ISSN 1993-3916

Том 24 Номер 4 (77) Декабрь 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 научной электронной библиотеки “КИБЕРЛЕНИНКА” CYBERLENINCA.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, № 4 (77), 2018, декабрь
Журнал основан в январе 1995 г.
Выходит 4 раза в год

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

Заместитель главного редактора
доктор географических наук
Ж.В. Кузьмина*

Редакционная коллегия:
Б.Д. Абатуров, С.-В. Брекле (Германия), К.Б. Гонгальский, 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, В.В. Неронов, К.З. Омаров, Л. Орловская (Израиль),
А.А. Тишков, В.И. Черкашин, А.А. Чибилев, З.Ш. Шамсутдинов

Редакционный совет:
А.Б. Биарсланов, Э.А. Рустамов (Туркмения), Н.З. Шамсутдинов

Ответственные за выпуск:
Ж.В. Кузьмина*, О.С. Гринченко*(*Ответственный секретарь*)

Адреса редакции:
*Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3, ИВП РАН
Телефон: (499) 135-70-41. 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 4 (77), 2018 декабрь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Влияние зарегулирования речного стока и изменений климата на динамику наземных экосистем Нижней Волги
Ж.В. Кузьмина, С.Е. Трешкин, С.С. Шинкаренко 3-18

Ландшафтные изменения на переходе плейстоцен-голоцен и динамика ареалов крупных травоядных млекопитающих Северной Азии
И.С. Шереметьев, С.Б. Розенфельд 19-28

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Своеобразие каштановых почв южных котловин Сибири
Г.Д. Чимитдоржиева, Э.В. Цыбикова 29-35

О закономерностях формирования разнообразия почвенных ресурсов дельтовых экосистем
Д.Б. Асгерова, М.З. Залибекова, З.Д. Бийболатова, П.А. Абдурашидова, П.А. Батырмурзаева, В.А. Желновакова 36-43

Биологические основы интродукции кормовых растений в условиях засушливых земель Калмыкии
Г.Э. Настинова 44-50

Современное состояние лекарственных растений Северного Тянь-Шаня (в восточной части северного макросклона Кыргызского Ала-Тоо и бассейна реки Чымынды-Сай)
А.Ж. Кендирбаева, К.Т. Шалпыков, Н.А. Рогова, А.К. Долотбаков, Н.Т. Садыкова 45-57

Методика оценки состояния прибрежных орнитокомплексов на примере искусственных водоемов сухостепной зоны Юга России (Республика Калмыкия)
И.Б. Шаповалова 58-65

Южные пути миграций и места зимовок серых журавлей дубненского предотлетного скопления
О.С. Гринченко, Т.В. Свиридова, Е.И. Ильяшенко 66-74

Влияние температурного стресса засушливых условий на ферменты распада белков в органах пищеварения грызунов
П.М. Нурмагомедова, М.М. Абасова, Д.Н. Джанболатова 75-79

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Антропогенная трансформация озера Кызыл-Яр (Крым): результаты многолетних исследований (1985-2017 гг.)
Н.В. Шадрин, В.Г. Симонов, Е.В. Ануфриева, В.Н. Поповичев, Н.О. Сиротина 80-88

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 4 (77), с. 3-18

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 631.671

ВЛИЯНИЕ ЗАРЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА И ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ДИНАМИКУ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ НИЖНЕЙ ВОЛГИ[1]

© 2018 г. Ж.В. Кузьмина*, С.Е. Трешкин, С.С. Шинкаренко*****

**Институт водных проблем РАН*
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: jannaKV@yandex.ru
***Федеральное агентство научных организаций*
Россия, 119334, г. Москва, Ленинский просп., д. 32а. E-mail: biost@yandex.ru
****Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН*
Россия, 400062, г. Волгоград, Университетский просп., д. 97. E-mail: vnialmi@bk.ru

Поступила 15.02.2018

Работа является продолжением серии статей в журнале «Аридные экосистемы» о комплексных экологических исследованиях в бассейне Нижней Волги, начатых в 2014 г. с целью изучить современное состояние наземных экосистем и выявить тенденции трансформации природной среды и ответных реакций наземных экосистем под воздействием изменения климата и антропогенных факторов. Работы проводились по собственной оригинальной двухэтапной методике оценки нарушений в наземных экосистемах при изменении обводненности территории. На первом этапе устанавливалось наличие возможных изменений в обводненности территорий по анализу изменений многолетних климатических и гидрологических данных. На втором этапе происходила оценка степени нарушений экосистем и ландшафтов по совокупности различных биологических показателей. Для Низовьев Волги выявлены основные причины изменения абиотических (гидролого-климатических) компонентов экосистем, влияющих на трансформацию ландшафтов. Определены основные причины изменения отдельных компонент наземных экосистем, связанные с повышением расходов зимней межени и зимними сбросами, которые наряду с климатическими изменениями способствуют увеличению оглеения почв по всему профилю и деградации пойменных экосистем.

Ключевые слова: расход зимней межени, уровень грунтовых вод, оглеение почв, пойменные экосистемы, динамика растительности, степень нарушенности экосистем.
DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00030

Ожидание большого экономического эффекта от полного зарегулирования речного стока Волги омрачилось возникновением множества экологических проблем по всему бассейну реки.

Сегодня все возникшие негативные последствия экологических проблем бассейна Нижней Волги в связи с гидротехническим строительством каскадов плотин (Болгов и др., 2017; Кривошей, 2015), региональной и локальной антропогенной деятельностью (Отчет ..., 2002; Стратегия ..., 2009; Анализ ..., 2010; Овчарова, 2016) осложняются проявлением последствий изменений климата (Оценочный …, 2008; Второй оценочный …, 2014; Георгиади, Милюкова, 2012; Кузьмина, Трешкин, 2014, 2017 б, в; Кузьмина и др., 2015).

До настоящего времени в бассейне Нижней Волги нет единой концепции изучения водно-экологических проблем, связанных с зарегулированием стока и другими видами антропогенного воздействия. В целом изученность разных компонентов экосистем и ландшафтов достаточно слабая, часто однобокая. Нет возможности сравнить современное состояние сообществ с историческими

[1] Работа выполнена по теме НИР фундаментальных исследований ИВП РАН за 2018-2019 гг. «Моделирование и прогнозирование процессов восстановления качества вод и экосистем при различных сценариях изменений климата и антропогенной деятельности» (№ 0147-2018-0002) № государственной регистрации АААА-А18-118022090104-8, а также в рамках Государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН (регистрационный номер АААА-А16-116122010038-9).

периодами до зарегулирования стока, поскольку ранее подобных экологических исследований не проводилось. Полностью отсутствует совершенно необходимый мониторинг состояния экосистем в разных районах бассейна Нижней Волги (Отчет …, 2002; Стратегия ..., 2009; Анализ …, 2010 и др.).

Современная интенсивность климатических изменений, не говоря уже об усиливающейся антропогенной нагрузке, способна привести не только к изменению стока Волги и значительным колебаниям уровня Каспия. Возможна полная смена ландшафтно-хозяйственного потенциала многих освоенных территорий, а на землях, менее затронутых хозяйственной деятельностью, будут происходить необратимые изменения ландшафтов, которые могут привести к утрате потенциала и разнообразия экосистем и их компонентов, потере качества и количества грунтовых и поверхностных вод. Снижение сельскохозяйственной значимости территорий особенно опасно в аридных условиях нижнего течения Волги – в долине реки ниже г. Волгоград.

Материалы и методы

Для более полного понимания физико-географических процессов и тенденций в регионе (пойма и дельта Волги ниже г. Волгоград) территория исследований в соответствии с гидрологическими и геоморфологическими различиями была разбита на четыре геолого-геоморфологических района (Кузьмина, Трешкин, 2017 б, с. 24, рис. 1): 1 – Волго-Ахтубинская пойма в зоне влияния нижнего бьефа Волгоградского водохранилища (от г. Волгоград до пос. Черный Яр), 2 – центральная часть Волго-Ахтубинской поймы (от пос. Черный Яр до г. Астрахань), 3 – дельта р. Волги (южнее и юго-восточнее г. Астрахань до протоки Бахтемир) и 4 – западные подстепные ильмени (западная часть дельты р. Волги, западнее протоки Бахтемир). В этих районах гидрологические условия различны. В первом районе преобладает обсыхание поймы и резкое заглубление грунтовых вод. Во втором районе основное воздействие оказывает сокращение высоты и сроков весеннего заливания поймы. В третьем (дельтовом) районе преобладает подтопление во все сезоны года в связи с поднятием уровня Каспия. Четвертый район полностью антропогенно зарегулирован, а поверхностное (условно-естественное) затопление совершенно отсутствует.

В каждом из 4-х выделенных гидролого-геоморфологических районов натурные исследования были организованы на постоянных (от одного до трех) модельных инструментальных ландшафтных профилях. Они закладывались перпендикулярно основному руслу реки протяженностью от 500 м до 2 км. На профилях проводились постоянные подробные описания модельных экосистем и ландшафтов, которые включали: геоботанические описания; морфологическое описание почвенных разрезов (шурфов), заложенных до глубины грунтовых вод; измерение глубины залегания безнапорных грунтовых вод и открытой водной (свободной) поверхности водных объектов (рек, каналов, водохранилищ, озер), отбор образцов воды и почв для дальнейших химических исследований (pH водный, общее засоление в %, анионно-катионный состав водной вытяжки[2]). Исследования проводились в меженный период (август) 2014-2015 и 2017 гг. во всех выделенных гидролого-геоморфологических районах.

Вся исследовательская часть работы, включая мониторинг, проводилась по разработанной собственной двухэтапной методике оценки динамических нарушений в экосистемах и ландшафтах (Кузьмина, Трешкин, 2014, 2017 в, а) в связи с климатическими и гидрологическими изменениями (рис. 1).

Первый этап методики проводился камерально на основе *анализа результатов статистической обработки многолетних климатических и гидрологических данных* для установления возможности наличия изменений в ландшафтах и экосистемах по антропогенным (гидротехническим) и/или климатическим причинам (Кузьмина, Трешкин, 2014; 2017 в):

- выявлялось наличие (или отсутствие) трендов основных метеорологических (средней, максимальной, минимальной температуры воздуха и осадков) и гидрологических (максимальный, минимальный, средний расход и уровень воды) характеристик за весь многолетний период;
- оценивалась величина изменений в регионе для каждой отдельной климатической и гидрологической характеристики по разработанному нами относительному коэффициенту

[2] Определение общего засоления, анионно-катионного состава и pH почвенных образцов было выполнено в ФГБНУ “Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия” (ВНИИОЗ).

изменений (ОКИ, %) основных метеорологических и гидрологических характеристик;

- оценивалось изменение совокупного одновременного влияния двух основных метеорологических характеристик (средней температуры воздуха и осадков) для установления многолетней динамики влажностно-температурного режима в настоящем (по Индексу засушливости Педя1) и в будущем (по предлагаемому модифицированному Индексу засушливости Педя2;
- устанавливалось наличие (или отсутствие) климатических или гидрологических изменений в ландшафтах (регионе) по совокупному анализу всех полученных результатов.

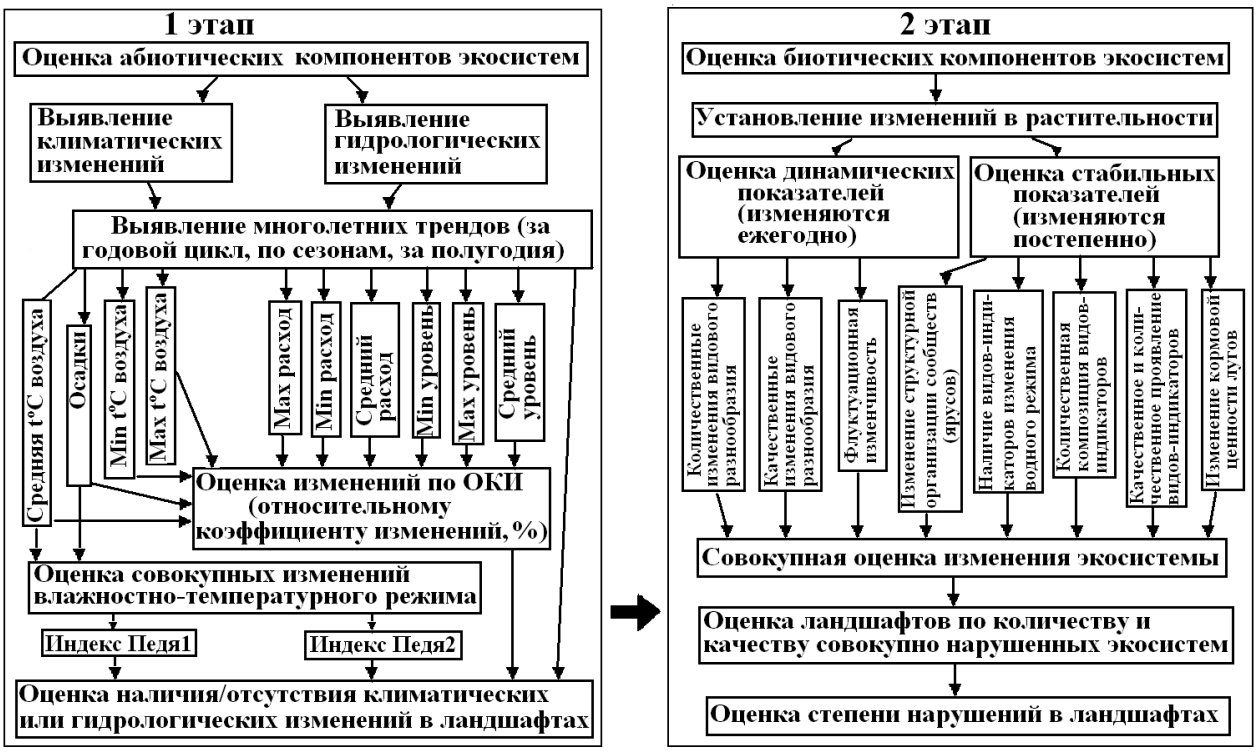

Рис. 1. Алгоритм двухэтапного выполнения «Методики оценки нарушений в наземных экосистемах и ландшафтах при изменении обводненности территорий».

На втором этапе методики (Кузьмина, Трешкин, 2017 а) – полевом – происходит *оценка* степени трансформации экосистем и ландшафтов в результате изменения обводненности территорий *по биологическим показателям* (для каждого разработано пять градаций: без нарушений, слабые, средние, сильные нарушения и полная деградация). Оценивалось (рис. 1):

- изменение структурной организации (по наличию и качественному изменению ярусной структуры сообщества);
- наличие в сообществе видов-индикаторов изменения водного режима территории (по присутствию/отсутствию и общему количеству видов);
- количественная композиция видов-индикаторов (по обилию);
- качественное и количественное проявление видов-индикаторов изменения обводненности территорий (по обилию и проективному покрытию);
- изменение кормовой ценности для луговых сообществ (по количественным показателям участия сорнотравья в составе сообществ);
- количественные изменение видового разнообразия в сообществе (по изменению общего состава видов сообщества) за многолетний период;
- качественные изменения видового разнообразия в сообществе (по наличию видов экологической приуроченности к разным биотопам) за многолетний период;
- флуктуационная изменчивость сообществ (по соотношению присутствия % постоянных видов от ежегодной флоры и % постоянных видов от многолетней флоры).

Выводы, полученные из камерального анализа статистических гидролого-метеорологических данных и полевых экспедиционных экологических материалов, дополнительно проверялись картографическими методами (рис. 2) с использованием анализа серии космоснимков за разные годы и сезоны по ранее успешно примененной методике оценки динамики затопления для Волго-Ахтубинской поймы (Рулев и др., 2017). В рамках этой методики границы водных объектов определялись по спутниковым снимкам Landsat 8 и Sentinel-2 пространственным разрешением 30 м и 20 м соответственно (Сервис загрузки …, 2018). Водные объекты выделялись классификацией красного и ближнего инфракрасного каналов (максимум поглощения водой) с помощью модуля Semi-Automatic Classification Plugin для программы QGIS. Полученные векторные полигоны загружались в программу QGIS 2.14, где их границы корректировались, исходя из визуального контроля по панхроматическому каналу и цветовым RGB-композитам. Также для визуального контроля использовались космоснимки высокого разрешения “WorldView-2” Data © DigitalGlobe, Inc. геосервиса Google «Планета Земля» за 28 мая и 13 октября 2016 г. (Геосервис …, 2018). Картографические материалы приводятся в системе координат СК 42, проекция Гаусса-Крюгера (зона 8).

Гидрологические данные для анализа расходов в Низовьях Волги (г.п. Волгоград) были взяты из работы А.Ю. Овчаровой (2016), из «Схемы комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Волга» (2015), а также с сайта Оперативных гидрологических данных РусГидро (Изменения уровней водохранилищ ГЭС РусГидро, 2018).

В соответствии с разработанной нами двухэтапной методикой (Кузьмина, Трешкин, 2014, 2017 в, а) оценки нарушений в экосистемах для выявления динамических изменений в ландшафтах и экосистемах необходимо установить наличие общих изменений для их абиотических компонент – климатической и гидрологической. Климатические изменения в Низовьях Волги были рассмотрены нами ранее (Кузьмина, Трешкин, 2014). Основные тенденции изменения климата, влияющие на динамику экосистем, связаны в этом регионе с увеличением средней и минимальной температур воздуха при повышении выпадения атмосферных осадков как в целом за год, так и, особенно, зимой и весной. Поэтому первой тенденцией климатических изменений в регионе является потепление зимой при увеличении осадков, особенно в виде снега. Однако вторая тенденция – увеличение аридизации в летний и осенний сезоны года за счет формирования сильных засух летом и чуть более слабых засух – осенью (Кузьмина, Трешкин, 2014).

Необходимо отметить, что тенденция потепления и увеличения осадков в зимний и осенний период характерна также для бассейна Верхней Волги, где начинается формирование стока реки. При этом летом и весной в бассейне Верхней Волги на фоне потепления будет также ощущаться недостаток атмосферного увлажнения (Кузьмина, Трешкин, 2018). Несмотря на это в отличие от Нижней Волги, в бассейне Верхней Волги климатические изменения в общем годовом цикле носят характер гумидного потепления, которое способствует заболачиванию территорий, повышению и стабилизации грунтовых вод, интенсификации глеевых процессов в почвах (Кузьмина, Трешкин, 2018). Подъем грунтовых вод к поверхности и расширение площади переувлажненных земель фиксируется также в Северном Прикаспии и других регионах южной части России (Оценочный …, 2008; Второй оценочный …, 2014; Кузьмина, Трешкин, 2014). В целом, для бассейнов Верхней и Средней Волги – области формирования стока Низовьев Волги, прогнозируется увеличение водности реки в связи с климатическими изменениями (Водные ресурсы …, 2008; Схема …, 2015).

Результаты и обсуждение

За последние 20 лет 2015 г. был годом наименьшей водности для низовьев Волги, т.е. отличался минимальными среднегодовыми и очень низкими максимальными расходами воды (рис. 2 б, рис. 3). 2014 год следует рассматривать как год близкий к средней водности (рис. 2 а, рис. 3). В тоже время 2017 год в Низовьях Волги был многоводным (рис. 2 г, рис. 3). Среднегодовые расходы за 2017 год были повышены за счет практически непрерывных сбросов воды из Волгоградского водохранилища, начавшихся весной в половодье и продолжавшихся, практически не прерываясь, по конец августа 2017 г. При этом 2016 г. также можно отнести к годам многоводной серии (рис. 3).

