций которых не представлено ни в одном из 103 заповедников страны (то есть виды, лишенные реальной охраны).

Определена роль заповедных территорий в охране редких и исчезающих видов млекопитающих в аридных и семиаридных биомах России – для каждого вида указаны заповедники, в которых он охраняется.

Таблица. Распределение охраняемых видов по аридным и семиаридным биомам Российской Федерации.

Номер вида	Виды (подвиды)	Заповедники, на территории которых охраняется вид	Категория по КК РФ	Аридные и семиаридные региональные биомы	
				Равнинные	Горные
1	2	3	4	5	6
Отряд Насекомоядные (*Insectivora*)					
1	Даурский ёж (*Mesechinus dauricus* Sundevall, 1842)	Даурский, Сохондинский	4	34	–
2	Русская выхухоль (*Desmana moschata* Linnaeus, 1758)	Астраханский, Брянский лес, Вороненский, Воронежский, Хоперский, Мордовский, Окский, Калужские засеки, Керженский, Кологривский лес, Присурский, Нургуш	2	27, 28, 32, 33, 35	–
3	Японская могера (*Mogera wogura* Temminck, 1842)	-	3	–	64
4	Гигантская бурозубка (*Sorex mirabilis* Ognev, 1937)	Сихотэ-Алинский, Лазовский, Уссурийский, Кедровая падь	3	26	64

Продолжение таблицы.

1	2	3	4	5	6
		Отряд Рукокрылые (*Chiroptera*)			
5	Малый подковонос (*Rhinolophus hipposideros* Bechstein, 1800)	Дагестанский, Кавказский, Тебердинский, Утриш	3	29, 32	57–61
6	Подковонос Мегели (*Rhinolophus mehelyi* Matschie, 1901)	-	2	–	57, 58, 60
7	Большой подковонос (*Rhinolophus ferrume-quinum* Schreber, 1775)	Кавказский, Тебердинский, Эрзи	3	29, 32	57, 58, 60, 61
8	Остроухая ночница (*Myotis punicus*Tomes, 1857)	Кавказский, Тебердинский, Утриш, Тигирекский	2	29, 32	57–61
9	Трехцветная ночница (*Myotis emarginatus* Geoffroy, 1806)	-	2	29	57,58, 60
10	Гигантская вечерница (*Nyctalus lasiopterus* Schreber, 1780)	Большая Кокшага, Брянский лес, Волжско-Камский, Воронежский, Жигулевский, Окский, Тебердинский	3	27–29, 32, 33	57–61
11	Обыкновенный длиннокрыл (*Miniopterus schreibersii* Kuhl, 1819)	-	1	29, 32	57, 60, 64
		Отряд Грызуны (*Rodentia*)			
12	Тарбаган, монгольский сурок (*Marmota sibirica* Radde, 1862)	Сохондинский, Даурский	1	–	66
13	Гигантский слепыш (*Spalax giganteus* Nehring, 1898)	Степной, Янгиюртовский	3	32.35	–
14	Маньчжурский цокор (*Myospalax psilurus espilanus* Thomas, 1907)	-	2	26	64
		Отряд Хищные (*Carnivora*)			
15	Красный волк (*Cuon alpinus* Pallas, 1811)	Лазовский, Сохондинский, Убсунурская котловина, Хакасский, Ханкайский	1	–	64
16	Солонгой забайкальский (*Mustela altaica raddei* Ognev, 1928)	Лазовский, Ханкайский, Хинганский	2	26	64
17	Амурский степной хорь (*Mustela eversmanni amurensis* Ognev, 1930)	-	2	31	–
18	Кавказская европейская норка (*Mustela lutreola turovi* Kusnetsov, 1939)	Дагестанский, Кавказский, Тебердинский, Эрзи	1	35	57, 58, 61
19	Перевязка (*Vormela peregusna* Gueldenstaedt, 1770)	Дагестанский, Богдинско-Баскунчакский, Ростовский, Тебердинский, Черные земли, Убсунурская котловина	1	32, 33	–

Продолжение таблицы.