Таким образом, в год минимальной водности (2015 г.) половодьем и паводками абсолютно не затапливались все три уровня поймы: низкой, средней и высокой (рис. 2 б), в то время как в

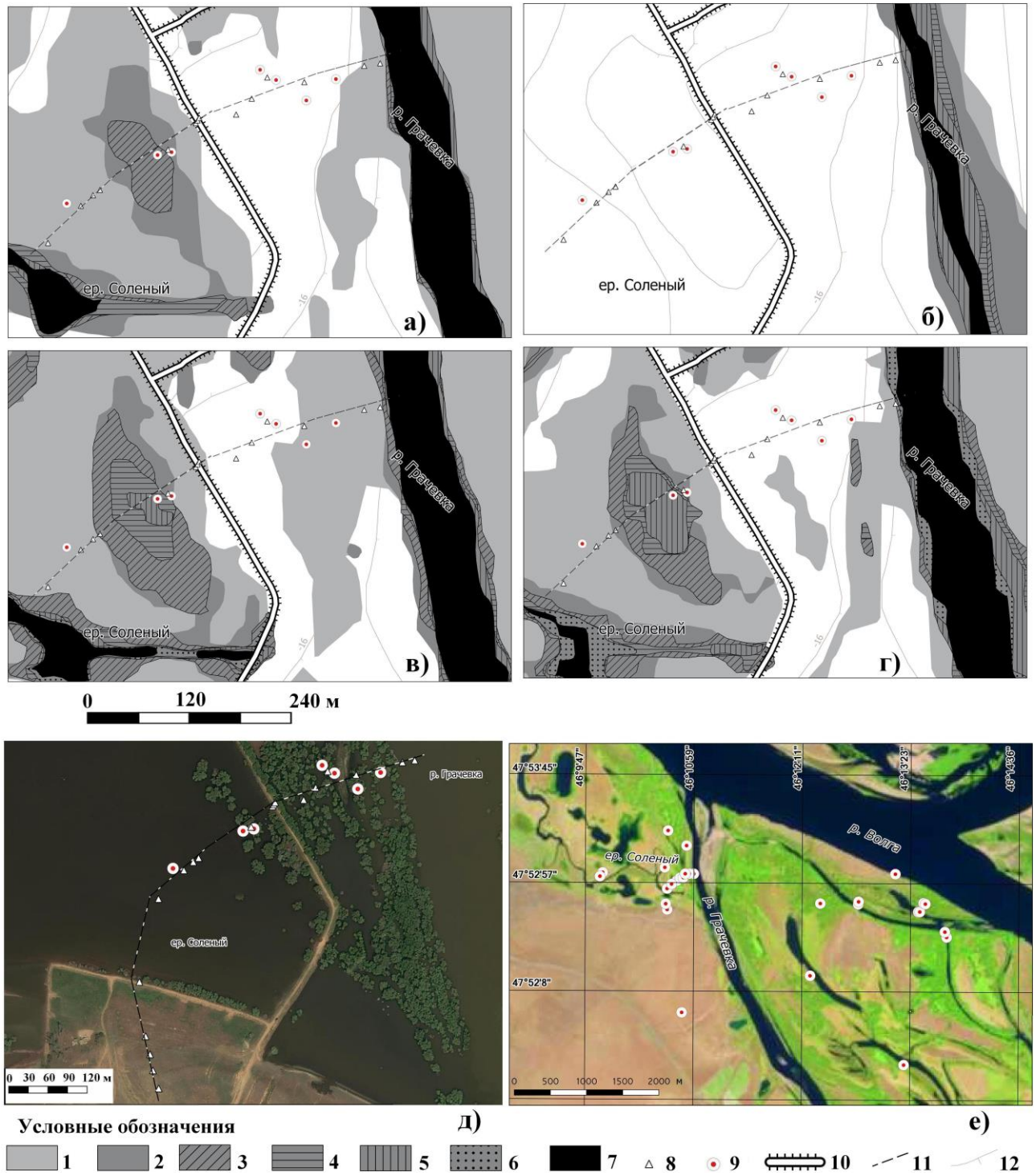

Рис. 2 а, б, в, г, д, е. Расположение экологического профиля «Соленое Займище» (д, е) и изменение уровней поверхностного заливания в основной – пойменной его части в период исследований: в 2014 (а), 2015 (б), 2016 (в) и 2017 (г) годах во втором гидролого-геоморфологическом районе Низовьев Волги. *Условные обозначения:* 1-7 – положение поверхностных вод в разные сроки затопления поймы: а) 15.05.2014 (1), 25.06.2014 (2), 11.07.2014 (3), 12.08.2014 (4), 04.09.2014 (5), 31.10.2014 (7); б) 27.05.2015 (1), 03.06.2015 (2), 14.07.2015 (3), 15.08.2015 (4), 16.09.2015 (5), 02.10.2015 (7); в) 27.05.2016 (1), 06.07.2016 (2), 16.07.2016 (3), 15.08.2016 (4), 28.08.2016 (5), 04.09.2016 (6), 04.10.2016 (7); г) 01.06.2017 (1), 21.06.2017 (2), 04.07.2017 (3), 03.08.2017 (4), 13.08.2017 (5), 12.09.2017 (6), 09.10.2017 (7); 8 – реперные точки; 9 – модельные точки; 10 – дамба; 11 – направление профиля; 12 – горизонтали через 2 м.

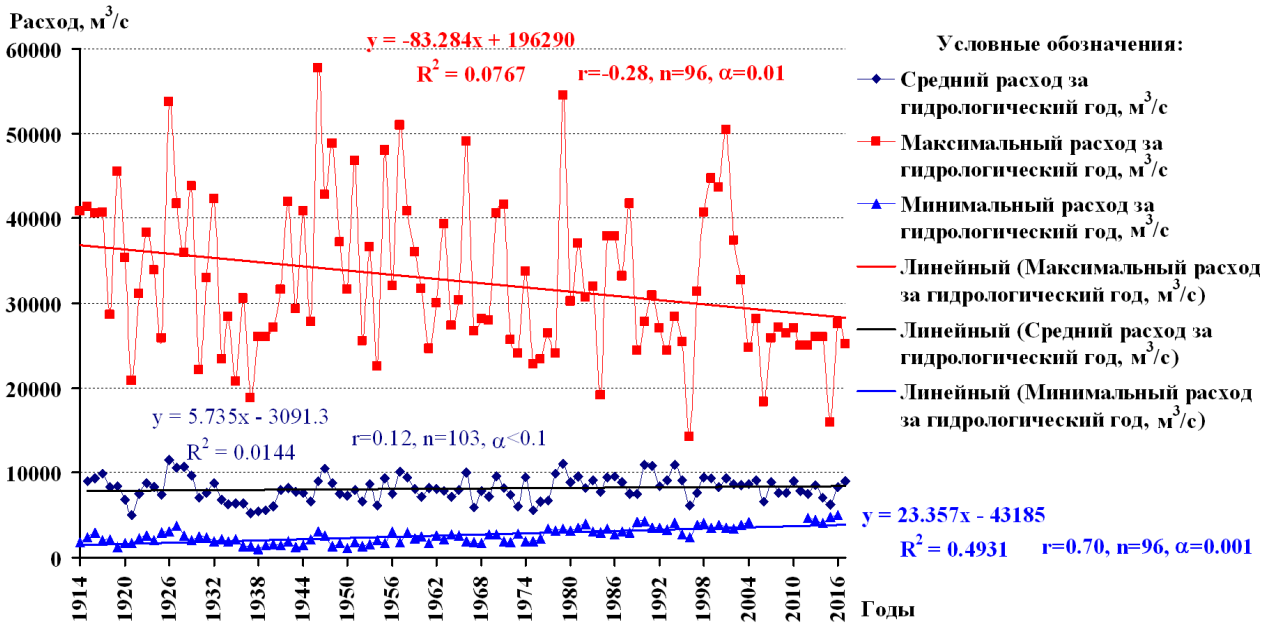

Рис. 3. Многолетние изменения средних максимальных и минимальных расходов в Низовьях Волги (гп. Волгоград) за 1914-2017 гг.

многоводные годы (2016-2017 гг.) в пойменной части исследуемого профиля «Соленое Займище», расположенного во втором гидролого-геоморфологическом районе, затапливались все три пойменные уровня, при этом, конечно, верхняя пойма лишь частично (только ее наименьшие высоты), а на уровнях нижней поймы и в понижениях средней поймы в 2017 г. вода стояла до середины августа (рис. 2 г.).

Общую оценку гидрологическим изменениям произошедшим в Низовья Волги (гп. Волгоград), которые влияют на динамику экосистем и ландшафтов, можно дать по разработанному нами относительному коэффициенту изменений (ОКИ), применяемому к анализу климатических и гидрологических данных. Он рассчитывается как отношение *модуля изменения трендовых значений параметра* (температуры, осадков, расходов, уровней) за многолетний период к *модулю амплитуды колебания фактических (измеренных) значений* этого параметра в многолетнем аспекте:

$$ОКИ = \frac{|F(t_n) - F(t_1)|}{|t_{max} - t_{min}|} 100\%,$$

где $F(t_1)$ и $F(t_n)$ – начальные и конечные значения линейного тренда (при его наличии с достоверной значимостью и $r \geq |0.3|$ для сильно меняющихся гидролого-климатических данных) оцениваемого параметра (температуры, расхода и др.), а t_{max} и t_{min} – максимальные и минимальные фактические (измеренные) значения этого параметра за многолетний период (Кузьмина, Трешкин, 2014, 2017 в). Относительный коэффициент изменений (ОКИ) для максимальных расходов реки Волги за многолетний период с 1914 по 2017 год составил 20% от возможных. Несмотря на достаточно значительные гидротехнические преобразования и влияние климата, изменения, произошедшие с максимальными расходами полых вод за последние 100 лет, относятся к слабым, т.е. ко второму классу, учитывая, что ОКИ имеет 4 градации (минимальные – изменение параметра составило 0.1-14% от возможных; слабые – изменение составило 15-30%; средние – изменение составило 31-50%; максимальные – изменение составило 51-100%). Также к слабым изменениям второго класса (ОКИ 21% от возможного) относятся изменения в сокращении амплитуды колебания расходов в многолетнем аспекте. В то время как ОКИ меженных расходов за этот же период относятся к максимальным, составляя 61% от возможных для общего годового цикла и 60% для расходов зимней межени. Как видно из рисунка 4, в динамике минимальных расходов летней и зимней межени существует приоритет изменений зимой. Для летнего периода не отмечается тренда

изменений меженных расходов (рис. 4). Таким образом, для динамики экосистем более значительными в настоящее время будут нарушения в связи с повышением меженных годовых расходов за многолетний период (61%), к которым в первую очередь относится увеличение расходов зимней межени (60%), при этом, конечно, сокращение объемов весенне-летнего половодья (20%) также вносят свою лепту в изменения гидрологического режима реки, влияющих на трансформацию экосистем.

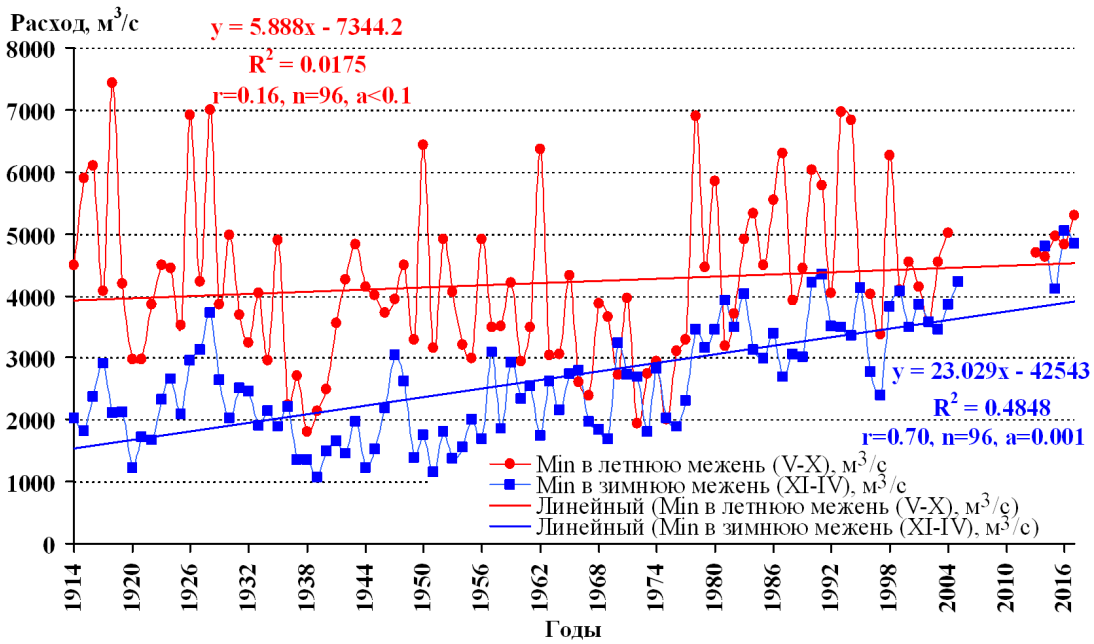

Рис. 4. Многолетние изменения минимальных значений расходов летней и зимней межени Нижней Волги (гп. Волгоград) за 1914-2017 гг.

Поскольку в первом выделенном гидролого-геоморфологическом районе, находящемся в непосредственной зоне влияния Волгоградской ГЭС, изменения экосистем рассмотрены достаточно полно не только в нашей предыдущей работе (Кузьмина и др., 2015), но и в научных публикациях других авторов (Отчет ..., 2002; Стратегия ..., 2009; Анализ ..., 2010; Овчарова, 2016; Рулев и др., 2017), остановимся более подробно на двух следующих гидролого-геоморфологических районах – втором и третьем, значительно слабее представленных в экологической научной литературе.

Рассмотрим второй комплексный экологический инструментальный профиль (рис. 5, рис. 2 а-д; 47° 53' 04.1"-47° 52' 47.4" с.ш., 46° 11' 02.6"-46° 10' 46.3" в.д.) и модельный участок № 2 (рис. 2 е), расположенные в урочище «Соленое Займище» на правом берегу р. Волги. Всего на 2-ом модельном участке (рис. 2 е) для мониторинга экосистем были заложены 14 модельных геоботанических площадок и 4 почвенных разреза (до УГВ), из них 11 геоботанических площадок и 3 почвенных разреза были повторно обследованы во все годы исследований. На пойменной части экологического профиля № 2 (рис. 2 д) было выбрано два модельных почвенных разреза и 7 модельных геоботанических площадок. В прирусловой части поймы (0-230 м по профилю, рис. 5) – перед дамбой было заложено 5 модельных г/б площадок на разных уровнях поймы и 1 разрез (р. 4, рис. 5) – в понижении средней поймы, что соответствует первому пойменному уровню или низкой пойме. На отчлененной двумя дамбами пойменной территории, которая испытывает регулируемое затопление и относится ко второму пойменному уровню или средней пойме было заложено 3 постоянных г/б площадки и 1 модельный почвенный разрез (р. 3, рис. 5).

Нивелировка грунтовых и поверхностных вод в исследуемых разрезах, периодически заливаемых старицах и антропогеннорегулируемых затопленных меандрах в летний меженный период разных по водности лет (среднего/2014/, минимального /2015/ и максимального/2017/) показывает абсолютно правильное (не нарушенное) направление уклона грунтовых вод (ГВ) – от борта коренной террасы к руслу реки Грачевка, чье устье в 700 м С конца профиля впадает в реку Волга (рис. 2 е). Как видно из

рисунка 2 (а, в, г), поемное затопление в вегетационный период данного модельного участка «Соленое Займище» происходит в целом достаточно регулярно, за исключением маловодных лет (рис. 2 б), когда наступает полное пересыхание даже антропогеннорегулируемых ериков.

Таким образом, во втором гидролого-геоморфологическом районе – в центральной части Волго-Ахтубинской поймы, в маловодные годы в вегетационный период абсолютно не затапливается даже низкая пойма, т.е. первый пойменный уровень, который в естественных условиях (без зарегулирования стока водохранилищами) должен затапливаться ежегодно. В тоже время, как видно по результатам космического дешифрирования (рис. 2 в, г; рис. 5), даже в многоводные годы третий пойменный уровень – верхняя пойма, также практически не затапливается. На уровнях верхней поймы в многоводные годы затапливаются только бывшие меандровые понижения или слегка сниженные поверхности. В тоже время колебания уровня грунтовых вод в пойме для маловодных и многоводных лет на одних и тех же уровнях поймы (в модельных разрезах) составляет менее 270 см (рис. 5), в то время, как в естественных условиях для данного района на основании высотных отметок пойм различного уровня по данным В.А. Кривошей (2015) оно должно составлять 3.6-5.7 м.

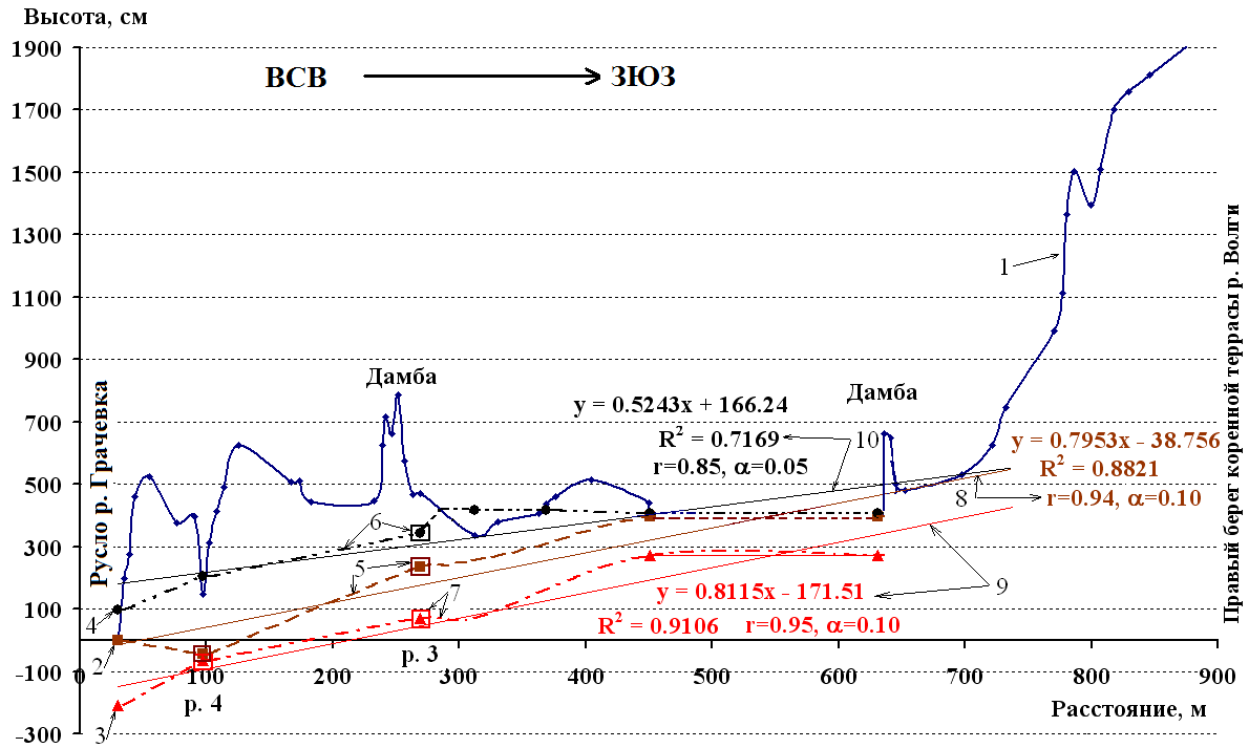

Рис. 5. Положение грунтовых и поверхностных вод в летнюю межень 2014-2017 гг. на экологическом профиле № 2 «Соленое займище» на правом берегу р. Волги во 2-ом гидролого-геоморфологическом районе – в центральной части Волго-Ахтубинской поймы. *Условные обозначения*: 1 – инструментальный рельеф поймы реки на участке профиля; 2-4 – уровень воды (УВ) в основном русле реки Волги и в старицах 14.08.2014 (2), 13.08.2015 (3) и 10.08.2017 (4); 5-7 – уровень грунтовых вод (УГВ) на местности и в почвенных разрезах (р. 3, р. 4) 14.08.2014 (5), 13.08.2015 (6) и 10.08.2017 (7); 8-10 – линейные тренды (с их математической формулой, коэффициентами корреляции и достоверностью) фактического УГВ в пойме 14.08.2014 (8), 13.08.2015 (9) и 10.08.2017 (10).

Это говорит о том, что нарушения в экосистемах во 2-ом гидролого-геоморфологическом районе в основной вегетационный период, в первую очередь, связаны с сокращением амплитуды колебания расходов и уровней воды в реке, что определяет сокращение заливания а также сокращение амплитуды колебания уровней грунтовых вод в пойме. Учитывая, что в настоящее время расходы и уровни воды в летнюю и зимнюю межень практически сравнялись (рис. 4) из-за сильного тренда повышения расходов зимней межени, то для экосистем это будет означать выравнивание или

значительную стабилизацию положения грунтовых вод в пойме в годовом цикле для рассматриваемого района. Т.е. фиксируется редукция поемного режима (для которого характерны сильные колебания в поверхностном и грунтовом увлажнении) в сторону образования более стабильных почвенно-грунтовых условий существования экосистем. В настоящее время амплитуда колебания почво-грунтового увлажнения в этом районе сократилось ровно в 2 раза по сравнению с естественными условиями. Стабилизация грунтовых вод косвенно подтверждается проникновением в пойму, особенно на средний ее уровень и сниженные участки верхней поймы, ясеня (*Fraxinus excelsior*) и клена американского (*Acer negundo*), которые ранее были не характерны для пойменной растительности Низовьев Волги. Проникновение этих видов деревьев, особенно на пойменные местообитания в Западной Европе связывают с полным зарегулированием рек и стабилизацией уровня грунтовых вод в годовом цикле (Кузьмина, 2007).

Необходимо отметить, что на двух разных пойменных участках профиля «Соленое займище» (в прирусловой части поймы (0-230 м по профилю, рис. 5) – перед дамбой и во внутренней части средней поймы отчлененной дамбами (260-635 м по профилю, рис. 5)) основное влияние оказывают разные процессы. В прирусловой пойме (0-230 м) экосистемы существуют в условиях средней зарегулированности стока и испытывают влияние только вышерасположенного каскада плотин (от г. Вогоград). В центральной части поймы отчлененной плотинами (260-635 м), экосистемы существуют в условиях полностью зарегулированного заливания. В прибрежной части прирусловой поймы на участках повышений средней поймы (0-80 м, рис. 5) и бывшей верхней поймы (115-170 м, рис. 5) отмечается существенное снижение жизненности ивовых из *Salix alba* (на средней пойме; г/б оп. № 6/2014/2015/2017[3] – 47° 53' 03.7" с.ш., 46° 11' 01.1"в.д.) и тополевых из *Populus nigra* (на верхней пойме; г/б оп. № 8/2014/2015 – 47° 53' 04.1" с.ш., 46° 10' 56.8" в.д.; г/б оп. № 9/2014 – 47° 53' 16.7" с.ш., 46° 10' 58.0" в.д., р. 5/2014[4], УГВ≥3.5 м) древостоев, которое вызвано заглублением ГВ и сокращением половодья в вегетационный период. Среди негативных характеристик этого процесса отмечается: суховершинность 80-90% деревьев (на 1/3-2/3 ствола сверху), появление сердцевинной гнили у 30-80% древостоев, отсутствие семенного возобновления, очень слабое порослевое возобновление (5%), разреживание сообществ в связи с гибелью и выпадением многих экземпляров деревьев, сокращение сомкнутости крон до 0.1-0.4, сокращение ярусности сообществ (до двух – древесного и травяного).

В исследуемом районе для участков древостоев на выположенных территориях средней поймы в последнее время очень существенным дестабилизирующим фактором становятся нетипичные зимние затопления и повышение зимней межени в многолетнем аспекте. Учитывая существенное потепление, особенно в зимний период (Кузьмина,Трешкин, 2014), а также возможное в связи с этим сокращение промерзания почв, что установлено нами для бассейна Верхней Волги (Кузьмина, Трешкин, 2018), зимние затопления участков низкой и средней поймы (когда стволы деревьев заливаются на период до 1-1.5 зимних месяцев (с января по март) на высоту от 0.3 до 2.75 м) способствуют активизации круглогодичных процессов оглеения в почвах при замедлении процессов их обсыхания, поскольку вслед за зимним затоплением практически сразу, спустя один-два холодных месяца (март, апрель), еще не обсохнув, поймы рассматриваемого района снова подвергаются, теперь уже, весенним затоплениям (с апреля-мая). Поэтому в почвах средних и низких уровней поймы (р. 8, р. 7) модельного участка «Соленое Займище» под тополевым лесом низкой жизненности (г/б оп. № 11/2014/2015/2017 – 47° 52' 50.1" с.ш., 46° 12' 52.9"в.д., р. 8/2015/2017, $УГВ_{2015}$=290 см, $УГВ_{2017}$=141 см) и луговым сообществом (г/б оп. № 12/2014/2015 – 47° 51' 27.5" с.ш., 46° 13' 03.0"в.д., р. 7/2015, $УГВ_{2015}$=150 см, в 2017 г. покрыт водой) были описаны почвы для которых оглеенные в разной степени горизонты в наиболее сухой 2015 год (при полным отсутствии весенне-летних затоплений) встречались уже с поверхности: с глубины 1.5-7 см (в A_d оглеение слабоконтрастное до 10% по фону) и 7-27 см (в A_1 оглеение среднеконтрастное до 35% по фону) для разреза 8 на средней пойме, а также с глубины 0-3 см (в A_0 оглеение слабоконтрастное до 15% по фону) и 3-8 см (в A_1 оглеение слабо- и среднеконтрастное до 40% по фону) для разреза 7 на низкой пойме. При этом, естественно, что в год максимальной водности (2017 г.) более интенсивно оглеенные горизонты в

[3] г/б оп. № 6/2014/2015/2017 – геоботаническое описание № 6, выполненное в 2014, 2015 и 2017 гг.

[4] р. 5/2014 – почвенный разрез № 5, выполненный в 2014 г.

почвах средней поймы встречались уже с самой поверхности – с глубины 0.5-9 см (в A_1 оглеение слабоконтрастное до 50% по фону). В 2017 г. в рассматриваемом разрезе 8 с глубины 9-15 см оглеение слабо- и среднеконтрастное достигало уже 65% по фону, нарастая по силе и интенсивности (80%) до глубины 38 см. После чего, на глубине 38-68 см оглеение начинало спадать до слабоконтрастного в 45% и далее до 35-40% в горизонте 68-76 см. Однако с глубины 77 см оглеение вновь нарастало и становилось среднеконтрастным, местами до сильноконтрастного, особенно в глинистых прослоях толщиной 0.3-0.7 см, часто чередующихся с песчаными в нижележащих горизонтах почвы. До глубины 135 см среднеконтрастное размытое оглеение достигало уже 60-65% по фону. УГВ в 2017 г. в разрезе 8 вскрывался с глубины 141 см. Таким образом, нарастание интенсивности оглеения до глубины 38 см, а затем его падение до глубины 77 см говорит о длительной поверхностной стадии оглеения (т.н. «висячие глеевые горизонты»), связанной с сезонными изменениями. Отсутствие сильновыраженного грунтового оглеения на глубине вскрытия ГВ в 2017 г. указывает на то, что зарегистрированное стояние ГВ не является характерным для данного участка и длится не очень долго. В 2015 г. в этом же модельном разрезе УГВ вскрывался с глубины 290 см, а горизонт грунтового оглеения (сизо-голубого сильноконтрасного до 100% по фону) располагался с глубины 230 см. В то же время, в 2017 г. на низкой пойме разрез 7 был полностью затоплен паводковыми водами еще с зимы, т.е. с января 2017 года.

В рассматриваемом районе тополевые леса, широко распространенные по уровням среднего и высокого уровня поймы, все представлены сообществами слабой жизненности. В качестве наиболее характерного можно рассмотреть уже упоминавшийся ранее тополевник у разреза 8 (г/б оп. № 11), который в 2014 году представлял собой погибающий средневозрастный разреженный древостой высотой 17-25 м, с жизненностью в 2-3 балла (по пятибалльной шкале жизненности; Кузьмина, Трешкин, 2017 а, с. 166), с сомкнутостью крон 0.3, со средним диаметром стволов 47 см (от 25 до 70 см), с очень усеченной редуцированной кроной ($d_{кроны}$=2х3 м) и суховершинностью от 1/5 до 4/5 ствола для всех без исключения 15 еще живых деревьев, рядом с которыми было отмечено 3 полностью усохших экземпляра с диаметрами 19, 27 и 31 см. Помимо этого 30% стволов были поражены сердцевинной гнилью. Сообщество во все годы обследования имело только два яруса – древесный и травяной, последний с очень низкой высотой травостоя (15-20, 25-30 и 20-30 см в 2014, 2015 и 2017 гг.) и малым проективным покрытием (10, 45 и 35% в 2014-2017 гг. соответственно) для такого осветленного леса в середине августа. При этом стравливания или другой прямой антропогенной деятельности на участке не отмечалось. Следует заметить, что к 2017 году на этом модельном участке площадью 20х20 м сохранилось только 9 живых деревьев с суховершинностью от 1/5 до 1/4 ствола. При этом единственное молодое дерево ясеня (*Fraxinus excelsior*) высотой 15 м, диаметром ствола 20 см и с более высокой жизненностью (4-5 балла) за все годы исследований постоянно давало довольно обильные всходы (от 20 штук на всю площадь до 22 штук на 1 м^2) высотой 5-20 см. Однако нигде не было отмечено более высокого подроста ясеня, что связано, скорее всего, с его ежегодной гибелью. Весенне-летнее затопление на данном участке в 2016 году было довольно кратким – до 2-х недель, но на очень значительную высоту – 272 см от поверхности почвы, в то время как в 2017 г. оно было не таким высоким – только 35 см, однако более длительным и продолжалось более 2-х месяцев. Причем в 2015 г. весенне-летних затоплений на этом участке не было совсем. Несмотря на то что доминанты в травяном покрове за три года обследований изменялись незначительно (Ass. 2014. *Populus nigra-Carex melanostachya+Xanthium albinum* → Ass. 2015. *Populus nigra-Elytrigia repens+Carex melanostachya* → Ass. 2017. *Populus nigra-Carex melanostachya*) и лишь в наиболее засушливом 2015 г. к ним добавился пырей, общее видовое разнообразие высших растений в этой экосистеме снизилось заметно – в 1.7 раза (по 26 видов в 2014-2015 гг. и 15 в 2017 г.). Плохое состояние тополевого леса и угнетенное состояние травяного покрова полностью объясняется сильным и постоянным оглеением почв по всему профилю и, особенно, его верхних горизонтов. Известно, что глей токсичен для корневой системы растений и, образуясь в верхних почвенных горизонтах, приводит к ее интоксикации и отмиранию. Это чрезвычайно гибельно сказывается на древесно-кустарниковых видах растений, которые не могут распространять свои корни по самой поверхности почвы, наименее подверженной процессу оглеения. Несмотря на довольно плачевное состояние рассматриваемого тополевника, оценка динамических нарушений в экосистемах при нарушении обводнения по разработанному нами методу (Кузьмина, Трешкин,

2017 а) показала лишь третью (из пяти) – среднюю степень нарушения экосистем. Это означает, что даже при современном состоянии гидротехнических воздействий, связанных с зарегулированием стока реки Волги, состояние данной экосистемы может быть улучшено и стабилизировано за счет проведения локальных гидро- и лесотехнических мероприятий, что для улучшения состояния рассмотренной экосистемы пока еще не нужно изменять гидрологический режим реки. Среди локальных мероприятий может быть и обвалование территории, и организация дополнительного дренажа, для быстрого сброса поверхностных вод, особенно зимой, чтобы осуществить более длительный период обсыхания данного пойменного участка.

Травяные луговые экосистемы часто испытывают даже более сильные нарушения (3-ей и 4-ой степени) по сравнению с древесными. И причина этих нарушений также более тесно связана с зимними затоплениями и повышением уровней и расходов зимней межени. Так, сорнотравно-дурнишниковый луг (г/б оп. № 12/2014-25/2015 – 47° 52' 45.3" с.ш., 46° 13' 31.5"в.д., р. № 7, $УГВ_{2015}$=150 см; Ass. 2014. *Xanthium strumarium+Echinochloa crus-galli+Crypsis schoenoides* → Ass. 2015. *Xanthium strumarium+Crypsis schoenoides+Cuscuta europaea*) в одном из меандровых понижений среднего уровня поймы (соответствует низкой пойме) на модельном участке «Соленое Займище» с вышерассмотренной почвой (р. 7) представлял собой маловидовое сообщество (16 видов в 2014 г. и 10 видов в 2015 г.), с проективным покрытием 80% (2014 г.) и 65% (2015 г.), с полным доминированием только однолетников: дурнишника (cop 2) и куриного просо (cop 2) в 2014 г. и дурнишника (cop 1), скрытницы (cop 2) и повелики (cop 2) в 2015 г. Остальные виды были представлены единично в очень малом обилии. Таким образом, на месте разнообразных многолетних разнотравно-злаковых заливных лугов образуются абсолютно непригодные для сельского хозяйства, однолетние маловидовые сорнотравные сообщества. Это происходит под влиянием зимних сбросов, в результате которых в затопленных понижениях промерзает вода и верхние почвенные горизонты вместе с корневой системой многолетних пойменных трав. После отмирания корневой системы многолетнего разнотравья начинают доминировать однолетники, появляясь из семян с плотной оболочкой (дурнишник, куриное просо), которые не погибли в период зимнего промерзания.

По своему облику рассмотренная луговая экосистема была очень схожа с монодоминантными лугами второго уровня, встреченными нами в поймах полностью зарегулированной реки Саале (Германия), где единственным доминантом являлся *Xanthium albinum*, а почвы с поверхности имели постоянно оглеенные горизонты (Кузьмина, 2007, с. 210 а, фото 5.16). Степень нарушенности луга на модельном участке «Соленое Займище», рассчитанная по разработанному нами методу (Кузьмина, Трешкин, 2017 а), составила уже 4 балла из 5-и возможных. Это означает, что нарушения в данной экосистеме относятся к сильной степени, а улучшение состояния луга возможно только при комплексном использовании как локальных гидро- и лесотехнических мероприятий, так и региональных, а именно, при изменении гидрологического режима реки Волги. Учитывая, что в настоящее время гидрологический режим реки никто не собирается менять, а климатические изменения в совокупности с зимними сбросами будут только способствовать увеличению оглеения по всему профилю почв, можно прогнозировать дальнейшую полную деградацию данной экосистемы.

Комплексная оценка динамических нарушений в экосистемах по биологическим показателям (Кузьмина, Трешкин, 2017), выполненная для 10 модельных площадей за 3-летний период, показала, что на модельном участке «Соленое Займище» древесные сообщества находятся на 2-3 степени нарушений от гидротехнического воздействия, а травяные экосистемы – на 3-4 степени (из пяти возможных). При этом все прирусловые леса и луга верхней и средней поймы, на которые не воздействует локальное гидротехническое воздействие (защитные дамбы), а только региональное зарегулирование стока Волги, относятся к 3-ей ступени нарушений, т.е. их можно восстановить и стабилизировать локальными гидро- и лесотехническими мероприятиями. В то же время леса средних уровней поймы, подверженные локальным гидротехническим мероприятиям, находятся в удовлетворительном состоянии на 2-ой ступени нарушений. Самая трудноразрешимая ситуация складывается с лугами нижнего уровня, которые расположены в меандровых понижениях на средней пойме. Такие луга, как правило, имеют четвертую стадию нарушений, что требует изменения гидрологического режима реки.

Таким образом, в рассмотренном 2-ом геолого-геоморфологическом районе плохое состояние

двух наиболее важных компонентов экосистем – почв и растительности на среднем и нижнем пойменных уровнях (3-4-я степень нарушений) модельного участке «Соленое Займище» полностью объясняется стабилизацией УГВ при подтоплении из-за изменения характера поверхностных затоплений, особенно в зимний период. В то время как повсеместно ухудшенное состояние лугов и лесов верхней поймы (до 3-ей степени нарушений) связано с обсыханием и заглублением УГВ из-за сокращения частоты и длительности весенне-летних затоплений, что сопровождается также поверхностным засолением почв (Кузьмина, Трешкин, 2017 б). На основании осреднения оценок состояния всех 10 модельных площадок рассмотренного экологического профиля ландшафты модельного участка «Соленое займище» (рис. 2 е) следует относить к 3-ей степени нарушений от гидролого-климатических воздействий.

Третий комплексный экологический профиль (рис. 6 а-д), расположенный в Дельте Волги (в 3-ем гидролого-геоморфологическом районе), достаточно подробно был рассмотрен ранее (Кузьмина и др., 2015, с. 46-50, рис. 3). Остановимся лишь на некоторых интересных моментах, связанных с мониторингом и динамикой экосистем, а также направлением общей тенденции изменений ландшафтов в этом районе. Здесь следует отметить, что в годы средней (2014) и минимальной (2015) водности в 3-х модельных разрезах: на верхней пойме (р. 6_{2014}=310 см, р. 6_{2015}=330 см), в центральной части средней поймы (р. 8_{2014}=267 см, р. 8_{2015}=270 см) и на прирусловой пойме второго уровня (р. 7_{2014}=210 см, р. 7_{2015}=210 см) – УГВ почти не различался по глубине, т.е. в межень оставался стабильным. Притом в год редкой максимальной водности (2017) разрез в прирусловой пойме был залит водой так же, как и все понижения на средней и верхней пойме. В то время УГВ в разрезе на верхней пойме составлял 161 см, а в центральной части средней поймы – 65 см. Учитывая площади весенне-летних разливов на разных уровнях поймы модельного участка «Старая Волга» (рис. 6), а также характер почв и повышенное положение основного грунтового глеевого горизонта (на глубине 102 см в прирусловой части и на глубине 173 см в центральной части) для почв средней поймы (Кузьмина и др., 2015), можно утверждать, что во все годы кроме лет с самой максимальной водностью на исследуемом модельном участке наблюдается стабилизация уровня грунтовых вод в вегетационный и меженный период вне зависимости от степени заливания поймы. А в большую часть года УГВ здесь повышен и находится на глубине 1-1.7 м. Такое положение хорошо объясняется с одной стороны подъемом УГВ и подтоплением в пойме и дельте в связи с зимними сбросами и подъемом уровня Каспия, а с другой стороны – повышением испаряемости и увеличением аридизации летом и осенью в связи с ростом температуры воздуха и перераспределением выпадения атмосферных осадков в последнее время (Кузьмина, Трешкин, 2014; Кузьмина и др., 2015 а). Косвенным подтверждением стабилизации УГВ при отсутствии увеличения заливания поймы в данном районе может быть смена основного эдификатора в лесных сообществах средней и низкой поймы с ивы (*Salix alba*) на ясень (*Fraxinis excelsior, F. pennsylvanica*), который хорошо выдерживает постоянно повышенные грунтовые воды, но не так хорошо, как ива, переносит поверхностное заливание. На модельном участке «Старая Волга» (рис. 6 е) повсеместно отмечалась гибель старовозрастных и средневозрастных ивняков и их смена на ясеневые леса как в прирусловой части средних и верхних уровней поймы, так и в центральных частях средней поймы.

Для модельного участка «Старая Волга» комплексная оценка нарушений экосистем и ландшафтов была выполнена на основе 11 таблиц для стольких же модельных площадок (табл.). По результатам трехлетнего мониторинга для всех 11 площадей, относящихся в равных долях к уровням нижней, средней и верхней поймы, лишь две площади с лесными насаждениями, расположенные в центральной части средней поймы, имели 3-ю степень нарушений (из 5-и возможных). Это были тополево-ясеневый с участием вяза лес и разнотравно-ивово-ясеневое разреженное парковое сообщество (табл.). Остальные обследованные лесные и луговые экосистемы имели 2-ю степень нарушений. Правда, при этом следует заметить, что луга верхней поймы, занятые солодковыми и ажрековыми лугами, имеют очень маловидовой состав (от 7 до 18 видов в разные годы), значительные изменения в видовом составе (по приуроченности видов растений к несвойственным экотопам[5], вплоть до 3-ей степени нарушений), слабую вертикальную структуру (обычно 1 ярус, что

[5] Экология видов растений определялась по электронному ресурсу – “Определитель растений on-line. Плантариум” (2018): М – мезофит, К – ксерофит, Г – гигрофит, ГГ – гидрофит.

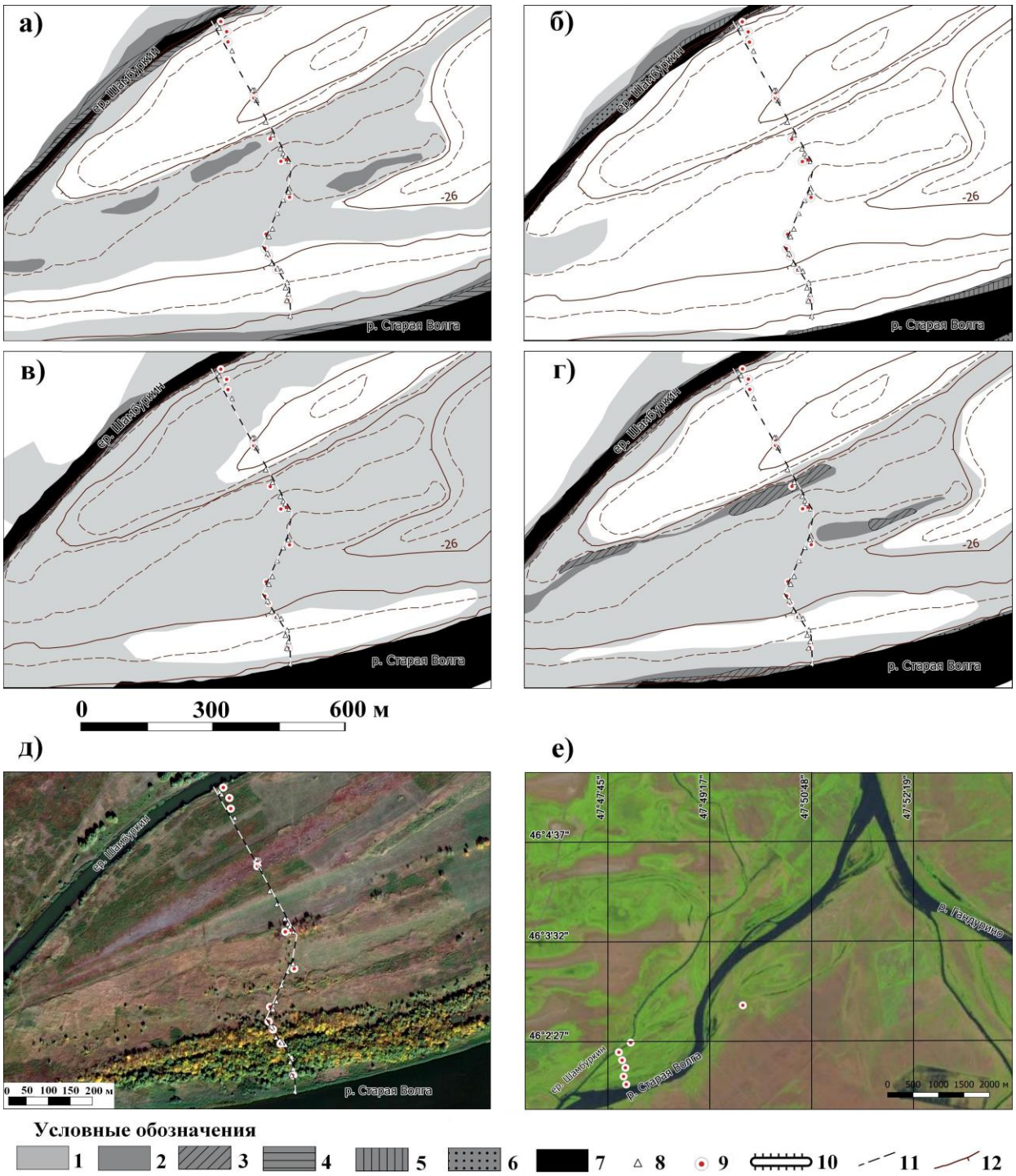

Рис. 6 а, б, в, г, д, е. Расположение экологического профиля «Старая Волга» (д, е) и изменение на нем уровней поверхностного заливания в основной в период исследований: в 2014 (а), 2015 (б), 2016 (в) и 2017 (г) годах в третьем гидролого-геоморфологическом районе – в дельте Волги. *Условные обозначения:* 1-7 – положение поверхностных вод в разные сроки затопления поймы: а) 17.05.2014 (1), 02.06.2014 (2), 04.07.2014 (3), 20.07.2014 (4), 06.09.2014 (5), 22.09.2014 (6), 08.10.2014 (7); б) 20.05.2015 (1), 05.06.2015 (2), 07.07.2015 (3), 23.07.2015 (4), 21.08.2015 (5), 25.09.2015 (6), 02.10.2015 (7); в) 22.05.2016 (1), 23.06.2016 (2), 16.07.2016 (3), 10.08.2016 (4), 04.09.2016 (5), 04.10.2016 (6), 13.10.2016 (7); г) 29.05.2017 (1), 01.07.2017 (2), 28.07.2017 (3), 30.08.2017 (4), 16.09.2017 (5), 06.10.2017 (6), 19.10.2017 (7); 8 – реперные точки; 9 – модельные точки; 10 – дамба; 11 – направление профиля; 12 – горизонтали через 1 м.