1	2	3	4	5	6
20	Кавказская речная выдра (*Lutra lutra meridionalis* Ognev, 1931)	Кавказские заповедники - Дагестанский, Кавказский, Тебердинский, Утриш, Эрзи	3	29, 35	57–61
21	Кавказская лесная кошка (*Felis silvestris caucasica* Satunin, 1905)	Дагестанский, Кавказский, Кабардино-Балкарский, Северо-Осетинский, Тебердинский, Утриш, Эрзи	3	–	57–61
22	Кавказский камышовый кот (*Felis chaus chaus* Gueldenstaedt, 1776)	Дагестанский, Астраханский	2	35	–
23	Манул (*Otocolobus manul* Pallas, 1776)	Даурский, Сохондинский, Убсунурская котловина	3	34	66
24	Амурский тигр (*Panthera tigris altaica* Temminck, 1844)	Сихотэ-Алинский, Лазовский, Бастак, Большехехцирский, Ботчинский, Зейский, Кедровая падь, Комсомольский, Норский, Уссурийский	2	26	64
25	Леопард (*Panthera pardus* Linnaeus, 1758)	Дагестанский, Кабардино-Балкарский, Кавказский, Кедровая падь, Тебердинский, Эрзи, Лазовский, Уссурийский	1	–	57–60, 64
26	Снежный барс (*Panthera uncia* Schreber, 1776)	Саяно-Шушенский, Алтайский, Эрзи, Катунский, Сохондинский, Убсунурская котловина, Хакасский	2	–	66
	Отряд Парнокопытные (*Artiodactyla*)				
27	Уссурийский пятнистый олень (*Cervus nippon hortulorum* Swinhoe, 1864)	Лазовский, Кедровая падь, Сихотэ-Алинский, Уссурийский, Ханкайский	2	–	64
28	Зубр (*Bison bonasus bonasus* Linnaeus, 1758)	Брянский лес, Кавказский, Калужские засеки, Мордовский, Приокско-террасный, Окский, Северо-Осетинский, Тебердинский, Эрзи	1	27, 32	57, 59, 60
29	Дзерен (*Procapra gutturosa* Pallas, 1777)	Даурский	1	34	–
30	Амурский горал (*Nemorhaedus caudatus* Milne-Edwards, 1867)	Уссурийский, Сихотэ-Алинский, Лазовский, Кедровая падь	1	–	64
31	Безоаровый козел (*Capra aegagrus* Erxleben, 1777)	Дагестанский, Эрзи	2	–	58, 60
32	Алтайский горный баран, или аргали (*Ovis ammon ammon* Linnaeus, 1758)	Алтайский заповедник, Убсунурская котловина	1	–	66

Выводы

Анализ составленной обзорной карты «Количество охраняемых видов млекопитающих в региональных биомах Российской Федерации» (рис.) позволил установить группу редких и исчезающих видов млекопитающих аридных и семиаридных региональных биомов России. Выявлена группа видов и подвидов млекопитающих, не обеспеченных охраной на уровне заповедников. Виды

(подвиды) млекопитающих, не обеспеченные охраной заповедным режимом, и принадлежность их к отрядам: насекомоядных (Insectivora) – японская могера; рукокрылых (Chiroptera) – подковонос Мегели, трехцветная ночница, обыкновенный длиннокрыл; грызунов (Rodentia) – маньчжурский цокор; хищных (Carnivora) – амурский степной хорь.

Результаты настоящей работы могут быть использованы при планировании и организации особо охраняемых природных территорий для решения проблемы охраны редких и исчезающих видов наземных млекопитающих аридных и семиаридных регионов, поскольку они являются максимально насыщенными видами, занесенными в Красную Книгу по сравнению со всеми другими регионами Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Биомы России. 2015. Карта. Масштаб 1:7500000. М.: Финансовый и организационный консалтинг. 200 с.

Емельянова Л.Г. 2010. Фауна наземных млекопитающих России: антропогенная трансформация и проблема сохранения редких видов // Наука о Земле: геоэкология. М.: Книжный дом «Университет». С. 315-331.