Таблица. Расчет степени нарушений на модельной площадке ивово-ясеневого паркового разреженного сообщества в центральной части средней поймы (46° 03' 48.2(48.4)" с.ш., 47° 51' 24.3(24.6)"в.д.) по методу оценки динамических трансформаций в наземных экосистемах и ландшафтах на модельном участке «Старая Волга», расположенном в 3-ем гидролого-геоморфологическом районе – в дельте Волги.

№ вида / качество показателя	Название вида по-латыни	Годы наблюдений (№ г/о)			Эколо-гия видов	Ре-зуль-тат, балл
		2014(4)	2015(37)	2017(32)		
Стабильный	**Ярусность /степень нарушений, балл/**	2 /4/	2 /4/	2 /4/		**4**
Стабильный	**Состав индикаторов и композиция, балл**	2	2	2		**2**
Стабильный	**Качество и количество индикаторов, балл**	2	2	2		**2**
1	*Populus nigra*		(2) ex.		М, Г	
2	*Salix alba*	3 ex.	2+(21) ex.	1 ex.	Г	
3	*Fraxinus excelsior*	8 ex.	8 ex.	2 ex.	М, Г	
4	***Phragmites australis***	sol	sol	sol gr	Г, ГГ	
5	*Carex melanostachya*	sol	cop 1	sol gr	М, Г	
6	*Phalaroides arundinacea*	cop 1	sol	sol gr	М, Г	
7	*Elytrigia repens*	sol	cop 1	cop 2	М	
8	*Althaea officinalis*	sol	sol	sol-Un	М, Г	
9	*Vicia cracca*	sol	sol	sol	М	
10	***Inula britannica***	sol	Un	sol	М	
11	*Asparagus officinalis*	sol	sol	sol gr	К	
12	*Lythrum virgatum*	Un	sol	sol	М, Г	
13	***Cirsium incanum***	sol gr	sol	sol gr	М	
14	*Calamagrostis epigeios*	sol gr		sp	М	
15	*Euphorbia virgata*	sol		sol gr	К, М	
16	*Bolboschoenus maritimus*	Un		sol gr	Г	
17	*Achillea ptarmica*	sol		sol	М, Г	
18	*Glycyrrhiza echinata*		sol	Un	М	
19	*Galium physocarpum*	sol	sp		М, Г	
20	*Convolvulus arvensis*	sol	sol		К, М	
21	*Alopecurus pratensis*	sp gr			М	
22	***Polygonum amphibium***	sol			Г, ГГ	
23	***Equisetum arvense***	sol gr			М	
Промежуточный	*Качество и кол-во индикаторов, кол-во видов*	5	3	3		
24	*Lolium remotum*	sol			К, М	
25	*Stachys sylvatica*	sol			М	
26	*Rumex maritimus*	sol			Г	
27	*Chenopodium rubrum*	sol			К, М	
28	*Plantago media*		Un		К, М	
29	*Erigeron canadensis*		Un		К, М	
30	*Alisma plantago-aquatica*			sol	Г, ГГ	
31	*Butomus umbellatus*			sol-Un	ГГ	
32	*Lithospermum officinale*			sol	К, М	
33	*Galium aparine*			sp gr	М	
34	*Eleocharis palustris*			sp gr	Г, ГГ	
35	*Stachys palustris*			sol	М, Г	
Промежуточный	Экологическое разнообразие, кол-во (%) К	1 (8%)	1 (8%)	1 (8%)	1 (5%)	
Промежуточный	Экологическое разнообразие, кол-во (%) К, М	4 (8%)	3 (14%)	2 (8%)	7 (13%)	
Промежуточный	Экологическое разнообразие, кол-во (%) М	8 (23%)	5 (43%)	7 (27%)	10(38%)	
Промежуточный	Экологическое разнообразие, кол-во (%) М, Г	7 (38%)	7 (29%)	7 (47%)	9 (31%)	
Промежуточный	Экологическое разнообразие, кол-во (%) Г	3 (15%)	1 (7%)	2 (13%)	3 (10%)	
Промежуточный	Экологическое разнообразие, кол-во (%) Г, ГГ	2 (8%)	1 (7%)	3 (13%)	4 (3%)	
Промежуточный	Экологическое разнообразие, кол-во (%) ГГ	-	-	1 (5%)	1 (5%)	
Динамический	**Изменение видового разнообразия по качественному составу видов, в баллах**	3	2	3	*2*	**3**
Промежуточный	*Число постоянных видов, кол-во*	*18*	*18*	*18*		
Промежуточный	*Ежегодный список видов, кол-во*	*25*	*18*	*23*		
Промежуточный	*Постоянные виды ежегодно, %* (<70%)	*72*	*100*	*78*	*83*	
Промежуточный	*Постоянные виды от многолетнего списка, %* (<50%)				*51*	
Динамический	**Флуктуационная изменчивость, балл**					**4**
РЕЗУЛЬТАТ	**СТЕПЕНЬ НАРУШЕННОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ**		**Σ=(4+2+2+3+4)/5=3.0**			**3**

соответствует 4-ой степени нарушений), а также пониженную флуктуационую изменчивость (до 4-ой степени нарушений). И только лишь отсутствие в составе этих луговых сообществ видов растений – индикаторов нарушения обводненности территорий в достаточном количестве и обилии не дает повышения в оценке степени нарушений этих экосистем до 3-ей степени.

Таким образом, установлено, что в целом, ландшафты модельного участка «Старая Волга» (рис. 6 е) имеют вторую степень нарушений от гидро-климатических воздействий, т.е. для восстановления экосистем и поддержания их устойчивого состояния пока здесь требуются локальные гидро- и лесотехнические мероприятия (в основном мелиоративные – по осушению), а также постоянный мониторинг состояния экосистем и ландшафтов.

Выводы

Основными причинами в изменении абиотических компонентов экосистем, влияющих на трансформацию ландшафтов в Низовьях Волги являются:

– сокращение амплитуды колебания расходов воды в годовом цикле за многолетний период в связи со снижением величины весенне-летнего половодья и повышением меженных расходов Волги (в связи с естественными климатическими причинами – увеличением выпадения атмосферных осадков в зимний период на фоне потепления – и антропогенным воздействием – регулированием стока с удержанием воды весной и гидротехническими сбросами, особенно зимой) приводит к сокращению амплитуды колебания уровней грунтовых вод в пойме и стабилизации грунтовых вод в годовом цикле;

– сокращение расходов весенне-летнего половодья в связи с зарегулированием каскадами водохранилищ по всей реке (в ее верхнем и среднем течении) а также в связи с естественным перераспределением выпадения атмосферных осадков в бассейнах Верхней и Средней Волги, отвечающих за формирования стока реки в ее низовьях (сокращение осадков весной при их увеличения зимой, сопровождающееся непрерывным их сбросом из водоразделов в реки на фоне уменьшения периода промерзания почвы и/или его полного отсутствия) приводит к полному стабильному обсыханию участков верхней поймы и трансформации экосистем этого уровня в направлении зонального типа ландшафтообразования;

– повышение расходов зимней межени в многолетнем аспекте за счет климатических причин и гидротехнического регулирования (зимние сбросы) приводит к повышению уровня грунтовых вод в холодный период года, затоплению низких и средних уровней поймы зимой и последующему промерзанию образующихся водных акваторий на пойме, что влечет гибель древостоев и вымерзание типичной многолетней разнотравно-злаковой растительности лугов с образованием на ее месте малоразнообразных, близких к монодоминантным сообществ однолетнего сорнотравья;

– увеличение аридизации летом и осенью в связи с изменением климата способствует активному процессу соленакопления в верхних почвенных горизонтах и образованию солончаков с солончаковой растительностью, вплоть до возникновения сильнозасоленных голых солончаков на верхних и средних уровнях поймы, не заливающихся или редко заливающихся полыми водами Волги;

– повышение уровня Каспия (в связи с естественными причинами) совместно с повышением зимнего меженного стока (в результате естественных и антропогенных причин) приводит в дельте к повышению уровня грунтовых вод, сокращению амплитуды колебания УГВ и их стабилизации в годовом цикле, к интенсификации процессов оглеения почв на всех уровнях поймы (особенно на низком и среднем), к подъему глеевых горизонтов к поверхности, что способствует гибели древесно-кустарниковой растительности, исчезновению разнообразных разнотравно-злаковых лугов из многолетних трав и к возникновению на их месте малоразнообразных и монодоминантных травяных сообществ слабой устойчивости и низкой кормовой ценности, часто из однолетнего сорнотравья.

Оценка нарушений экосистем и ландшафтов от гидро-климатических воздействий по разработанному нами методу (Кузьмина, Трешкин, 2017 а) показала, что в целом, несмотря на выявленные нарушения во всех обследованных экосистемах, состояние ландшафтов в третьем гидролого-геоморфологическом районе – в дельте Волги значительно лучше (2-ая степень нарушений), по сравнению со вторым – центральной частью Волго-Ахтубинской поймы (от пос. Черный Яр до г. Астрахань), где отмечается 3-я степень нарушений (из 5-и возможных).

Благодарности. Сердечную благодарность за помощь в полевых работах в бассейне Нижней Волги авторы выражают: академику РАН К.Н. Кулику, академику РАН В.П. Зволинскому, чл.-корр. РАН В.В. Мелихову, д.с.-х.н. М.Ю. Пучкову и к.с.-х.н. Г.А. Рулеву.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анализ экологических последствий эксплуатации Волгоградского водохранилища для сохранения биоразнообразия основных водно-болотных территорий Нижней Волги. 2010 // Отчет по Проекту ПРООН/ГЭФ 00047701 «Сохранение биоразнообразия водно-болотных угодий Нижней Волги». М. 675 с.

Болгов М.В., Шаталова К.Ю., Горелиц О.В., Землянов И.В. Водно-экологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы // Экосистемы: экология и динамика. 2017. Т. 1. № 3. С. 15-37 [Электронный ресурс http://www.ecosystemsdynamic.ru/stati/ (дата обращения 20.01.2018)].

Водные ресурсы России и их использование. 2008 / Ред. И.А. Шикломанова. СПб: Государственный гидрологический институт. 600 с.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2014. Общее резюме. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). 58 с.

Георгиади А.Н., Милюкова И.П. 2012. Сценарная оценка изменений стока рек Волги и Дона, возможных в первой трети XXI века // Географо-гидрологические исследования. Вопросы географии. Сб. 133. М.: Издательский дом «Кодекс». С. 224-235.

Геосервис Google «Планета Земля». 2018. [Электронный ресурс https://www.google.ru/intl/ru/earth/ (дата обращения 26.01.2018)].

Изменения уровней водохранилищ ГЭС РусГидро. 2018. [Электронный ресурс http://www.volges.rushydro.ru/ (дата обращения 26.01.2018)].

Кривошей В.А. Река Волга (проблемы и решения). 2015. М.: ООО Журнал «РТ». 92 с.

Кузьмина Ж.В. 2007. Воздействие низконапорных гидротехнических сооружений на динамику наземных экосистем зоны широколиственных лесов Центральной и Восточной Европы. Дисс. … докт. геогр. наук … 25.00.36 геоэкология. М. 288 с.+Прил. 36 с.

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.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2017 а. Методика оценки нарушений в наземных экосистемах и ландшафтах в результате климатических и гидрологических изменений // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 3. С. 146-188 [Электронный ресурс http://www.ecosystemsdynamic.ru/stati/ (дата обращения 20.01.2018)].

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2017 б. Динамические изменения наземных экосистем Нижней Волги при зарегулировании // Аридные экосистемы. Т. 23. № 4 (73). С. 24-36.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2017 в. Многолетние изменения основных метеорологических характеристик в зоне южной тайги Европейской части России (бассейн верхней Волги) // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 3 (151). С. 56-65.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2018. Многолетние изменения влажностно-температурного режима в зоне южной тайги Европейской части России (бассейн верхней Волги) // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 1 (153). С. 56-65.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Каримова Т.Ю. 2015. Динамические изменения наземных экосистем поймы и дельты Нижней Волги под влиянием зарегулирования речного стока и климатических флуктуаций // Аридные экосистемы. № 4 (65). С.39-53.

Овчарова А.Ю. 2016. Геоэкологические проблемы Волгоградской геотехногенной системы, вызванные изменением гидрологического режима Волги (в пределах Волгоградской области). Автореферат дисс. … канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону. 26 с.

Определитель растений on-line. Плантариум. 2018. [Электронный ресурс http://www.plantarium.ru/ (дата обращения 26.01.2018)].

Отчет экспертной группы по оценке биоразнообразия. 2002 // Проект ПРООН/ГЭФ «Сохранение биоразнообразия водно-болотных угодий Нижней Волги». 137 с.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008. Техническое резюме. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). 89 с.

Рулев А.С., Шинкаренко С.С., Кошелева О.Ю. 2017. Оценка влияния гидрологического режима Волги на динамику затопления острова Сарпинский // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки Т. 159. Кн. 1. С. 139-151.

Сервис загрузки данных дистанционного зондирования Геологической службы США (U.S. Geological Survey). 2018 [Электронный ресурс https://earthexplorer.usgs.gov (дата обращения 26.01.2018)].

Стратегия и план действий по сохранению биоразнообразия Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. 2009. Проект ПРООН/ГЭФ 00047701. «Сохранение биоразнообразия водно-болотных угодий нижней Волги». М.: ИГ РАН. 63 с.

Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Волга. 2015. Общая характеристика речного бассейна. Кн. 1. 105 с. [Электронный ресурс https://cloud.mail.ru/public/4aeP/HRHTJCqda/(Книга%201).pdf (дата обращения 26.01.2018)].

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 4 (77), с. 19-28

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК: 574.2

ЛАНДШАФТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ПЕРЕХОДЕ ПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕН И ДИНАМИКА АРЕАЛОВ КРУПНЫХ ТРАВОЯДНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ СЕВЕРНОЙ АЗИИ[1]

© 2018 г. И.С. Шереметьев*, С.Б. Розенфельд**

**Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения РАН*
Россия, 690022, г. Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, д. 159. E-mail: sheremetyev@biosoil.ru
***Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: rozenfeldbro@mail.ru

Поступила в редакцию 12.02.2018

Работа посвящена влиянию сокращения степных и тундровых ландшафтов Северной Азии в ходе климатических изменений позднего плейстоцена и голоцена на ареалы крупных травоядных млекопитающих. Оценена связь комплекса видовых характеристик травоядных с их ландшафтной приуроченностью. Установлено, что помимо монгольского дзерена, сайги и овцебыка сократить ареалы во время позднечетвертичных ландшафтных изменений могли снежный баран, предки домашних овец и коз и, вероятно, амурский горал. Расширение ареала у пятнистого оленя можно объяснить сокращением открытых ландшафтов, так же как у связанной исключительно с лесными ландшафтами кабарги. Любые значительные изменения ареалов косули, благородного оленя, северного оленя, лося, кабана, первобытного бизона, мамонта, шерстистого носорога, а также у предковых и, вероятно, родственных форм домашних лошади и коровы 17000-7000 лет назад не могли быть непосредственно обусловленными ландшафтными изменениями, даже если хронологически им соответствуют.

Ключевые слова: ареал, глобальные изменения, местообитание, степь, травоядные, тундра.
DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00031

Ареал – одна из важнейших экологических видовых характеристик, и его сокращение всегда является поводом для природоохранных усилий (Gaston, Fuller, 2009). Однако сокращение, так же как и другие изменения ареалов, – это, скорее, широко распространенное явление, чем аномалия (Матюшкин, 1976). Если ареал вида определен комплексом его адаптаций и, таким образом, географически соответствует реализованной экологической нише (Бигон и др., 1989), то его изменения – закономерное следствие изменений условий среды и/или видовых характеристик. В масштабе экологического времени первые характеризуются высоким уровнем изменчивости, вторые – постоянством.

У крупных травоядных млекопитающих, как у всех видов с важной ролью в экосистемах, изменения границ ареалов видны невооруженным глазом и часто имеют простое объяснение (Данилкин, 1999, 2002, 2005). Фундаментальной задачей становится анализ факторов, определяющих долгосрочные тенденции этих изменений (Шереметьев, Панасенко, 2013). Эта задача в палеоэкологии имеет много общего с выяснением главной причины позднечетвертичных вымираний: последовавшие за климатическими ландшафтные изменения или первобытное истребление (Назаретян, 2010; Sandom et al., 2014; Stuart, 2015). Масштаб истребления легко представить, используя археологические данные, исторические и современные примеры, роль климата и определяемых им ландшафтных условий – очертания современных ареалов (Гептнер и др., 1961; Динесман, Савинецкий, 2003; Данилкин, 1999, 2002, 2005, 2016). Трудно в анализе событий и современности и позднего плейстоцена и голоцена отделить влияние ландшафтных условий от влияния человека (Назаретян, 2010; Шереметьев и др., 2014б; Stuart, 2015). В решении этой проблемы становится актуальной оценка соответствия ландшафтных условий видовым характеристикам

[1] Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН «Биоразнообразие».

крупных травоядных млекопитающих (Насимович, 1955; Гамбарян, 1972; Боескоров, 2012; Боескоров и др., 2016; Boeskorov et al., 2016).

Трансформация условий обитания крупных травоядных млекопитающих в Северной Азии предоставляет возможность выделить две фазы их изменений. В первой, климатогенной, в ходе смягчения и увлажнения климата большая часть ее территории, занятая к окончанию последнего ледникового максимума плейстоцена (около 17000 лет назад) аналогами алтайских и хакасских степей, подверглась лесной экспансии, закончившейся в оптимуме голоцена, который начался примерно 7000 лет назад (Хотинский, 1977; Монин, Шишков, 1979; Красноборов, 1989; Мол, 2008). Во второй, антропогенной, около 6400 лет назад распространилась производящая модель жизнеобеспечения человека, характеризуемая утратой его зависимости от плотности популяций крупных травоядных млекопитающих как основных жертв (Кузьмин, 2005; Черных, 2009). Таким образом, в период 17000-7000 лет назад изменения ареалов крупных травоядных млекопитающих, видовые характеристики которых полностью или в значительной степени соответствуют только одному типу ландшафтов региона, должны быть связаны с ландшафтными изменениями.

Только у нескольких видов крупных травоядных млекопитающих Северной Азии изменения ареала можно изначально объяснить ландшафтными изменениями. Это связанные исключительно с открытыми ландшафтами овцебык *Ovibos moschatus* (тундра), монгольский дзерен *Gazella gutturosa* и сайга *Saiga tatarica* (степи), а также исключительно с лесными – кабарга *Moschus moschiferus* (Гептнер и др., 1961; Данилкин, 2005; Приходько, 2003). Сохранившиеся в диком состоянии пятнистый *Cervus nippon* и благородный *C. elaphus* олени, амурский горал *Nemorhaedus caudatus*, кабан *Sus scrofa*, сибирская косуля *Capreoulus pygargus*, лось *Alces alces* известны преимущественным использованием местообитаний лесных ландшафтов, северный олень *Rangifer tarandus* и снежный баран *Ovis nivicola* – преимущественно открытых (Данилкин, 1999, 2002, 2005). Чем в действительности обусловлен такой выбор местообитаний у этих видов и каким он был до усиления активности человека, неизвестно. Одомашненные овца *Ovis aries*, коза *Capra hircus*, корова *Bos taurus* и лошадь *Equus caballus* в выборе местообитаний подконтрольны человеку (Шереметьев и др., 2014а). С какими ландшафтами они могли быть преимущественно ассоциированы до одомашнивания и сокращения популяций их диких предков, тоже неизвестно. Анализ ландшафтной приуроченности вымерших в Северной Азии в позднем плейстоцене и голоцене первобытного бизона *Bison priscus*, ленской лошади *Equus lenensis*, мамонта *Mammuthus primigenius* и шерстистого носорога *Coelodonta antiquitatis* еще не окончен (Украинцева, 2002; van Geel et al., 2008; Боескоров, 2012; Kirillova et al., 2015; Боескоров и др., 2016; Boeskorov et al., 2016). Оценка влияния позднечетвертичной смены ландшафтов на ареалы этих видов может быть обоснована только результатами независимого и одинакового для всех перечисленных видов комплексного анализа характеристик и их связи с типами ландшафта.