Красная книга Российской Федерации. 2001. М.: Астрель. 862 с.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 1 (74), с. 92-97

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

УДК 57.084.5; 639.371.2.07

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОСЕТРОВЫХ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

© 2018 г. М.А. Маммаев*, М.М. Шихшабеков*, Н.И. Рабазанов, М.С. Курбанов*, М.К. Мирзаханов*, Р.М. Маммаев***

**Дагестанский государственный университет*
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 43а. E-mail: mr.mammaev05@yandex.ru
***Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН*
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45

Поступила 10.08.2017

Исследовано влияния экологических факторов (абиотических и биотических) на некоторые рыбоводно-биологические показатели при выращивании осетровых в условиях с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ) в аридных регионах. Элементы режима УЗВ включают температуру, pH воды, концентрацию кислорода и искусственную среду с разной степенью кислородной обеспеченности. Установлено, что в крови рыб, выращиваемых в УЗВ при повышенном содержании кислорода к концу эксперимента (4 недели) устанавливается достоверно повышенное содержание маркера окислительного стресса. Насыщение воды кислородом ниже 70% приводит к замедлению роста стерляди, так как заметно уменьшается поедаемость корма. Для получения высокой биомассы необходимо в УЗВ комплексах установить температуру воды в бассейнах полупустынного климатического режима в интервале 21-22°С и условий для товарного выращивания стерляди с их плотностью 60 кг/м^3.

Ключевые слова: стерлядь, осетровые, замкнутый цикл, аттрактивы, глуринат, кислородный режим, пробиотика, окислительный стресс.
DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10011

Последние годы все большее значение приобретают индустриальные методы разведения объектов аквакультуры, в число которых входит выращивание рыбы в бассейнах и садках с использованием теплых сбросных вод в оборотных системах и установках с замкнутым циклом УЗВ (Жигин, 2003). Известно, что при использовании данной технологии достигаются высокие темпы роста рыбы при минимальных кормовых и энергетических затратах. При этом обеспечивается стабильность условий внешней среды, появляется возможность оптимизации гидрохимического режима для выращивания разных видов гидробионтов. В настоящее время экономически целесообразно выращивать в УЗВ посадочный материал, или товарную продукцию рыб ценных пород (осетровых, лососевых и некоторых акклиматизантов из других континентов). Одним из перспективных объектов являются осетровые рыбы, обладающие хорошими вкусовыми пищевыми качествами и высокой скоростью роста (Иванов, 2000). Кроме того, осетровые в настоящее время подвержены истреблению и их численность с каждым годом сокращается. Общепризнано, что этот процесс надо остановить (Шихшабеков и др., 2016). В водоемах Западного Прикаспия развитие осетрового хозяйства возможно путем проведения теоретических и практических работ по изучению содержания и формирования маточных стад (Привезенцев, Власов, 2007; Матишов и др., 2007).

При культивировании рыбы в УЗВ, главной задачей становится обеспечение выращиваемых рыб сбалансированными полнорационными искусственными кормо-смесями, обеспечивающими их нормальный рост и развитие. В настоящее время наибольшее распространение в индустриальном рыбоводстве получили гранулированные комбикорма различных рецептур, полностью обеспечивающие потребности выращиваемой рыбы (Скляров и др., 1984). Важным является так же, выбор способа внесения кормов, плотность посадки, кислородный режим в системе с выращиваемой рыбой.

Выбор исследуемого объекта для выращивания в УЗВ объясняется тем, что зарегулирование

стока рек сильнее всего отразилось на биологии стерляди и её запасах, находящихся на стадии исчезновения. В настоящее время выявлены возможности восстановления запасов стерляди путем выращивания в прудовых условиях, где объектом выращивания явилась стерлядь из осетровых, обладающая важной биологической особенностью – ранняя половая зрелость по сравнению с другими осетровыми и способность давать потомства в прудовых условиях выращивания. Это открывает большие перспективы для использования этого вида в товарном осетроводстве, в условиях регионов Прикаспийской низменности.

Материалы и методы исследований

Исследование влияния различных экологических факторов на рыбоводно-биологические показатели стерляди выполнено в лабораторных условиях с созданием опытной установки замкнутого цикла водоснабжения в период 2015-2017 гг.