Цель работы – оценить связь видовых характеристик крупных травоядных млекопитающих Северной Азии с ландшафтной приуроченностью и выявить в динамике их ареалов в позднем плейстоцене и голоцене события, непосредственно обусловленные ландшафтными изменениями. Мы предполагаем, что у большинства видов нет сочетания характеристик, определяющего приуроченность только к одному типу ландшафта.

Материалы и методы

Источники данных. В анализе динамики ареалов и видовых характеристик травоядных, связываемых с их ландшафтной приуроченностью, использованы данные работ К.К. Флерова (1979), А.А. Насимовича (1955), В.Г. Гептнера с соавторами (1961), J.S. Tener (1965), Т.Б. Саблиной (1970), П.П. Гамбаряна (1972), Е.Н. Матюшкина (1972), S. Sisson с соавторами (1975), Н.К. Верещагина и Г.Ф. Барышникова (Верещагин, 1977; Верещагин, Барышников, 1980; Vereshchagin, Baryshnikov, 1992), J.D. McKendrick (1981), К. Долейш (1987), M.M.S. Smuts и A.J. Benzuidenhout (1987), S.J. Park (1988), I.J. Gordon и H.H.T Prins (2008), J. Shoshani (1994), Ch.T. Robbins с соавторами (1995), Б.Д. Абатурова с соавторами (2005), А.А. Данилкина (1999, 2002, 2005, 2016), Y.-S. Quo и H.-Z. Zhenq (2000), Г.Г. Боескорова с соавторами (Боескоров и др., 2012, 2016; Boeskorov et al., 2016), В.И. Приходько (2003), M. Clauss с соавторами (2003, 2008), H.O. Sanon с соавторами (2007), D.R. McCullough с соавторами (2009), J. Nagata (2009), И.С. Шереметьева и В.Е. Панасенко (2013), G.A. Feldhamer с соавторами (2015), I. Kirillova с соавторами (2015), а также сайтов «The Form

Gestures of Animals» (2014) и «Следы животных» (2016) и ГОСТ 5408-77 (1980).

Отбор характеристик. Список характеристик определен основными ландшафтными различиями в условиях обитания травоядных. Особенности степных местообитаний: недостаток воды (открытые источники, осадки, в т.ч. в виде снега), плотный грунт, низкое качество кормовой растительности и связанная с ним необходимость в ежедневных и дальних сезонных перемещениях в поисках корма, а также недостаток укрытий в связи с хорошей видимостью на дальние расстояния и в основном сглаженным рельефом (Мильков, Гвоздецкий, 1975; Holechek, 1984; Абатуров и др., 2005; Gordon, Prins, 2008; Шереметьев и др., 2017). Тундровые условия отличаются холодным климатом больше, чем недостатком воды. Монгольский дзерен и сайга в наибольшей мере адаптированы к степным условиям и, как не использующие лесных местообитаний виды, характеризуются: минимальной потребностью в воде, неизбирательным питанием (грэйзинг), малой опорной площадью конечностей, способностью к продолжительному скоростному бегу, хорошим зрением по сравнению со слухом и обонянием, высокой степенью социальности и дальними суточными и сезонными перемещениями (Гептнер и др., 1961; Абатуров и др., 2005; Данилкин, 2005; Шереметьев и др., 2014а, 2017). Выгода способности крупных травоядных к неизбирательному питанию оборачивается замедлением пищеварения, которое благоприятствует метаболизму метаногенных бактерий в больших объемах пищевого комка (Clauss et al., 2003, 2008). Это определяет еще одну черту степного травоядного, характерную и для монгольского дзерена и для сайги – относительно небольшой размер. Характеристики исключительно тундрового овцебыка во многом аналогичны, за исключением относительно крупного размера как адаптации, но не к недостатку воды, а к низким температурам. Условия обитания лесных травоядных соответствуют в основном противоположным адаптациям, большинство которых выражено у кабарги (Гептнер и др., 1961; Приходько, 2003). Всего проанализировано 14 характеристик травоядных и 2 индекса (табл. 1, 2).

Таблица 1. Метрические характеристики и индексы крупных травоядных млекопитающих Северной Азии.

Виды		Характеристики					
		Размер тела (высота, см)	**Длина следа (см)**	**Длина уха (см)**	**Длина следа/ размер тела, %**	**Длина уха/ размер тела, %**	**Максимальные скопления (сотен особей)**
1	Сайга	83	6	8	7.2	9.6	250
2	Монгольский дзерен	82	5	12	6.1	14.6	100
3	Снежный баран	104	7	10	6.7	9.6	0.72
4	Коза/овца	100	6	11	6	11	0.5*
5	Лошадь	180	12	14	6.7	7.8	0.15*
6	Овцебык	152	14.5	15	9.5	9.9	1
7	Бизон (зубр)	210	13	18	6.2	8.6	0.7
8	Корова	200	11.5	15.2	5.8	7.6	0.5
9	Мамонт	280	44	38	15.7	13.6	–**
10	Шерстистый носорог	200	18.5	12	9.3	6	–
11	Северный олень	141	15	17	10.6	12.1	10
12	Косуля	90	5	14.2	5.6	15.8	0.31
13	Амурский горал	81	6	17	7.4	21	0.16
14	Лось	221	25	28	11.3	12.7	0.1
15	Пятнистый олень	119	7	18.6	5.9	15.6	0.35
16	Благородный олень	150	8	22	5.3	14.7	0.22
17	Кабан	93	15	12	16.1	12.9	1
18	Кабарга	60	7.3	9.8	12.1	16.3	0.04

Примечания к таблице 1: 0.5* – размер скоплений определяется человеком и может быть существенно больше, –** – нет данных.

Таблица 2. Категориальные характеристики крупных травоядных млекопитающих Северной Азии.

	Виды	Характеристики									
		Зрение*	**Слух**	**Обоняние**	**Нагрузка конечности на субстрат**	**Сезонные перемещения**	**Суточные перемещения**	**Трофическая стратегия**	**Потребность в воде**	**Тип механики бега**	**Рельеф местообитаний**
1	Сайга	1	2	2	2	1	1	1	3	1	1
2	Монгольский дзерен	1	2	2	2	1	1	1	3	1	1
3	Снежный баран	1	1	2	2	1	1	2	2	3	3
4	Коза/овца	1	1	2	2	1	1	2	2	3	3
5	Лошадь	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2
6	Овцебык	1	2	2	2	1	1	2	2	4	2
7	Бизон (зубр)	2	1	1	2	2	1	2	1	4	2
8	Корова	2	1	1	2	2	1	1	1	4	2
9	Мамонт	2	1	1	1	–**	–	2	1	5	–
10	Шерстистый носорог	2	1	1	2	–	–	2	1	6	–
11	Северный олень	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2
12	Косуля	2	1	1	2	1	2	3	2	2	2
13	Амурский горал	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
14	Лось	2	1	1	1	2	1	2	1	2	2
15	Пятнистый олень	2	1	1	2	2	2	3	1	2	2
16	Благородный олень	2	1	1	1	2	2	3	1	2	2
17	Кабан	2	1	1	1	2	1	4	1	6	2
18	Кабарга	2	1	1	1	2	2	3	2	2	3

Примечания к таблице 2: Зрение*– хорошее (1), слабое (2); слух – хороший (1), слабый (2); обоняние – хорошее (1), слабое (2); нагрузка конечности на субстрат – малая (1), большая (2); сезонные и суточные перемещения – выражены (1), не выражены (2); трофическая стратегия – грэйзер (1), миксфидер (2), браузер (3), всеядный (4); потребность в воде – большая (1), умеренная (2), малая (3); тип механики бега – скоростной (1), прыжково-скоростной (2), прыжковый (3), полутяжелый (4), тяжелый (5), таранный (6); рельеф местообитаний – равнинный (1), неопределенный (2), горный (3); –** – нет данных.

Предварительный анализ и категоризация характеристик. В основе схемы оценки видовых характеристик лежат принципы оценки ландшафтной приуроченности вымерших травоядных Г.Г. Боескорова с соавторами (Боескоров, 2012; Боескоров и др., 2016), при недостатке параметров использовавших аналоги характеристик современных родственных форм. UPGMA-классификация[2] и дискриминантный анализ в оценке ландшафтного распределения рассмотренных видов потребовали категоризации нескольких исходно качественных видовых характеристик (Резников, 1976).

Характеристики, представленные двумя основными категориями, интерпретированы следующим образом.

– Чем меньше нагрузка конечностей на субстрат, тем выше способность передвигаться по рыхлому снегу, относительно влажному лесному грунту и т.п. Дополнительно характеризуется

[2] Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages или подвид иерархического кластерного анализа – метод невзвешенного попарного среднего.

длиной отпечатка следа (см) и ее отношением к росту (%).

– Чем более развиты слух и/или обоняние относительно зрения, тем выше способность ориентироваться в условиях плохой видимости, создаваемых лесной растительностью. Относительно хорошо развитое зрение – преимущество в условиях открытых ландшафтов. Развитие слуха дополнительно характеризуется длиной уха (см) и ее отношением к росту (%).

– Чем интенсивнее суточные и дальние сезонные перемещения, тем выше эффективность поиска корма, жизненно важная в условиях открытых ландшафтов.

– Трофические стратегии: грэйзинг – ставка на количество и эффективное использование корма с большой долей трудно усваиваемых веществ (травянистые преимущественно однодольные растения), характерных для открытых ландшафтов; браузинг – избирательность в соответствии с кормовыми качествами, выраженная в преимущественном питании сочными листьями, молодыми побегами деревьев и кустарников и двудольными травянистыми растениями лесных ландшафтов. Грэйзинг ассоциирован чаще всего с переднекишечной ферментацией (развитый дифференцированный желудок) и его эффективность возрастает с уменьшением размера травоядного из-за метаногенных бактерий. Браузинг ассоциирован с заднекишечной ферментацией (развитый аппендикс), исключая лошадей. Промежуточные варианты выделены в категорию микфидеров, всеядность кабана – вне этого распределения.

– Потребность в воде варьирует от гибели без доступа к воде (пятнистый олень в зимний период) до удовлетворения потребностей в ней за счет влаги, содержащейся в растениях и/или росе (монгольский дзерен). Промежуточные варианты – в отдельной категории.

– Равнинный рельеф местообитаний опосредованно ассоциирован с приуроченностью к открытым ландшафтам у сайги и монгольского дзерена, горный – с приуроченностью к лесным ландшафтам у кабарги. Общая связь приуроченности к типу рельефа с приуроченностью к лесным или открытым ландшафтам еще требует статистической проверки и у многих видов представлена отдельной категорией.

Интерпретация метрических характеристик приведена ниже.

– Чем больше размер тела при наземном образе жизни, тем больше доступность побегов деревьев и кустарников, больше переносимая глубина снежного покрова и, вероятно, способность активно противостоять хищникам. Всё это атрибуты лесных местообитаний. Соотношение по размеру целесообразно характеризовать ростом (высота в холке, см).

– Чем выше степень социальности травоядных, основанной на прямых контактах, тем больше возможность избежать преследования в открытых ландшафтах. Возможность контактировать и безопасность скоплений в условиях лесных ландшафтов намного меньше. Степень социальности характеризуется числом особей в скоплениях максимального размера.

Из пяти типов механики бега травоядных, определенных их морфологическими особенностями, условиям открытых ландшафтов в наибольшей степени соответствует скоростной тип, меньше – полутяжелый. Условиям лесных ландшафтов соответствует прыжково-скоростной тип механики бега. Прыжковый тип соответствует горно-скальным местообитаниям вне зависимости от типа ландшафта, а тяжелый и таранный вряд ли могут непосредственно определять ландшафтную приуроченность.

Статистика. Сущность механизма комплексной формализации различий травоядных представлена соотношением видов по характеристикам, связанным с трофической стратегией (рис. 1). Первая часть анализа – UPGMA-классификация травоядных, связанных исключительно с открытыми и лесными ландшафтами, и других современных и неодомашненных видов. Вторая – оценка вклада видовых характеристик в эту классификацию и группирование на основании наиболее значимых из них вымерших и одомашненных видов. Все расчеты выполнены с использованием программы Statistica 10 (Statsoft Inc., 2011).

Результаты

На первом уровне ветвления UPGMA-дерева интерес в первую очередь представляет подкластер, объединяющий всех травоядных, ассоциированных исключительно с открытыми ландшафтами (рис. 2). Его можно считать *группой открытых ландшафтов*, к которой из оставшихся видов по представленным характеристикам наиболее близок снежный баран. Восемь видов, объединенных во втором подкластере, вряд ли можно рассматривать в качестве *группы лесных ландшафтов* из-за

большого разнообразия по метрическим и категориальным характеристикам (табл. 1, 2) и разнообразия типов используемых ими местообитаний. Увеличение степени ассоциации с лесными ландшафтами в этой группе можно условно выразить дистанцией до кабарги, к которой в пространстве представленных характеристик наиболее близки настоящие олени (рис. 2).

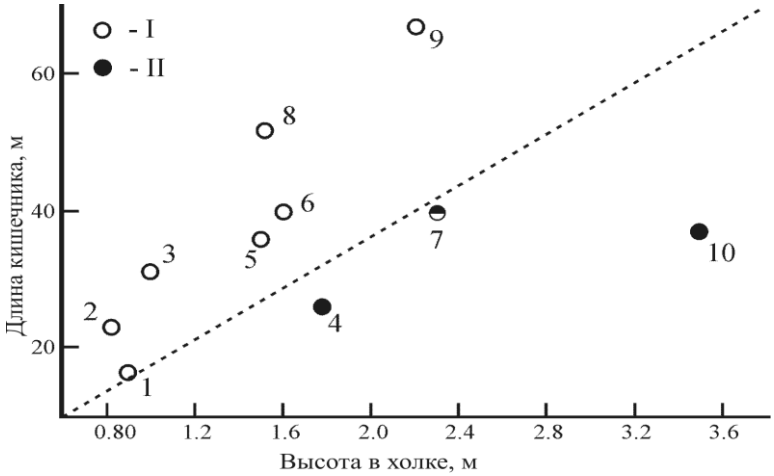

Рис. 1. Длина кишечника, высота в холке и тип ферментации у некоторых представителей круп-ных травоядных млеко-питающих. *Условные обозна-чения:* I – переднекишечная ферментация, II – заднекишечная ферментация; 1 – косуля, 2 – монгольский дзерен, 3 – овца/коза, 4 – лошадь, 5 – благородный олень, 6 – корова, 7 – верблюд, 8 – овцебык, 9 – лось, 10 – азиатский слон.

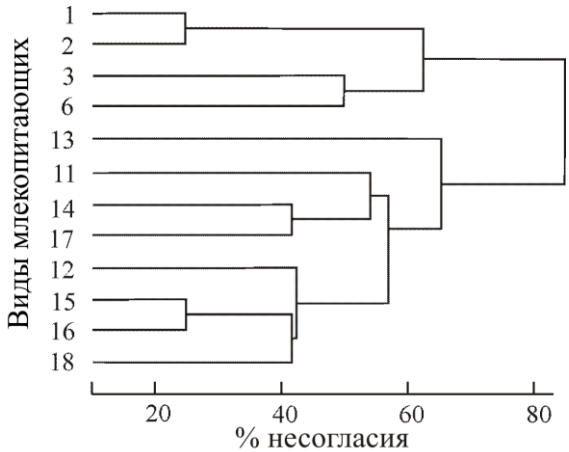

Рис. 2. UPGMA-классификация современных неодо-машненных крупных травоядных млекопитающих Северной Азии (1-3, 6, 11-18) на основании характеристик таблиц 1 и 2. Цифровые обозначения видов травоядных соответствуют нумерации в таблицах 1 и 2.

Отсутствующие у вымерших видов значения метрических и категориальных характеристик (табл. 1, 2) не входят в список тех 11, которые вносят наибольший вклад в величину первых двух канонических переменных (табл. 3). В пространстве первых двух канонических переменных к видам группы открытых ландшафтов ближе всего коза и овца, а к кабарге, как и в UPGMA-классификации – настоящие олени (рис. 3). Остальные 10 видов, сгруппированные компактно, определенно нельзя связать как с группой открытых ландшафтов, так и с кабаргой.

Обсуждение

В строгом соответствии с представленным анализом очень ограниченный список видов, ассоциированных исключительно с лесными (кабарга) или с открытыми ландшафтами (монгольский дзерен, сайга, овцебык), не может быть дополнен. Шерстистый носорог и мамонт, составляющие основу традиционно связываемой с открытыми ландшафтами *мамонтовой фауны* (Vereshchagin, Baryshnikov, 1992; Тихонов, 2005; Боескоров, 2012; Боескоров и др., 2016), характеризуются теми же морфофизиологическими особенностями пищеварительного тракта, что и современные слоны и носороги (Clauss et al., 2003, 2008; Gordon, Prins, 2008). Их заднекишечная ферментация и размер, даже при отсутствии данных по длине кишечника, определяют трофические стратегии этих видов как браузинг (рис. 1). Это и относительно небольшая опорная нагрузка конечностей связывает мамонта и шерстистого носорога больше с лесными, а не с открытыми ландшафтами, как считает Г.Г. Боескоров

с соавторами (Боескоров, 2012; Боескоров и др., 2016). Классическое представление о грэйзинге лошадей (Gordon, Prins, 2008) может быть следствием деградации используемых для них степных пастбищ (Шереметьев и др., 2017), тогда как в действительности их размер и заднекишечная ферментация тоже соответствуют трофической стратегии браузинга (рис. 1; Clauss et al., 2003).

Таблица 3. Стандартизационные коэффициенты для первых двух дискриминантных функций F1 и F2 (рис. 3).

Характеристики крупных травоядных млекопитающих	Переменные	
	F1	**F2**
Размер тела (см)	-5.4	-0. 57
Длина следа (см)	-3.35	4.8
Зрение	-0.91	0.18
Трофическая стратегия	-0.32	-0.07
Потребность в воде	1.9	-1.97
Тип механики бега	1.48	-0.54
Длина следа / размер тела (%)	1.84	-3.13
Длина уха / размер тела (%)	-5.5	2.21
Нагрузка конечности на субстрат	1.3	-1.22
Длина уха (см)	8.1	-4.1
Обоняние	-1.9	-0.4
Собственное значение	52.13	4.35
Кумулятивная доля	0.92	1

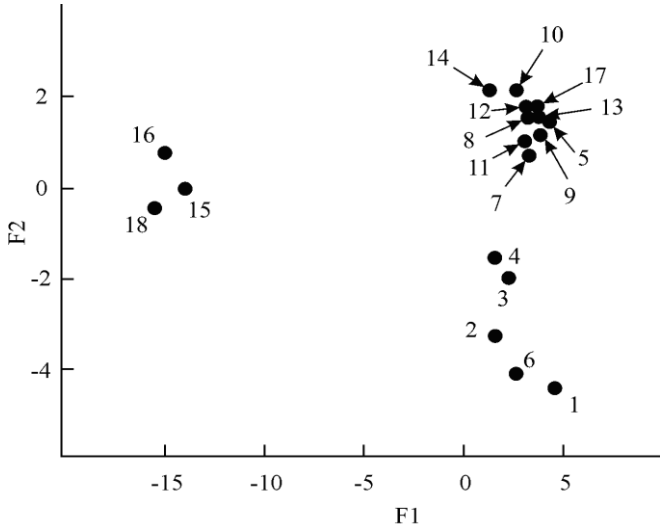

Рис. 3. Распределение крупных травоядных млекопитающих Северной Азии (1-18) в пространстве первых двух дискриминантных функций F1 и F2 на основании наиболее значимых характеристик (табл. 3). Цифровые обозначения видов травоядных соответствуют нумерации в таблицах 1 и 2.

И еще одним аргументом против их безоговорочной ассоциации с открытыми ландшафтами является более позднее (XIX в.) вымирание лесного тарпана (Гептнер и др., 1961). В содержании лошадей и остальных одомашненных видов успешно используются пастбища как открытых, так и лесных ландшафтов, причем коза обычно классифицируется среди одомашненных видов как браузер, несмотря на относительно небольшой размер и тип кишечной ферментации (Clauss et al., 2003; Gordon, Prins, 2008). Бизоны только по отдельным характеристикам могут быть ассоциированы с открытыми ландшафтами, а в комплексном анализе в той же мере, что и лошади, не могут характеризоваться ландшафтной приуроченностью (рис. 1). Так же, как у лошадей, у бизонов более поздним считается лесной экотип (Данилкин, 2005). Все остальные виды, которых по распределению в пространстве первых двух канонических переменных нельзя отнести к травоядным открытых или лесных ландшафтов, не обнаруживают ландшафтной исключительности в использовании местообитаний. В особенности это характерно для телеметакарпальных оленей (Данилкин, 1999) и

амурского горала, которого Е.Н. Матюшкин (1972) относит к горно-скальным видам вне зависимости от облесения. Настоящие олени и в выборе местообитаний, и по представленным характеристикам могут считаться видами, только преимущественно ассоциированными с лесными ландшафтами. Так же преимущественно ассоциированными с открытыми ландшафтами можно считать овцу, козу и снежного барана. Приходится констатировать, что комплекс представленных характеристик крупных травоядных млекопитающих Северной Азии, за исключением характеристик монгольского дзерена, сайги, овцебыка и кабарги, – а у современных видов и спектр типов местообитаний, – не характеризуется ландшафтной определенностью и на сокращение или расширение их ареалов непосредственно повлиять смена открытых ландшафтов лесными не могла.

Реконструкция позднечетвертичной динамики ареалов крупных травоядных Северной Азии с использованием этих данных выглядит следующим образом. В фазе наиболее интенсивных ландшафтных изменений (17000-7000 лет назад) сокращение ареалов началось у сайги, монгольского дзерена и овцебыка, характеристики которых перестали соответствовать условиям обитания на большей части прежних ареалов. Ареалы снежного барана и амурского горала в это время скорее фрагментировались, чем сокращались, благодаря характеристикам, определяющим возможность использования горно-скальных местообитаний. С ландшафтными изменениями могла быть связана и динамика ареалов основных предковых форм домашних овец и коз, если бы они изначально не располагались в более южных и континентальных районах и не были расширены человеком, вероятно, еще до начала оптимума голоцена. Более позднее сокращение ареалов этих видов, в том числе вымирание овцебыка в тундрах Евразии около 3000 лет назад, не может быть объяснено ландшафтными изменениями. Существенное расширение ареала кабарги в Северной Азии хронологически соответствует фазе наиболее интенсивных ландшафтных изменений и объяснимо соответствием ее характеристик новым ландшафтным условиям. Соответствие им характеристик пятнистого оленя меньше, а характеристики кабана, можно сказать, мало соответствуют новым условиям, но расширение их ареалов происходило в это же время. Вероятно, для объяснения динамики ареала кабана изменением ландшафтных условий после окончания последнего ледникового максимума список его характеристик требуется расширить. Динамику ареалов всех остальных видов в это время, в том числе вымирание мамонта в континентальной части Северной Азии, первобытного бизона и шерстистого носорога, нельзя объяснить несоответствием их видовых характеристик новым условиям. Поскольку не у всех видов ареалы в период 17000-7000 лет назад сокращались, а независимое от плотности популяций истребление травоядных человеком началось позже, можно заключить, что на динамику ареалов большинства видов в это время оказывали влияние другие факторы, которые могут быть косвенно связаны с ландшафтными изменениями.

Выводы

1. Анализ представленных видовых характеристик крупных травоядных млекопитающих позволяет в качестве преимущественно ассоциированных с открытыми ландшафтами видов рассматривать снежного барана, домашних овец и коз. Так же как связанные исключительно с открытыми ландшафтами монгольский дзерен, сайга и овцебык, снежный баран и предки домашних овец и коз могли сократить ареалы во время позднечетвертичных ландшафтных изменений. Аналогичный вывод может быть сделан по ареалу амурского горала с учетом его отдельных характеристик.

2. По сочетанию представленных характеристик пятнистого и благородного оленей можно рассматривать как виды, ассоциированные преимущественно с лесными ландшафтами. Расширение ареала пятнистого оленя можно отнести за счет сокращения открытых ландшафтов, так же как у кабарги.

3. Косуля, северный олень, лось, кабан, лошадь, корова, первобытный бизон, мамонт и шерстистый носорог по сочетанию проанализированных характеристик не могут характеризоваться строгой ландшафтной приуроченностью. Любые значительные изменения их ареалов в период 17000-7000 лет назад не могли быть непосредственно обусловленными ландшафтными изменениями, даже если хронологически им соответствуют.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абатуров Б.Д., Ларионов К.О., Колесников М.П., Никонова О.А. 2005. Состояние и обеспеченность сайгаков

(*Saiga tatarica*) кормом на пастбищах с растительностью разных типов // Зоологический журнал. Т. 84. № 3. С. 377-390.

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. 1989. Экология. Особи, популяции и сообщества. М.: Мир, 1989. Т. 2. 477 с.

Боескоров Г.Г. 2012. Некоторые морфологические и экологические особенности ископаемого шерстистого носорога *Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach 1799) // Зоологический журнал. Т. 91. № 2. С. 219-235.

Боескоров Г.Г., Мащенко Е.Н., Плотников В.В., Щелчкова М.В., Протопопов А.В., Соломонов Н.Г. 2016. Адаптации шерстистого мамонта *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799) к условиям обитания в ледниковом периоде // Сибирский зоологический журнал. № 5. С. 661-672.

Верещагин Н.К. Барышников Г.Ф. 1980. Ареалы копытных фауны СССР в антропогене // Труды Зоологического института АН СССР. Т. 93. Ленинград. С. 3-20.

Верещагин Н.К. 1977. Гибель мамонтовой фауны в плейстоцене // Природа. № 9. С. 90-95.

Гамбарян П.П. 1972. Бег млекопитающих. Л.: Наука. 334 с.

Гептнер В.Г., Насимович А.А., Банников А.Г. 1961. Млекопитающие Советского Союза. М.: Высшая школа. Т. 1. 776 с.

ГОСТ 5408-77. 1980. Подковы конные: технические условия. М.: ГК СССР. 9 с.

Данилкин А.А. 1999. Оленьи. М.: ГЕОС. 552 с.

Данилкин А.А. 2002. Свиные. М.: ГЕОС. 309 с.

Данилкин А.А. 2005. Полорогие. М.: КМК. 550 с.

Данилкин А.А. 2016. Охота, охотничье хозяйство и биоразнообразие. М.: КМК. 250 с.

Динесман Л.Г., Савинецкий А.Б. 2003. Количественный учет костей в культурных слоях древних поселений людей // Новейшие археозоологические исследования в России. М.: Языки славянской культуры. С. 34-56.

Долейш К. 1987. Следы зверей и птиц. М.: Агропромиздат. 224 с.

Красноборов И.М. 1989. О «тундростепях» на юге Средней Сибири // Растительный покров высокогорий: сборник научных трудов. Л.: Наука. С. 131-136.

Кузьмин Я.В. 2005. Геохронология и палеосреда позднего палеолита и неолита умеренного пояса Восточной Азии. Владивосток: ТИГ ДВО РАН. 282 с.

Матюшкин Е.Н. 1972. «Смешанность» териофауны уссурийского края: ее общие черты, исторические корни и современные проявления в сообществах среднего Сихотэ-Алиня // Исследования по фауне Советского союза (Млекопитающие). М.: Изд-во МГУ. Т. 13. С. 86-144.

Матюшкин Е.Н. 1976. Европейско-Восточноазиатский разрыв ареалов наземных позвоночных // Зоологический журнал. Т. 55. № 9. С. 1277-1291.

Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. 1975. Физическая география СССР. М.: Мысль. 448 с.

Мол И. 2008. Определение временных интервалов. Изменение климата и ландшафтов Европы в последнее оледенение; обзор данных // Эволюция экосистем Европы при переходе от плейстоцена к голоцену (24-8 тыс. л. н.). М.: КМК. С. 73-90.

Монин А.С., Шишков Ю.А. 1979. История климата/ Л.: Гидрометеоиздат. 406 с.

Назаретян А.П. 2010. О пользе междисциплинарности, или: Отчего же вымерла мегафауна плейстоцена? // Биосфера. Т. 2. № 2. С. 312-320.

Насимович А.А. 1955. Роль режима снежного покрова в жизни копытных животных на территории СССР. М.: АН СССР. 401 с.

Приходько В.И. 2003. Кабарга. М.: ГЕОС. 443 с.

Резников А.П. 1976. Обработка накопленной информации в затрудненных условиях. М.: Наука. 244 с.

Саблина Т.Б. 1970. Эволюция пищеварительной системы оленей. М.: Наука. 248 с.

Следы животных. 2016. [Электронный ресурс http://www.osledah.ru (дата обращения 11.01.2018)].

Тихонов А.Н. 2005. Мамонт. М.-СПб.: КМК. 90 с.

Украинцева В.В. 2002. Растительность и климат Сибири эпохи мамонта. Красноярск: МПР РФ. 192 с.

Флеров К.К. 1979. Род Bison Hamilton Smith, 1827 // Зубр. Морфология, систематика, эволюция, экология. М.: Наука. С. 14-48.

Хотинский Н.А. 1977. Голоцен Северной Евразии: Опыт трансконтинентальной корреляции этапов развития растительности и климата. М.: Наука. 200 с.

Шереметьев И.С., Панасенко В.Е. 2013. Тенденции изменения ареалов копытных на юге Дальнего Востока (плейстоцен–современность) // Вестник ДВО РАН. № 2. С. 41-46.

Шереметьев И.С., Розенфельд С.Б., Дмитриев И.А., Лувсандорж Ж., Санда Э.-А. 2014а. Распределение трофических ресурсов среди крупных травоядных восточной Монголии в летний период // Сибирский экологический журнал. Т. 7. № 5. С. 579-586.

Шереметьев И.С., Розенфельд С.Б., Сипко Т.П, Груздев А.Р. 2014б. Вымирание крупных травоядных млекопитающих: нишевые параметры сосуществующих в изоляции овцебыка *Ovibos moschatus* и северного оленя *Rangifer tarandus* // Журнал общей биологии. Т. 75. № 1. С. 62-73.

Шереметьев И.С., Петруненко Е.А., Кислов Д.В., Розенфельд С.Б., Дмитриев И.А., Лувсандорж Ж., Сандаг Э.-А. 2017. Трофическая избирательность крупных травоядных Восточной Монголии // Сибирский

экологический журнал. №. 1. С. 21-32.

Черных Е.Н. 2009. Степной пояс Евразии: Феномен кочевых культур. М.: Рукописные памятники Древней Руси. 624 с.

Boeskorov G.G., Potapova O.R., Protopopov A.V, Plotnikov V.V., Agenbroad L.D., Kirikov K.S., Pavlov I.S., Shchelchkova M.V., Belolyubskii I.N., Tomshin M.D., Kowalczyk R., Davydov S.P., Kolesov S.D., Tikhonov A.N., van der Plichti J. 2016. The Yukagir Bison: The Exterior Morphology of a Complete Frozen Mummy of the Extinct Steppe Bison *Bison priscus* from the Early Holocene of Northern Yakutia, Russia // Quaternary International. Vol. 406. P. 94-110.

Clauss M., Kaiser T., Hummel J. 2008. Morphophysiological Adaptation of Browsing and Grazing Mammals // The Ecology of Browsing and Grazing. Berlin: Springer. Vol. 195. P. 47-88.

Clauss M., Frey R., Kiefer B., Lechner-Doll M., Loehlein W., Polster C., Rössner G.E., Streich W.J. 2003. The Maximum Attainable Body Size of Herbivorous Mammals: Morphophysiological Constraints on Foregut, and Adaptations of Hindgut Fermenters // Oecologia. Vol. 136. P. 14-27.

Feldhamer G.A., Drickamer L.C., Vessey S.H., Merritt J.F., Krajewski C. 2015. Mammalogy: Adaptation, Diversity and Ecology. Baltimore: University Press. 768 p.

Gaston K.J., Fuller R.A. 2009. The Sizes of Species' Geographic Ranges // Journal of Applied Ecology. Vol. 46. P. 1-9.

Gordon I.J., Prins H.H.T. 2008. Introduction: Grazers and Browsers in a Changing World // The Ecology of Browsing and Grazing. Berlin: Springer. Vol. 195. P. 1-20.

Holechek J. 1984. Comparative Contribution of Grasses, Forbs, and Shrubs to the Nutrition of Range Ungulates // Rangelands. Vol. 6. № 6. P. 261-263.

Kirillova I.V., Zanina O.G., Chernova O.F., Lapteva E.G., Trofimova S.S., Lebedev V.S., Tiunov A.V., Soares A.E.R., Shidlovskiy F.K., Shapirof B. 2015. An Ancient Bison from the Mouth of the Rauchua River (Chukotka, Russia) // Quaternary Research. Vol. 84. P. 232-245.

McCullough D.R., Jiang Z-G., Li C-W. 2009. Sika Deer in Mainland China // Sika Deer. New York: Springer. P. 521-539.

McKendrick J.D. 1981. Response of Arctic Tundra to Intensive Muskox Grazing // Agroborealis. Vol. 13. P. 49-65.

Nagata J. 2009. *Cervus nippon* Temminck, 1838 // The Wild Mammals of Japan. Kyoto: Shoukadoh Book Sellers. P. 296-312.

Park S.J. 1988. The Palaeoenvironment Changes and Macromammal Evolution during the Pleistocene in East Asia // Korean Journal of Quaternary Researches. Vol. 2. P. 51-86.

Quo Y.-S., Zhenq H.-Z. 2000. On the Geological Distribution, Taxonomic Status of Species and Evolutionary History of Sika Deer in China // Acta Theriologica Sinica. Vol. 20. P. 168-179.

Robbins Ch.T., Spalinger D.E., Wouter van Hoven W. 1995. Adaptation of Ruminants to Browse and Grass Diets: are Anatomical-Based Browser-Grazer Interpretations Valid? // Oecologia. Vol. 103. № 2. P. 208-213.

Sandom C., Faurby S., Sandel B., Svenning J.-C. 2014. Global Late Quaternary Megafauna Extinctions Linked to Humans, not Climate Change // Proceedings of the Royal Society B. Vol. 281. P. 20133254.

Sanon H.O., Kaboré-Zoungrana C., Ledin I. 2007. Behavior of Goats, Sheep and Cattle and Their Selection of Browse Species on Natural Pasture in a Sahelian Area // Small Ruminant Research. Vol. 67. P. 64-74.

Shoshani J. 1994. Skeletal and Other Basic Anatomic Features of Elephants // The Proboscidea: Evolution and Palaeoecology of Elephants and Their Relatives. New York: Oxford Science Publications. P. 9-20.

Sisson S., Grossman J.D., Getty R. 1975. The Anatomy of the Domestic Animals. Philadelphia: WB Saunders Company. 2095 p.

Smuts M.M.S., Benzuidenhout A.J. 1987. The Anatomy of the Dromedary. Oxford: Clarendon Press. 230 p.

StatSoft Inc. 2011. STATISTICA, version 10. [Электронный ресурс www.statsoft.com (дата обращения 08.01.2017)].

Stuart A.J. 2015. Late Quaternary Megafaunal Extinctions on the Continents: a Short Review // Geological Journal. Vol. 50. P. 338-363.

Tener J.S. 1965. Muskoxen in Canada, a Biological and Taxonomic Review. Ottawa: Canadian Wildlife Service. 166 p.

The Form Gestures of Animals. 2014. Oregon Biodynamics Group. [Электронный ресурс http://oregonbd.org/Animal%20Forms (дата обращения 17.12.2017)].

Van Geel B., Aptroot A., Baittinger C., Birks H.H., Bull I.D., Cross H.B., Evershed R.P., Gravendeel B., Kompanje E.J.O., Kuperus P., Mol D., Nierop K.G.J., Pals J.P., Tikhonov A.N., Reenen G., van Tienderen P.H. 2008. The Ecological Implications of a Yakutian Mammoth's Last Meal // Quaternary Research. Vol. 69. P. 361-376.

Vereshchagin N.K., Baryshnikov G.F. 1992. The Ecological Structure of the "Mammoth Fauna" in Eurasia // Annales Zoologici Fennici. Vol. 28. P. 253-259.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 4 (77), с. 29-35

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 550.42(571.54)

СВОЕОБРАЗИЕ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЮЖНЫХ КОТЛОВИН СИБИРИ[1]

© 2018 г. Г.Д. Чимитдоржиева*, Э.В. Цыбикова**

**Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения РАН*
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6. E-mail: galdorj@gmail.com
***Бурятский республиканский институт образовательной политики*
Россия, 670000, г. Улан-Удэ, ул. Советская, д. 30. E-mail: ershena2411@mail.ru

Поступила в редакцию 08.12.2017

В процессе эволюции в условиях длительного и глубокого промораживания и высушивания почвенного профиля, при частых сезонных, суточных колебаниях температур формируются каштановые почвы с малоконденсированными и развитыми алифатическими цепями гуминовых кислот (ГК), которые придают им неустойчивый характер. Об этом свидетельствует современное экологическое состояние каштановых почв; масштабы деградированных пахотных и пастбищных земель в Республике Бурятия достигают значительных площадей. Их расположение в котловинах между гор зачастую обусловливает высокую подверженность дефляционным процессам, которые приводят к дегумификации. В настоящее время это негативное явление также усугубляется глобальным изменением климата, усиляющим темпы аридизации. Комплекс этих причин приводит к выраженным особенностям состава фитоценозов региона, который высоко лигнинофицирован, обеднен белковыми компонентами, что повлияло на структуру гуминовых веществ и определило ряд характерных черт гумуса в отличие от таковых аналогичных почв других регионов.

Ключевые слова: каштановые почвы, гуминовые кислоты, гумус, Сибирь.
DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00032

Южные котловины Забайкалья с каштановыми почвами являются самыми восточными на территории России и занимают предгорнотеневую и центральную, наиболее прогреваемую и континентальную часть днищ. Ареал каштановых почв на высоких равнинах Боргойской, Гусиноозерской, Удинской и Баргузинской котловин представляет собой северный форпост Центрально-Азиатского пустынно-степного массива. В барьерной тени Баргузинского и Улюнского хребтов формируется самое аридизированное сухостепное ядро котловины, где М.Г. Меркушева (2012) изучила гумус и микробиоценоз его каштановых почв.

Общая черта почвообразующих пород степных ландшафтов – это грубодисперсный состав песчаных отложений разного генезиса. Сухостепным почвам присуще отсутствие гипса и легкорастворимых солей, что также характерно для почв сопредельных территорий Тувы и Монголии и свидетельствует о целостности Центрально-Азиатского региона и общности геохимической истории.

Растительный покров забайкальских степей имеет своеобразную криоксерофильность: растения-подушки, растения-куртинки, проникшие сюда арктоальпийские виды (астра альпийская, эдельвейс сибирский и др.) наряду с сохранившимися доледниковыми реликтами (бересклет священный, ильм низкий и др.). Эдификаторы сухой степи – полынь (холодная, Гмелина и др.), тонконог стройный, типчак ленский, осока твердоватая и др.

Под сухостепной растительностью в условиях резко континентального климата под влиянием длительной сезонной мерзлоты и ограниченного количества осадков (180-250 мм/год) формируются каштановые почвы легкого гранулометрического состава, почти повсеместно подверженные дефляции. Однако они характеризуются наибольшей суммой температур вегетационного периода (1700-1800°) и наибольшей длиной безморозного периода (106-116 дней), потому их считают самыми

[1] Работа выполнена в рамках темы НИР Госзадания Института общей и экспериментальной биологии СО РАН, № госрегистрации АААА-А17-117011810038-7.

теплообеспеченными почвами региона. Климат здесь имеет свои особенности. Зима устанавливается во второй половине октября и длится до половины апреля, продолжительность ее составляет около 6 месяцев. Средняя температура января составляет -23-28°С, а в отдельные годы опускается до -47-54°С. Зимние осадки составляют не более 10% от годового количества, что определяет маломощность снежного покрова, не превышающего 7-10 см. Снежный покров чаще всего не держится, т.к. его сдувают частые сильные ветры. Однако по сравнению с другими зонами Бурятии эти территории считаются самыми благоприятными по тепловому балансу, но наименее обеспеченными влагой. Здесь наиболее резко проявляются весенние засухи и период их более продолжителен. Наиболее обеспечены влагой июль и август. Дефицит влаги в сухих степях является основным фактором, лимитирующим биологическую активность, трансформацию органического вещества (ОВ) и, в конечном итоге, урожай сельскохозяйственных культур. В настоящее время это явление усугубилось с изменением климата во всем Байкальском регионе. Последнее выразилось в увеличении частоты засушливых лет. А.И. Куликов с соавторами (2014) выделяет феномен осенних засух, не отмечаемых ранее, и высокие значения роста вариабельности годовых сумм атмосферных осадков, приведших к экосистемным откликам в виде аридизации и опустынивания. В России изменения выражены, по мнению автора, сильнее, чем на планете в целом, а на территории Байкальского региона – еще сильнее. За последние 30-35 лет температура воздуха вырастала на 3.6°С/10 лет, а с начала XX века – на 2.3°С/10 лет. Отсюда понятно, почему биопродуктивность как естественных, так и культурных фитоценозов в сухой степи по годам отличается большой неустойчивостью. Целью нашей работы было выявить влияние природно-климатических условий экстремального Забайкалья на формирование фитоценозов и почвы, отличающиеся от аналогичных почв других регионов и влияющие на гумус и химическую структуру молекулы гуминовых кислот.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований стали каштановые почвы в Удинской котловине Забайкалья. Агрохимическая характеристика каштановых почв определена по «Агрохимическим методам …» (1975), содержание гумуса – методом И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина, а также препараты гуминовых кислот (ГК), выделенные из каштановых почв Удинской котловины, разрез 4бч, в которых определен элементный состав на автоматическом элементном анализаторе «CHN-1106» фирмы Karlo Erba в Институте органической химии СО РАН г. Новосибирска. Запасы надземной и подземной фитомассы учитывали в первую декаду августа, на момент максимальной продуктивности трав.

Приводим морфологическое описание каштановых почв, расположенных в сухостепной зоне Удинской котловины (р. 4бч). Им свойственны несколько иной цветовой оттенок гумусного горизонта, с более теплыми коричневыми, а не бурыми тонами по сравнению с аналогичными почвами Западной Сибири (ЗС) и Европейской части России (ЕЧР), мучнистость карбонатного горизонта, слабое проявление признаков солонцеватости.