Объектами исследования служили осетровые – стерлядь (*Acipenser ruthenus*) в искусственных условиях выращивания (УЗВ) и в естественных условиях выращивания. В состав установки входят: рыбоводный бассейн, фильтры (механический и биологический), циркуляционный насос, воздушный компрессор производительностью 40 литров в минуту (рис. 1).

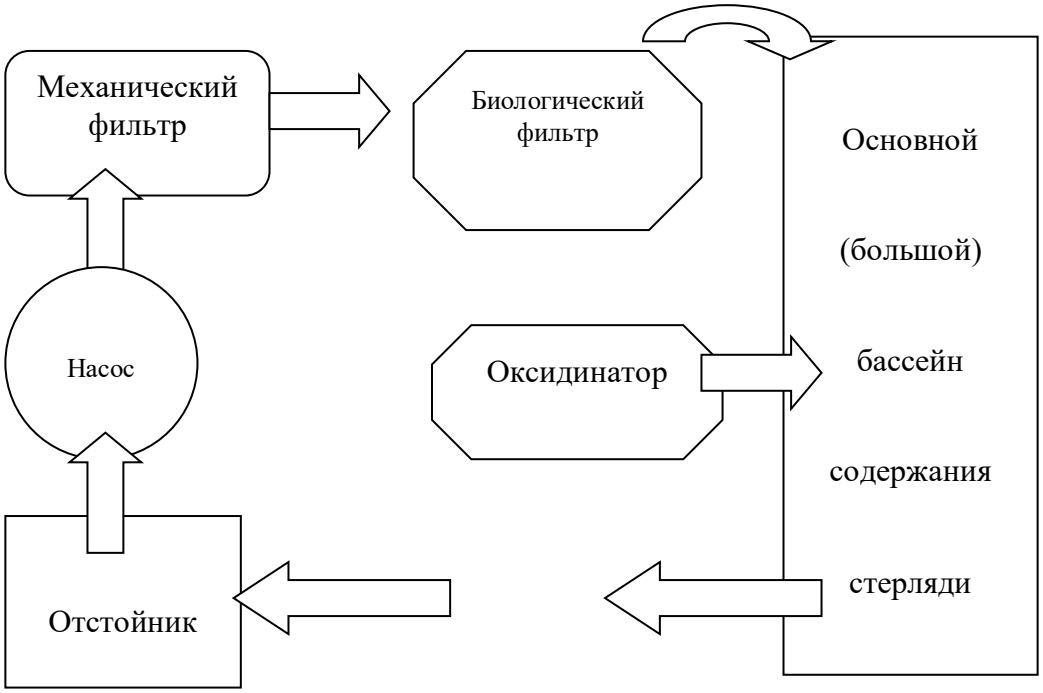


Рис. 1. Схема условий замкнутого водоснабжения.

Проведены исследования температурного режима – 305 измерений, концентрации кислорода – 1320 проб, pH воды – 642, содержания нитритов и нитратов – 289, химического состава тела рыб – 78. Для кормления рыб использовали комбикорм «Акварекс» с введенными аттрактивными веществами (мясные и рыбные добавки), а также группы усилителей вкуса и аромата (глуринат).

Контроль гидрохимического режима в УЗВ осуществляли на протяжении всего периода исследований. Температуру и pH воды измеряли ежесуточно, концентрацию кислорода – три раза в сутки. Полный биологический анализ проводили по общепринятым ихтиологическим методикам (Правдин, 1966).

Результаты и обсуждение

Изученные экземпляры рыб не проявляли никакой патологии и, учитывая их генетическую однородность в абсолютно одинаковых условиях УЗВ, полученные результаты можно объяснить разной степенью кислородной обеспеченности в искусственных условиях выращивания.

Прирост массы тела в контрольной и опытной группе сеголеток стерляди различается в

зависимости от содержания кислорода в воде. Так, через 2 и 4 недели эксперимента рыбы контрольной группы прибавляли в весе стабильно по 24.5%, в то время как особи опытной группы, выращиваемые в условиях повышения содержания кислорода, прибавляли в весе меньше: на 12.9% и на 12% на 2 и 4 неделю (табл. 1).