Разрез 4бч. Республика Бурятия, Заиграевский район. Заложен близ п. Ацагат. Координаты 51° 43’ 60” с.ш., 108° 20’ 40” в.д.; абсолютная высота 739 м н.у.м. БС. *Растительность:* змеевка растопыренная, житняк гребенчатый, мятлик кистевидный, лапчатка бесстебельная, остролодочник остролистный, лук полевой, осока твердоватая, полынь холодная и карагана алтайская. Проективное покрытие составляет 40-50%.

А 0-21 см – коричневато-желтая супесь, непрочно комковатая, сухая, плотная, обильно пронизана корнями, каменистая, переход в нижележащий горизонт неравномерный, неясный по цвету.

B_1 21-36 см – буровато-коричневая супесь, непрочно комковатая, сухая, с мелкими корнями, имеются вкрапления карбонатов, каменистый переход к нижнему горизонту по вскипанию от HCI.

Вк 36-52 см – буровато-желтая супесь, непрочно комковатая, каменистая, присутствуют карбонаты в виде белесых пятен, бурно вскипает от HCl, сухая, нижняя сторона отдельных структур покрыта белесой карбонатной пропиткой, снизу крупные рыхлые включения сизо-зеленого цвета.

Ск 52-75 см – буровато-коричневая супесь, бесструктурная, карбонатные пятна бурно вскипают от HCI, сухая, горизонт подстилают крупные камни скальных пород.

Почвообразующая порода – элювиальные супеси верхнечетвертичных отложений.

Для этих почв характерны укороченность почвенного профиля, маломощность гумусового горизонта, значительная скелетность, обогащенность фракцией физического песка, бесструктурность

(табл. 1). В агромелиоративном отношении водно-физические свойства почв недостаточно благоприятны, с низкой водоудерживающей способностью, обладают высокой аэрируемостью. Исследуемые почвы большей частью легкого гранулометрического состава, непродуктивно теряют влагу и подвержены процессам дефляции. Опесчаненность и уплотненность обусловливают повышенную теплопроводность и низкую теплоемкость. На территории Бурятии из 2293.8 тыс. га сельскохозяйственных угодий почти половина охвачена разными типами опустынивания. Особенно заметны деградационные процессы на пахотных почвах – до 76% площади. Пастбища и сенокосы в настоящее время занимают 1475.1 тыс. га, из которых 29% теряют биопродуктивность в результате опустынивания (Куликов и др., 2014). Одним из следствий опустынивания является дегумификация почв. Если содержание гумуса в каштановых почвах в 70-е годы прошлого века, по данным И.Г. Важенина и Е.А. Важениной (1969), при n=52 составляло 3.1%±0.1, а по А.И. Куликову с соавторами (1997) при n=42 составляло 1.9%±0.1, то, по нашим данным, при n=42 составляет 1.65%±0.6, то есть дегумификация в сухостепных почвах Забайкалья протекает быстрыми темпами вследствие развивающегося дефляционного процесса, особенно в последние десятилетия. А в аналогичных почвах Западной Сибири, по данным Г.П. Гамзикова (2009), количество гумуса находится в пределах 1.5-4.0%. Даже в пахотных почвах ЕЧР оно выше и составляет 2.3-3.3% (Когут, 2012), тогда как в забайкальских пахотных вариантах – всего 0.8-1.3%.

Таблица 1. Физико-химическая характеристика каштановых почв.

Горизонт	Глубина, см	Частицы <0.01, мм, %	pH	Поглощенные основания		Гумус, %	N, %	C/N
				Ca^{2+}	Mg^{+}			
				мг·экв/100 г почвы				
р. 4, Удинская котловина								
А	0-21	27.3	6.4	15.0	4.1	2.6	0.2	8.3
АВ	21-36	25.9	6.7	14.5	3.9	1.4	0.1	8.1
$B_к$	36-82	27.8	7.3	17.5		0.2	-	-
$C_к$	82-150	21.7	8.3	16.0		-	-	-
р. 5, Иволгинская котловина								
А	0-21	22.3	6.8	13.4	3.7	2.1	0.1	8.6
АВ	21-46	15.4	7.1	12.8	3.1	1.1	0.06	7.9
$B_к$	46-106	15.2	8.3	12.0		0.1	-	-
Ск	106-150	15.5	8.4	12.0		-	-	-

Обсуждение результатов

Запасы гумуса в слое 0-20 см каштановых почв составляют 50-60 т/га, в 0-50 см – 80 т/га, которые находятся в зависимости от объема и качества поступающих ежегодно растительных остатков (РО). В 0-20 см слой этих почв с полынно-типчаковой растительностью поступает около 21 т/га органических остатков. Помимо свежего поступления в каштановых почвах бывает очень много массы слаборазложившихся органических остатков растений, которые при отмывании корней легко всплывают на поверхность воды и составляют довольно большую величину – 3.85 т/га. А оставшаяся на дне сосуда полугумифицированная масса в виде трухи еще больше – 7.68 т/га. Таким образом, сумма неразложившихся РО в виде детритной массы составляет 11.53 т/га, что больше половины ежегодного поступления биомассы. Это следствие замедленного деструкционного процесса в сухой холодной степи, что в сильной степени отражается на процессе гумификации и качественном составе образующегося гумуса. Если посчитать величину гумификации, не вдаваясь в разные концептуальные модели по оценке трансформаций ОВ (Чертов и др., 2007), то для каштановых почв, по данным В.В. Пономаревой (1964), она составляет 1.92 (по отношению растительный опад/запасы гумуса); по данным В.И. Волковинцера (1978), – 2.8 (по отношению корни/запасы гумуса). Эти показатели являются очень низкими. Величина отношения корни/надземная масса в каштановых почвах равна 29.1, что свидетельствует о том, что обогащение

почв ОВ осуществляется главным образом за счет подземной части растений.

Гумификация поступающих в почву РО зависит от условий почвенной среды и химического состава гумусообразователей. Растительные организмы, в общем, содержат одни и те же группы веществ (липиды, белки, углеводы, лигнин и другие компоненты), соотношение которых в разных объектах неодинаково, что существенно влияет на скорость гумификации. Отличительной чертой химического состава фитомасс сухих ландшафтов является обедненность азотом – 1.45%, кальцием – 0.4%, магнием – 0.24%, фосфором, калием, но большим процентом целлюлозно-лигнинного комплекса, достигающего в корнях сухостепной растительности 67%, в том числе лигнина – 38%. Хотя лигнин устойчив к деструкции, его участие в образовании гумусовых веществ идет через разложение и высвобождение структурных единиц, которые при соответствующих условиях могут конденсироваться с аминокислотами или протеином, образуя их начальные формы. М.М. Кононова (1963) считала, что в почве лигнин как таковой отсутствует, однако появление новейших инструментальных возможностей позволило обнаружить его присутствие (Ковалев, Ковалева, 2008; Ковалева, Ковалев, 2009; Lima et al., 2007; Thevenot et al., 2010). Суровые экологические условия региона (дефицит влаги, следствием которого является мощное развитие корней; резкий перепад температур в течение суток, сезона; эрозионноопасные ветры горнокотловинного типа) привели растения к адаптационной реакции в стрессовых условиях, выраженной в накоплении тканями значительного количества лигнина. Как следствие последнего, за 1 год корни целинного разнотравья на глубине 15 см теряют в весе всего 28% от исходного веса.

Следующей особенностью качественного состава фитоценозов аридных почв является обедненность остатков агрокультур (пшеницы) азотом – 0.29% в стерне, 0.99% в корнях; фосфором – 0.03 и 0.07% соответственно; кальцием – 0.03 и 0.25%; магнием – 0.03 и 0.09%; а также очень широким отношением C/N=141. Такой специфичный качественный состав обусловливает низкую степень разложения корневой и стерневой масс – 46-47%. Подобно целине, высок в остатках пшеницы целлюлозно-лигнинный комплекс – 73-77%.

Своеобразие биоклиматических условий сухих степей накладывает существенный отпечаток и на биологическую активность почвы. Отличительной чертой микробиоценоза является высокое содержание микроорганизмов на 1 г гумуса, достигающее в 0-10 см слое почвы 190 млн. экземпляров, а по данным М.Г. Меркушевой (2006) – 419 млн. экземпляров на пашне. Микробиологические процессы разложения РО протекают с преимущественным развитием окислительных процессов, поэтому почвы существуют с ограниченным содержанием гумуса. Отличие этих почв от аналогичных почв ЕЧР заключается в следующем: большое количество грибной флоры, разнообразный состав актиномицетов, относительно высокое содержание споровых бактерий (Нимаева, 1992). Такой состав микроорганизмов характеризует резкое доминирование аэробных процессов в почве, обусловленное сильным периодическим иссушением. По данным автора, почвам Забайкалья присуще преобладание в микрофлоре актиномицетного населения, достигающего 59-77% от общей численности микроорганизмов. Высокая биохимическая активность актиномицетов с широким ферментативным аппаратом приводит, по-видимому, к глубокой минерализации РО с преобладанием в почве окислительных процессов, которые в свою очередь обусловливают слабое накопление гумуса.

При исследовании гумусного состояния холодных сухих почв Забайкалья выявлен целый ряд его отличительных черт, помимо его низкого содержания и запасов. 1) Характерно присутствие значительного количества гумина, достигающего 41-53%, тогда как эта величина для почв ЗС составляет 32-34% (Ильин, 1985) и 31-43% (Кленов, 2000). 2) При сравнении группового состава гумуса с почвами немерзлотного ряда выявлено, что количество образующихся собственно гумусовых веществ (ГВ) в среднем составляет 52-59% от общего углерода, тогда как в немерзлотных аналогах ЕЧР – 70-75% (Бирюкова, Орлов, 2004). 3) В составе собственно гумусовых веществ преобладают фульвокислоты (ФК), а не гуминовые (ГК), в результате которого отношение $C_{гк}/C_{фк} \leq 1$ составляет 0.6-0.8, а в одноименных почвах с мягким климатом этот показатель выше – 1.3-1.7 (Кленов, 2000). Преимущественное образование и накопление слабополимеризованных ФК в этих почвах обусловлен комплексом причин: неудовлетворительный качественный состав источников гумуса, приводящий к медленной и неполной гумификации РО, а также криоксерофитная микрофлора и дефляционные процессы. По-видимому, на этом этапе затормаживается процесс гумификации ОВ почвы. Как правило, все массивы, покрытые каштановыми почвами в степях

Бурятии, в разной степени подвержены дефляции. Имеются варианты сильно дефлированных почв с отношением Сгк/Сфк=0.65, что объясняется выносом мелкозема, где происходит потеря ГК, связанных с тонкой минеральной частью почвы. Отношение $С_{гк}/С_{фк}$ исследуемых почв равно 0.8 (табл. 2). 4) Низкая степень гумификации ОВ почвы (сумма фракций=$ГК_1$+$ГК_2$+$ГК_3$) – 19.1-26.7%; табл. 2), тогда как в каштановых почвах ЗС эти цифры равны 36-43% (Кленов, 2000). 5). Во фракции ГК каштановых почв региона отмечается значительное количество подвижных первых фракций ГК-1, достигающее 7% (Чимитдоржиева, 1990), а в изучаемых почвах – 3%, тогда как в аналогичных почвах ЕЧР и ЗС фракция незначительна или полностью отсутствует (Пономарева, Плотникова, 1980; Бирюкова, Орлов, 2004). Высокую долю ГК-1 мы склонны объяснять присутствием механизма ее постоянного обновления при деструкции огромного количества детритной полуразложившейся массы, которая обнаружена в поверхностной части почв при отмывании корней.

Таблица 2. Фракционный состав гумуса каштановых почв (С фракций гумуса, % к $С_{общ}$ почвы).

Горизонт	**Глубина, см**	**$С_{общ}$, %**	**$С_{гк}$**				**$С_{фк}$**					**$С_{гк}$+$С_{фк}$**	**НО**	**$С_{гк}/С_{фк}$**
			1	**2**	**3**	**∑**	**1а**	**1**	**2**	**3**	**∑**			
р. 4, Удинская котловина														
А	0-21	1.5	3.4	13.5	9.8	26.7	4.1	4.2	12.9	10.4	31.9	58.6	41.4	0.8
АВ	21-36	0.8	1.6	12.7	6.9	21.3	3.8	2.9	10.2	10.9	27.8	49.1	51.0	0.8
р. 5, Иволгинская котловина														
А	0-21	1.2	2.7	12.9	7.9	23.4	3.6	4.2	11.8	9.4	28.9	52.3	47.7	0.8
АВ	21-46	0.6	1.5	10.9	6.7	19.1	3.3	3.1	9.9	7.9	24.2	43.2	56.8	0.8

Таким образом, особенности почвенно-климатических факторов сухой степи отражаются на качественном составе растительности – главном источнике гумуса. Однако результирующим показателем всего этого процесса является *элементный состав гуминовых кислот.* Изменение условий почвообразования в сторону постепенного повышения температуры и уменьшения влажности в ряде почв ЕЧР, по мнению классиков В.В. Тищенко и М.Д. Рыдалевской (1936), сопряжено с образованием продуктов разложения органических остатков, более богатых углеродом и бедных водородом, однако в изучаемых почвах сухой степи региона подобное не наблюдается. Вероятно, коррективы вносят суровые климатические условия, выражающиеся в длительном и глубоком промерзании в зимний период и медленном оттаивании в весенне-летнее время, а также в развитии дефляционных процессов, которые подавляют деятельность микробиоты. Свидетельством первого факта является то, что почвы южных районов ЕЧР более совершенны и зрелы вследствие оптимальных условий образования молекул ГК в мягком климате.

В почвах южного склона увала Ацагатского хребта, который отличается более сильным прогреванием и иссушением в короткий весенне-летний период и подверженностью дефляции, в макромолекуле ГК содержание углерода нехарактерно низкое – 53.9% по сравнению с почвами других регионов – 55.9-58.6% (Орлов, 1990). По-видимому, процессы дефляции и иссушения в этих почвах препятствуют конденсации молекул, т.е. не приводят к усложнению их строения, в результате чего отношение Н:С=1.09-1.2, то есть образуются ГК с меньшим количеством углерода и высоким водорода (табл. 3). На строение и состав ГК влияют не только климатические условия, но и биогенные факторы – высоко лигнинофицированные органические остатки и криоаридная микрофлора. Последние способствуют накоплению доли алифатических боковых цепей углерода в молекуле ГК, которые могли быть причиной их меньшей обуглероженности.

Содержание углерода в атомных процентах исследуемых образцов ниже 40%, тогда как у аналогов эта величина, как правило, выше, и здесь отчетливо выявляется высокий вклад водорода в построение молекулы. В структуре ГК отношения Н/С обычно равны 0.7-0.8 (Орлов, 1990; Кленов, 2000), а в изучаемых они выше единицы (табл. 3). Уже один только этот факт указывает на значительную развитость боковых цепей в молекулах ГК исследуемых почв, несущих в большей степени группы СН, $СН_2$ и $СН_3$, свидетельствующих о небольшой конденсированности и меньшей зрелости. Отсюда можно предположить, что в таких неблагоприятных условиях конденсационные

процессы, формирующие ГК, замедлены и ослаблены. В процессе разложения ОВ образующиеся простые соединения, видимо, активно участвуют в формировании периферической молекулы ГК, поэтому такой показатель, как степень бензоидности (СБ) каштановых длительно и глубоко сезоннопромерзающих почв, невелика: р. 4бч – 9.7%, р. 5 – 13.2% (табл. 3), тогда как в каштановых почвах ЕЧР составляет 18-32% (Орлов, 1990; Заварзина, Демин, 1999). Степень бензоидности молекулы ГК свидетельствует о легкой податливости каштановых почв к разрушающим факторам: дефляции, эрозии, интенсивному сельскохозяйственному использованию. По этому показателю они близки к дерново-подзолистым почвам ЕЧР, сближаясь с ними по одинаково жестким условиям формирования. Эти результаты хорошо согласуются с приведенными выше величинами Н/С. В процессе разложения ОВ образующиеся простые соединения преимущественно формируют периферическую часть молекулы, поэтому СБ этих почв невелика (табл. 3). О неустойчивости гумуса против деградации, об их низких адсорбционных свойствах, т.е. незначительных размерах возможных реакционных процессов свидетельствует также и незначительное содержание кислых функциональных групп в молекуле ГК – 400 мг/экв на 100 г.

Таблица 3. Элементный состав ГК каштановых почв.

Препарат, регион (автор данных)	Содержание, массовый %				Содержание, атомный%				Атомные отношения			Степень окисления	Степень бензоидности
	C	H	O	N	C	H	O	N	H/C	O/C	C/H		
$ГК_3$, Удинская котловина, р. 4 (собственные данные)	53.9	5.3	34.2	6.5	36.3	42.7	17.3	3.7	1.2	0.48	9.8	-0.03	9.7
$ГК_5$, Гусино-озерская котловина, р. 5 (собственные данные)	55.8	5.2	34.2	4.8	38.1	41.7	17.5	2.8	1.09	0.46	13.6	-0.15	13.2
ГК, ЕЧР (Орлов, 1990)	55.9	5.2	34.2	4.7	37.7	42.1	17.4	2.8	1.02	0.46	13.5	-0.19	18
ГК, Алтай (Тищенко, Рыдлевская, 1936)	58.6	3.4	33.9	4.1	45.8	31.5	20.0	2.7	0.69	0.43	17.0	+0.18	45
ГК, Курск (Заварзина, Демин, 1999)	57.9	3.9	34.1	4.1	41.8	35.3	19.7	3.2	0.84	0.47	13.1	+0.06	32

Заключение

Таким образом, в экстремальных природных условиях Забайкалья формируются малогумусные легкого гранулометрического состава каштановые почвы, обеспечивающие в свою очередь высоко лигнинофицированный и обедненный азотом, основаниями фитоценозы, которые в свою очередь образуют гумус преимущественно фульватного характера, в котором ГК составлены из низко конденсированных молекул с широко развитой алифатической частью. Химическая структура молекулы ГК с незначительной степенью бензоидности, с широко развитыми боковыми метильными, алкильными углеродными цепями, с низкими кислыми функциональными группами, не обеспечивает высокие адсорбционные способности почвы, вследствие чего они легко податливы к разрушению, этому дополнительно способствует горно-котловинный рельеф региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агрохимические методы исследования почв. 1975. М.: Наука. 656 с.

Бирюкова О.Н., Орлов Д.С. 2004. Содержание и состав гумуса в основных типах почв России // Почвоведение. № 2. С. 171-188.

Важенин И.Г., Важенина Е.А. 1969. Забайкалье (Бурятия и Читинская область) // Агрохимическая характеристика почв СССР (Восточная Сибирь). М.: Наука. С. 5-209.

Волковинцер В.И. 1978. Степные криоаридные почвы. Новосибирск: Наука. 208 с.

Гамзиков Г.П. 2009. Агрохимические свойства сибирских почв и приемы их регулирования // IV Сибирские агрохимические Прянишниковые чтения. Материалы международной научно-практической конференции (Иркутск, 16-21 июля 2007 г.). Новосибирск. С. 11-23.

Заварзина А.Г., Демин В.В. 1999. Кислотно-основные свойства гуминовых кислот различного происхождения по данным потенциометрического титрования // Почвоведение. № 10. С. 1246-1254.

Ильин В.Б. 1985. Элементный химический состав растений. Новосибирск: Сибирское отделение Наука. 128 с.

Кленов Б.М. 2000. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. Новосибирск: Сибирское отделение «Гео». 174 с.

Ковалев И.В., Ковалева Н.О. 2008. Биохимия лигнина в почвах периодического переувлажнения (на примере агросерых почв ополий Русской равнины) // Почвоведение. № 10. С. 1205-1216.

Ковалева Н.О., Ковалев И.В. 2009. Биотрансформация лигнина в дневных и погребенных почвах горных ландшафтов // Почвоведение. № 11. С. 1362-1373.

Когут Б.М. 2012. Оценка содержания гумуса в пахотных почвах России // Почвоведение. № 9. С. 944-952.

Кононова М.М. 1963. Органическое вещество почвы. М.: Изд-во АН СССР. 314 с.

Куликов А.И., Дугаров В.И., Корсунов В.М. 1997. Мерзлотные почвы: экология, теплоэнергетика и прогноз продуктивности. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 312 с.

Куликов А.И., Убугунов Л.Л., Мангатаев А.Ц. 2014. О глобальном изменении климата и его экосистемных следствиях // Аридные экосистемы. Т. 20. № 3 (60). С. 5-13.

Меркушева М.Г, 2006. Биопродуктивность почв сенокосов и пастбищ сухостепной зоны Забайкалья. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 514 с.

Меркушева М.Г. 2012. Гумусовое состояние и структура микробиоценозов в дефлированных каштановых почвах Баргузинской котоловины (Западное Забайкалье) // Аридные экосистемы. Т. 18. № 2 (51). С. 44-53.

Нимаева С.Ш. 1992. Микробиология криоаридных почв (на примере Забайкалья). Новосибирск: Сибирское отделение Наука. 176 с.

Орлов Д.С. 1990. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: МГУ. 325 с.

Пономарева В.В., Плотникова Т.А. 1980. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). Л.: Наука. 222 с.

Пономарева В.В. 1964. Теория почвообразовательного процесса. М.: Наука. 273 с.