Таблица 1. Динамика роста сеголеток стерляди при выращивании в УЗВ.

Дата	Контроль (5 экземпляров), вес (г) при содержании O_2 – 6.25 мг/л	Опыт (6 экземпляров), вес (г) при содержании O_2 – 8.45 мг/л	% прироста	
			Контроль	Опыт
14.09	35	55		
	55	70		
	45	95		
	80	80		
	50	46		
		30		
Средняя масса	53	62.7		
28.09	75	105		
	85	65		
	80	75		
	45	60		
	45	45		
		75		
Средняя масса	66	70.8	24.5	12.9
12.10	82	77		
	107	84		
	109	53		
	58	51		
	55	131		
		80		
Средняя масса	82.2	79.3	24.5	12.0

Измерения длины тела показали, что у рыб контрольной группы средняя длина составила 27.6 см, а у опытной группы – 28.3 см (рис. 2). Однако соотношение массы тела к длине показывает, что рыбы контрольной группы имеют коэффициент 2.98, у рыб опытной группы он несколько меньше – 2.80. Рыбы контрольной группы были более упитанные, чем в опытном варианте. Эти данные свидетельствуют о том, что повышение содержания кислорода в установках УЗВ может привести к отрицательному эффекту (Абдуллаева и др., 2013). В нашем эксперименте выявлено, что повышение содержания кислорода в УЗВ приводит к снижению прироста массы тела рыб и снижению упитанности. Такой эффект может быть вызван избыточным образованием в организме рыб свободных радикалов кислорода, способных вызвать перекисное окисление липидов клеточных мембран, что неблагоприятно сказывается на организме рыб. Для полученного результата мы измерили содержание малонового диальдегида (МДА) – маркера окислительного стресса в крови исследуемых рыб (Абдуллаева, 2014).

Результаты биохимического анализа (табл. 2) показывают, что в крови рыб, выращиваемых в УЗВ при повышенном содержании кислорода (опытная группа) к концу эксперимента (4 недели) устанавливается достоверно повышенное содержание МДА, что могло привести к наблюдаемой нами разнице в динамике ростовых показателей сеголеток стерляди.

При выращивании осетровых рыб индустриальными методами в условиях УЗВ большое внимание уделяется кормлению. Оптимизация кормления дает возможность получения максимального эффекта по скорости роста и выживаемости при минимальных кормовых затратах.

Однако пищевая привлекательность кормов играет важную роль, и введение в них различных аттрактивных веществ способствует лучшему потреблению.

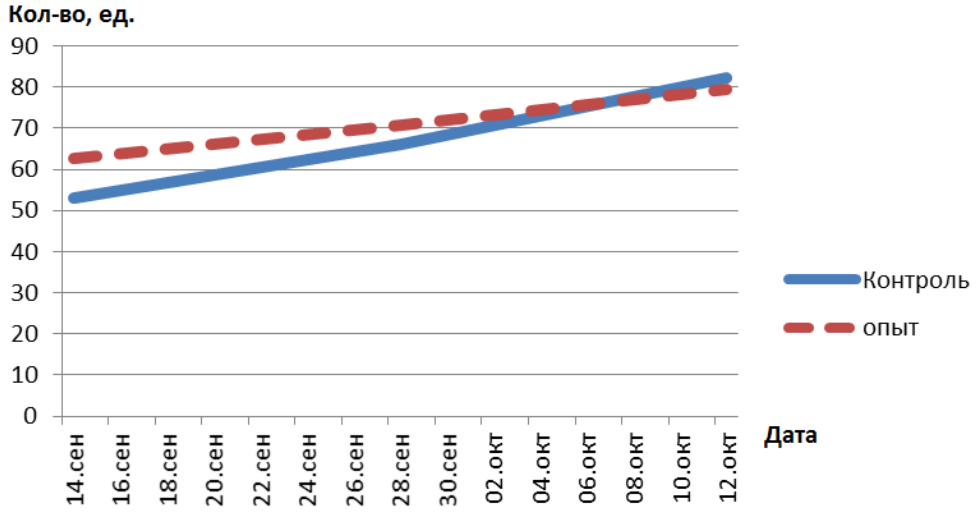


Рис. 2. Динамика роста сеголеток стерляди при выращивании в УЗВ (в условиях разного содержания кислорода).

Таблица 2. Содержание малоновогодиальдегида (МДА) в сыворотке крови рыб контрольной и опытной группы.

Показатели	Опыт с аттрактантом	Контроль без аттрактанта
Количество рыб, экз.	12	12
Начальная масса, грамм	20.4	20.4
Конечная масса, грамм	67.2	52.8
Продолжительность опыта, дни	30	30
Общий прирост, грамм	46.8	32.4
Среднесуточный прирост, грамм/сутки	1.56	1.08
Кормовой коэффициент, ед.	1.2	1.2

В комбикорм «Акварекс» вводили аттрактивные вещества для увеличения привлекательности и повышения эффективности потребления комбикорма. В качестве аттрактивных привлекающих веществ использовали мясные и рыбные добавки. К группе усилителей вкуса и аромата относится также и глуринат. Эти вещества усиливают восприятие вкуса и аромата путем стимулирования окончания вкусовых нервов, хотя сами по себе в фоновых условиях воды и воздуха не имеют запаха и вкуса. Глуринат усиливает мясной, рыбный и другие вкусы, а в комбикорма для рыб рекомендуется вводить его для усиления запаха рыбной муки (Стеффенс, 1985; Абросимова, Лобзакова, 2004). Одновременно проводилась исследовательская работа по оценке действия аттрактивных веществ в составе искусственных комбикормов на осетровых рыбах. В качестве аттрактанта использовали рыбную добавку (табл. 3).

Результаты по сравнительной оценке эффективности кормления (Пономарев и др., 2002) стерляди комбикормом «Акварекс» с рыбным аттрактантом показали, что за период проведения эксперимента рыбы в опытном варианте быстрее набирали массу при среднесуточном приросте 1.74 г/сутки, что в 2 раза выше в сравнении с контрольной группой. В опытном варианте рыбы хорошо реагировали на корм и интенсивно его потребляли. За 30 суток выращивания масса стерляди в опыте составила 67.2 г, а в контроле 52.8 г. Аналогичные результаты получены по использованию препарата «Субтилис» в комбикормах «Акварекс» для стерляди и русского осетра. При этом достигнуто повышение выживаемости, увеличение темпа роста при кормлении молоди стерляди с

добавлением сухого пробиотика «Субтилис» из расчета 40 г на 1 кг комбикорма. В результате определена эффективность введения пробиотика в комбикорма «Акварекс» для осетровых рыб. «Акварекс» с добавлением «Субтилис», наиболее благоприятно воздействовал на формирование высоких показателей сеголеток стерляди выращенных в естественных условиях.

Таблица 3. Рыбоводно-биологические показатели стерляди при выращивании на комбикорме «Акварекс» с рыбным аттрактантом.

Показатели	Стерлядь (выращенная в естественных условиях)	Стерлядь (выращенная в искусственных условиях; УЗВ)
Количество рыб, экз.	7	15
Начальная масса, грамм	59.5	37.5
Конечная масса, грамм	107.8	61.5
Продолжительность опыта, дни	30	30
Общий прирост, грамм	48.3	24.0
Среднесуточный прирост, грамм/сутки	1.61	0.80
Кормовой коэффициент, ед.	1.1	1.2
Выживаемость, %	100	100

Установлено, что в рыбоводных бассейнах с УЗВ качество воды соответствует нормативом ГОСТ 15.372-87. При увеличении плотности посадки рыбы выше 70 кг/м^3 увеличивается содержание нитритов и нитратов выше установленных норм и соотвественно продуктов отхода. В связи с этим рекомендуется регулировать плотность посадки по поедаемости кормов. При выращивании молоди наиболее важными параметрами водной среды являются температура, соленость и содержание в ней кислорода. Они оказывают прямое влияние на скорость роста рыб и усвоение ими кормов. Кислородный режим воды существенно влияет на рост рыб, и при выращивании молоди осетровых содержания кислорода в воде должно быть более 70%.

Высокая плотность посадки личинок в бассейне является основной причиной взаимного травмирования личинок и предличинок, поэтому главной задачей является максимальное сокращение числа травмированных особей с сохранением нормативных показателей посадки предличинок. Параметры выращивания посадки должны соответствовать нормативным значениям, где количество травмированных особей не превышает 10-15%. Для этого необходимо своевременное определение сроков перехода на экзогенное питание с учетом степени зависимости развития от температуры воды и компонентов окружающей среды.

Для своевременного определения начала перехода личинок на экзогенное питание рекомендуется использовать следующие показатели: степень морфологической сформированности предличинок (достижения 45 стадии развития); изменение поведения (прекращение «роения»); появление первых особей с повреждениями грудных плавников и появление первых особей с кормом в пищеварительном тракте.

Выводы

Обработка материала по определению степени влияния экологических факторов на рыбоводно-биологические показатели осетровых позволила определить оптимальные параметры УЗВ.

1. Выращивание сеголеток стерляди в условиях повышенного до 8.45 мг/л содержания O_2 в воде приводит к снижению прироста массы тела по сравнению с рыбами в УЗВ с содержанием кислорода 6.25 мг/л.
2. При повышении содержания кислорода в воде до 8.25 мг/л у сеголеток стерляди наблюдается достоверное увеличение малонового диальдегида (МДА).
3. Сеголетки стерляди чувствительны к содержанию кислорода при выращивании в УЗВ.

4. При выращивании стерляди для получения высокой массы необходимо в УЗВ-комплексах установить температуру воды в бассейнах в интервале 21-22°С, наиболее благоприятной для нормального прохождения жизненных процессов.

Для товарного выращивания стерляди рекомендуем применять плотность посадки до 60 кг/м^3 в оптимальных параметрах замкнутого цикла водоснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абдуллаева Н.М. 2014. Показатели крови осетровых рыб, выращиваемых в искусственных условиях. Махачкала. С. 191-195.

Абдуллаева Н.М., Асадулаева П.А., Рамазанова М.Г. 2013. Физиологическое состояние осетровых, выращенных в искусственных условиях // Сучасні проблеми теоретичноі та практично ііхтіологіі. С. 18-20.

Абросимова Н.А., Лобзакова Т.Н. 2004. Особенности кормления годовиков осетровых для формирования маточного стада // Аквакультура осетровых рыб: достижение и перспективы развития: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Астрахань: АльфаАСТ. С. 230-231.

Жигин А.В. 2003. Установки с замкнутым циклом водоиспользование в аквакультуре // Рыбное хозяйство. Серия: Пресноводная аквакультура. Вып. 1. С. 1-68.

Иванов В.П. 2000. Биологические ресурсы Каспийского моря. Астрахань: КаспНИИРХ. С. 11-13.

Матишов Г.Г., Пономарев С.В., Понамарева Е.Н. 2007. Инновационные технологии индустриальной аквакультуры в осетроводстве. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН. 368 с.

Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Никоноров С.И., Пономарева Е.Н., Грозеску Ю.И., Бахарева Л.А. 2002. Технология выращивания и кормления объектов аквакультуры Юга России. Астрахань: Нов плюс. 264 с.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищепром. С. 79-81.

Привезенцев Ю.А, Власов В.А. 2007. Рыбоводство. М.: Мир. С. 44-49.

Скляров В.Я., Гамыгин Е.А., Рыжков Л.П. 1984. Кормление рыб. М.: Легкая пищевая промышленность. 119 с.

Стеффенс В. 1985. Индустриальные методы исследования рыбы. М.: Агропромиздат. С. 7-9.

Шихшабеков М.М., Гаджиев А.А., Маммаев М.А., Гаджимурадов Г.Ш. 2016. Экология и ихтиофауна Терско-Каспийского рыбопромыслового района. Махачкала: Издательско-типографский участок ИПЭ РД «Эко-пресс». 240 с.

ISSN 1993-3916

ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2018. Т. 24. № 1 (74)

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.

ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ КМК

Формат 60х 84 $^{1}/_{8}$	Объем 6.5 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

Индекс 39775 (каталог «Пресса России»)