Тищенко В.В., Рыдалевская М.Д. 1936. Опыт химического исследования гуминовых кислот различных типов почв // Доклады АН СССР. Т. 4. № 3. С. 137-140.

Чертов О.Г., Комаров А.С., Надпорожская М.А. 2007. Анализ динамики минерализации и гумификации растительных остатков в почве // Почвоведение. № 2. С. 160-169.

Чимитдоржиева Г.Д. 1990. Гумус холодных почв (экологические аспекты). Новосибирск: Сибирское отделение Наука. 143 с.

Lima D.L.D., Armando C.D., Valdemar I.E. 2007. Solid-Phase Extraction and Capillary Electrophoresis Determination of Phenols from Soil after Alkaline CuO Oxidation // Chemosphere. № 69. P. 561-568.

Thevenot M., Dignac M-F., Rumpel C. 2010. Fate of Lignins in Soils: a Review // Soil Biology & Biochemistry. № 42. P. 1200-1211.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 4 (77), с. 36-43

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.48

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ ДЕЛЬТОВЫХ ЭКОСИСТЕМ

© 2018 г. Д.Б. Асгерова, М.З. Залибекова, З.Д. Бийболатова, П.А. Абдурашидова, П.А. Батырмурзаева, В.А. Желновакова

Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН
Россия, 367025, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45. E-mail: asdi7408@mail.ru

Поступила в редакцию 15.11.2017

Изучению ресурсоведческого потенциала почв и обоснованию значимости почвенных ресурсов в производстве продовольственных продуктов посвящены исследования, проведенные в различных регионах. Основное внимание уделяется пространственным параметрам почв и распределению их ареалов по континентам, регионам и определению площадей существующих почв на душу населения. Общепризнанным является исчерпаемость существующих площадей почв и ограниченность земельных площадей в геометрических очертаниях. Для увеличения биомассы растений, используемой для производства продовольственных продуктов, необходимо изучение первостепенных задач – разнообразия категорий почвенных ресурсов и в первую очередь биопродукционных. Неисчерпаемость характерна для биопродукционных ресурсов, потенциал которых определяется использованием солнечной энергии и увеличением фотосинтетической активности растений (ФАР). Выявленные закономерности изменения пороговой концентрации питательных элементов и соотношение опада к приросту дают возможность при условии применения удобрений формировать фитоценоз, обеспечивая доминирующее положение кормовым растениям с высокой продуктивностью.

Ключевые слова: потенциал почв, биопродукционные ресурсы, солнечная радиация, фотосинтез, почвообразование, ограниченность пространства, разнообразие ресурсов, пороговая концентрация.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00033

Проблемы, связанные с производством и потреблением продовольственных продуктов, всегда были в центре внимания научной общественности и сельскохозяйственных работников. Основная цель изучения этой проблемы – удовлетворение потребностей человека, которые зависят от потенциала почвенных ресурсов и биосферно-экологических функций. Наибольшее значение имеет выявление разнообразия ресурсов с оценкой их роли в синтезе общей биомассы растений, являющейся источником продовольственных товаров. Установлено, что более 90% продовольствия в мире производится на почве, и страны, лидирующие в этом, оказывают политическое давление на другие страны.

Валовые сборы зерна в мире, по данным западных экспертов и статистике ФАО, увеличиваются ежегодно на 2.0-2.5% при среднемировом приросте населения около 2%. В настоящее время численность населения мира, по разным оценкам, достигает 7.5-8.0 млрд. человек. Однако если годовой прирост продуктивности мирового земледелия со временем не будет поднят до 3.5-4.5%, то решение продовольственной проблемы сильно обострится. Развитие производства продуктов потребления человеком на предыдущих этапах истории было связано с расширением площадей пахотных угодий и вовлечением в биологический круговорот неиспользуемых почвенных ресурсов. Такой экстенсивный подход практически исчерпал свои возможности, так как лучшие фонды пригодных земель в мире уже освоены (Ковда, 1974).

Эти обстоятельства указывают на необходимость поиска новых подходов интенсификации производства, суть которых заключается в разработке способов рационального использования потенциала почв путем увеличения абсолютной величины и скорости накопления биомассы растений.

Объект и методы исследования

Разнообразие категорий почвенных ресурсов изучено на опытном полигоне Кочубейской биосферной станции, расположенной в центральной части Терско-Кумской низменности. Здесь распространены основные типы почвенно-растительного покрова, характерные для всего региона.

Из разнообразия ресурсов, выявленных в рамке 8 категорий, широкое распространение имеют пространственные и биопродукционные. Биопродукционные ресурсы отличаются накоплением фитомассы, величина которой учитывается в весовом выражении на единицу площади в пределах распространенных сообществ (Залибеков и др., 2007).

В качестве объекта исследования отобраны типы растительных сообществ, получившие широкое распространение в регионе и используемые в качестве естественных пастбищ. Синтезируемая надземная биомасса на пастбищах используется в качестве кормов, представляя основу производства продовольственных продуктов. Методическая основа – учет надземной фитомассы и отдельных ее фракций по общепринятой методике определения фитомассы с закладкой пробных площадок в 10-кратной повторности (Яруллина, 1983). Дополнением к принятой методике явилось определение прироста доминирующих видов растений по отдельным сезонам года. Опад надземных органов растений учитывался по количеству особей, приходящихся на единицу учетной площади. Полученные данные по исследуемым типам почвенно-растительного покрова распространяются по всей территории региона и используются для определения общей биомассы и трансформируемой ее части в биопродукционные ресурсы (табл. 1).

Таблица 1. Основные категории разнообразия почвенных ресурсов Терско-Кумской низменности.

Категория ресурсов	Единицы измерения	Параметры категорий	Проявление лимитирующих факторов		Отличительные признаки
			Региональные	Глобальные	
Пространственная	га	площадь	картографические	геометрические очертания	повсеместное распространение
Биопродукционная	ц/га	фитомасса – урожайность культур	гумусированный, содержание NPK	ФАР	характерно для всех типов почв
Энергетическая	ккал	органическое вещество	–*****	–	гумусовая оболочка
Литологическая	м	мощность слоя мелкозема	гранулометрический состав	геологические ярусы	мощность геологических ярусов
Информационная	печ. л.*	ЭБД****	–	обновление системы	динамика показателей почв
Кадастровая	млн./руб.**	полезность, рентная градация	степень полезности зеленых участков	–	оценка рейтинговыми баллами
Бонитетная	NPK***	степень плодородия почв	оценочные баллы	–	оценка свойств и урожайности пахотных земель
Мелиоративная	дренажно-коллекторная система	градация по объему мелиоративных работ	оросительные рассолительные	содержание солей засушливые условия	засоление эрозия затопление

Примечания к таблице 1: печ. л.* – печатный лист; млн./руб.** – миллион рублей; NPK*** – азот, фосфор, калий; ЭБД**** – электронная база данных; –*****– не было отмечено.

Анализы почвы и породы включают определение валового гумуса, солевого состава и содержания питательных элементов в корнеобитаемом слое почв по общепринятым методам.

Учет категорий почвенных ресурсов осуществлен по группам, выделенным на основе различий генетических свойств почв, кадастровой оценке и мелиоративным показателям. Наиболее распространенной и широко используемой категорией являются пространственные ресурсы, характеризующие почвенный покров региона и континентов (Докучаев, 1951). Параметры определяются размерами площадей существующих почвенных контуров, отражаемых на почвенных картах и сопровождающих их материалах (Классификация … , 2004). Значимость этих материалов заключается в том, что представленные рекомендации служат основой для проведения землеустроительных работ и организации территории сельскохозяйственных производственных кооперативов. Площадный метод учета земельных участков всего комплекса территориальных единиц служит основой дл\ создания системы землеустройства и землепользования. Ресурсы пространственной категории почв полностью ограничены по площадям с определением границ на постоянной основе. Показатели пространственной категории почв являются также исходной основой отводов земель для размещения объектов жилищного, промышленного, рекреационного, природоохранного значения. Определяющим фактором расширения земельных отводов для сельскохозяйственных целей является соблюдение установленных правил законодательными органами.

Важными и перспективными в повышении урожайности возделываемых культур с неограниченными возможностями являются биопродукционные ресурсы. Их выделение основано на принципах увеличения биологического потенциала земельных участков в пределах их существующих границ. Неисчерпаемость продукционных ресурсов связана с синтезированием фитомассы под влиянием 2-х факторов.

1. Солнечная радиация и ее воздействие на фотосинтетическую активность растений (ФАР). Она отличается связыванием космической энергии в биогенном веществе, потенциал которого не ограничен и проявляется в пределах ареалов функционирующего почвенного покрова (Вернадский, 1992).

2. Программа обновления районированных культур и выведения генетиками и селекционерами новых сортов пшеницы, риса, кукурузы способны давать высокие урожаи на засушливых землях пустынь, полупустынь и степей. Они характеризуются увеличением коэффициента использования солнечной энергии и возможностями повышения продуктивности земель. Изучение ресурсов повышения продуктивности отдельных культур, связанных с использованием солнечной энергии и генетического потенциала растений, выступает в качестве основного направления исследований и прикладных работ по освоению разнообразия ресурсов почв на генетической основе (Добровольский, 1996).

Энергетическая категория почвенных ресурсов имеет особое значение в регулировании питания растений, накоплении биомассы и создании оптимального пищевого режима почв. Основным элементом формирования ресурса является учет радиационного баланса и составляющих его элементов.

В условиях сухих и полупустынных степей, аналогичных исследуемому региону, радиационный баланс составляет $80 \cdot 10^6$ ккал/га. Из этой величины для зарастания растений и накопления вегетативной массы затрачивается 20-25%, для усвоения питательных элементов (NPK) – 30-40%.

Литологическая категория разнообразия почвенных ресурсов определяется влиянием почвообразующих пород различного гранулометрического состава на почвенные процессы. Методическая основа ее выделения заключается в том, что почвы, залегающие на геологических породах легкого гранулометрического состава, характеризуются наличием естественного дренажа и отсутствием процессов засоления и солонцеватости. Для повышения эффективности использования почв рекомендуется учесть различия в гранулометрическом составе как самостоятельной категории разнообразия почвенных ресурсов (Зонн, 1983).

По результатам исследований, проведенных в регионе, накоплен значительный объем информации по картографическим, физико-химическим и биологическим свойствам почв. Использование накопленной информации дает возможность оценить масштабы изменений, происходящих в разнообразии почв и их генетических агропроизводительных свойствах. При этом выявляется категория эффективности ресурса, который определяется повышением плодородия почв по содержанию питательных веществ.

Формирование категорий ресурсов по кадастровой стоимости земель и бонитетной оценке почв

осуществляется с учетом земельной ренты и прироста хозяйственной продуктивности природных и освоенных фитоценозов. Источником ресурсов являются доходы, полученные за земельный налог, арендная плата и полезность участков по их местоположению, удаленность от крупных центров, магистральных дорог и др. Дифференциальной рентой определяются ресурсы, полученные от применения новых технологий и дополнительного вложения капитала. Мелиоративная категория разнообразия ресурсов включает изменение продукционных процессов в профиле почв под влиянием оросительных, рассолительных осушительных приемов, способствующих улучшению водного, солевого и пищевого режимов почв. Применение орошения в естественных фитоценозах и посевах сельскохозяйственных культур увеличивают продуктивность пустынных и полупустынных почв, в виде прибавки и выступает в качестве ресурса мелиоративного направления.

Результаты и обсуждение

Многообразие почвенных ресурсов дельтовых экосистем аридного региона обусловлено высоким плодородием почв и наибольшим коэффициентом использования солнечной энергии. Выявленное разнообразие и его признаки подвергнуты систематической обработке с выделением самостоятельных категорий разнообразия почвенных ресурсов. Для каждой категории установлена их приуроченность к типам почв, возможность увеличения продуктивности и факторы, ограничивающие их ресурсоведческий потенциал (табл. 2).

Таблица 2. Оценка категорий пространственных и биопродукционных ресурсов почв Терско-Кумской низменности при существующих технологиях использования земель.

Типы почв	Категории	Возможности увеличения, %		Ограничивающие факторы
		Вовлечение в пашню	Накопление фитомассы	
Светло-каштановая карбонатная	Пространственные	10-15	–	Площади в существующих границах орошаемых почв
	Биопродукционные	–	200-300	Недостаток влаги, питательных элементов
Лугово-каштановая карбонатная	Пространственные	5-10	–	Площади в существующих границах почв и глубина грунтовых вод
	Биопродукционные	–	100-200	Недостаток влаги, легкие мелиорации
Луговая карбонатная	Пространственные	<5	–	Близкое залегание грунтовых вод
	Биопродукционные	–	150-200	Фитомелиорации
Луговая солончаковая	Пространственные	<5	–	Отсутствие оттока и минерализованность грунтовых вод
	Биопродукционные	–	100-150	Интродукция устойчивых культур
Луговая аллювиальная	Пространственные	–	–	Поверхностное затопление
	Биопродукционные	–	50-100	Интродукция, фитомелиорация
Солончаки луговые	Пространственные	–	–	Соленакопление
	Биопродукционные	–	<50	Фитомелиорация

Категория пространственных ресурсов включает размеры площадей типов, подтипов и нижеследующих единиц, используется в качестве основного показателя функционирующих площадей почв в планетарном масштабе. Данная категория распространена повсеместно, и ареалы ее независимо от места расположения ограничены в геометрических очертаниях (Залибеков, 2010).

В современных условиях использования почвенного покрова особое значение имеет освоение и увеличение биопродукционных ресурсов дельтовых экосистем. Установлено, что биопродукционные ресурсы в пределах изучаемого региона увеличиваются по сравнению с пространственными в больших размерах – более чем в 20 раз (табл. 2). Определяющими факторами здесь являются неограниченные ресурсные возможности космической энергии и перспективность интродукции новых видов и сортов зерновых, кормовых, технических культур(Унчиев, 1980). Внутрипочвенные

продукционные процессы синтеза органического вещества, связанные с поступлением солнечной энергии, фотосинтезом растений, непрерывно возрастают при постоянной величине занимаемой площади функционирующим почвенным покровом (Добровольский и др., 2000). Ключевым моментом в определении потенциала продукционных ресурсов является выявление стадий пороговой концентрации одного (или двух) питательных элементов, являющихся ресурсами, необходимыми для растений. Уменьшение до минимума доступности элементов питания означает прекращение прироста и приближение завершения жизненных функций. Содержание питательных элементов – определяющий фактор локального масштаба, оптимизация которого достигается применением удобрений. После оптимизации пищевого режима почв возникает межвидовая конкуренция в использовании питательных элементов и определении роли доминирующих растений в накоплении общей биомассы. При конкуренции за питательные элементы доминируют те виды, которые имеют более низкую пороговую концентрацию. Доминирующие виды в продукционных процессах снижают доступность элемента в почвенной среде до той концентрации, когда другие виды не могут конкурировать с ними.

В конкурентной среде доминантов формируются сообщества, где каждый вид растений занимает «нишу» в соответствии с величиной пороговой концентрации. Созданное сообщество или популяция растений обладают повышенной фотосинтезирующей активностью, способствуя увеличению коэффициента использования солнечной энергии и раскрытию генетического потенциала растений.

Сравнительная оценка продукционных ресурсов по типам почв показывает уменьшение площадей (ресурсов) пространственной категории и резкое увеличение биопродукционной категории (БПК). Здесь проявляется важное свойство экосистемы почва–растения–увеличение накапливаемой биомассы на единицу площади независимо от размера площадей, занимаемых сообществами. Отсутствие влияния размера площадей, как лимитирующего фактора выдвигает рассматриваемую категорию ресурсов в качестве фундаментальной основы увеличения продовольственных продуктов. По оценке разнообразия ресурсов (табл. 2) видно, что у биопродукционной категории высокая потенциальная величина накапливаемой биомассы, что характерно для автоморфных зональных светло-каштановых почв. В пределах их ареалов роль солнечной энергии в синтезе биомассы растений не ограничивается. Главное условие – создание оптимального пищевого и водного режимов почв. При переходе к почвам полугидроморфного и гидроморфного режимов – лугово-каштановым карбонатным, луговым карбонатным, луговым солончаковым, луговым аллювиальным – проявляется влияние локальных факторов: засоления, затопления, заболачивания (Почвенная карта РСФСР, 1988). Ограничивающее влияние локальных факторов на коэффициент использования ФАР возможно изменить регулированием почвенных процессов с учетом реакции растений и их популяций к пороговой концентрации (табл. 3). Растениями, характеризующимися наименьшей пороговой концентрацией, способной обеспечить поступление ресурсов в эфемерово-полынной ассоциации, являются полынь таврическая, костер однолетний и мятлик луковичный. Из общей биомассы 8.0 ц/га, синтезируемой 14 видами растений сообщества, около половины прироста приходится на долю перечисленных видов. Максимальный прирост с наибольшей биомассой – на долю полыни таврической. Это позволяет отметить минимальную пороговую концентрацию, необходимую при определении потенциала продукционных ресурсов. У злаково-разнотравной ассоциации прирост зеленой массы по сравнению с эфемерово-полынной несколько превышает по величине, структуре и составу.

Исходя из продолжительности периодов вегетации, можно предположить, что конкуренция допустимых условий для кохии стелющейся и пырея ползучего максимума влаги, гидролизуемого азота, подвижных форм фосфора и калия совпадает со временем фазы острой физиологической потребности.

Относительное уменьшение общей надземной фитомассы у солянково-камфоросмовой ассоциации связано с тем, что наибольшая часть видов распространена в условиях с неблагоприятными почвенными свойствами. Ограниченность продукционных ресурсов связана с засолением почв и ухудшением водно-физических свойств. Заметное уменьшение отмечено и в содержании питательных веществ: гидролизуемого азота и величины подвижного фосфора и калия. Распределение элементов минерального питания по почвенному профилю потребляемых в качестве ресурсов у рассматриваемой ассоциации значительно меньше по сравнению с вышеописанными ассоциациями. Указанные факторы ограничения имеют местный характер и их устранение возможно

при применении рассолительных мелиораций (Солдатов, 1956).

Таблица 3. Состав и структура биомассы растительного покрова, образующего биопродукционные ресурсы почв.

Растительность, доминирующие виды	Надземные фитомассы, ц/га				Элементы плодородия почв, мг/100 г почвы						Гранулометрический состав
					Азот		Фосфор		калий		
					Глубина в см						
	Онс*	Пр**	Ог***	Всего	0-10	20-30	0-10	20-30	0-10	20-30	
Эфемерово-полынная	8.0				4.0	2.4	2.0	1.8	26.4	27.5	Среднесуглинистый
Полынь таврическая *Artemisia taurica*		2.0	1.9	3.9							
Костер (однолетний) *Bromus* sp.		1.4	1.0	2.4							
Мятлик луковичный *Poa bulbosa*		1.0	0.7	1.7							
Злаково-разнотравные	9.9				4.4	3.1.	2.9	2.0	29.5	29.0	Среднесуглинистый
Кохия стелющаяся *Kochia prostrata*		2.6	1.2	3.8							
Пырей ползучий *Elytrigia repens*		2.1	1.3	3.4							
Житняк ширококолосый *Agropyron pectinatum*		1.9	0.8	2.7							
Солянково-комфоросмовая	7.6				3.1	0.8	2.0	0.81	26.5	27.9	Среднесуглинистый
Солянка многолетняя *Salsola dendroides*		2.1	2.0	4.1							
Комфоросма Лессинга *Camphorosma lessingiana*		1.0	0.9	1.9							
Кермек Мейера *Kermek meyeri*		0.8	0.8	1.6							
Эфемерово-ковыльная	6.8				3.0	0.7	0.4	1.8	0.8	04	Легкосуглинистый
Ковыль волосатик *Stipa capillota*		2.7	1.1	2.8							
Тонконог степной *Koeleria* sp.		2.1	0.6	2.7							
Типчак *Festuca sulcata*		0.7	0.5	1.2							

Примечание к таблице 3: Онс* – опад надземной системы; Пр** – прирост годовой; Ог ***– опад годовой.

Ресурсы многолетней солянки связаны еще и со значительной глубиной укоренения. Распределение корней по почвенным горизонтам солянково-камфоросмовой ассоциации характеризуется значительным углублением основной массы (мелких) активных корней в слоистой толще породы.

Корневая система разных видов размещается в разных горизонтах, причем у солянки древовидной стержневая корневая система проникает до 1.2-1.5 м глубиной, охватывая все горизонты почвенного профиля. Влияние глубокой корневой системы на биопродукционные процессы проявляется в использовании влаги глубоколежащих горизонтов, способствуя развитию листового аппарата и всей наземной системы, увеличению проективного покрытия растений и фотосинтетической активности. Это позволяет отметить положительное значение ресурсов мелиоративного направления при отсутствии возможностей включения сильнозасоленных почв и солончаков в категорию пахотных земель (Мирзоев, 1963).

Большую роль в создании продукционных ресурсов играют доминирующие виды в зависимости от «пороговой концентрации» и периода формирования «конкурент – оптимума» питательных элементов. Для продукционных процессов, наряду с обеспечением питательных элементов должны быть определены периоды с оптимальным увлажнением. Важно определить разные по масштабам времени формы динамики почвенных факторов – как временная сезонная и функциональная динамика, так и постепенные климатические изменения. Формирование категории продукционных ресурсов почв под эфемерово-ковыльной растительностью отличается минимальной величиной подземной фитомассы, подтверждая уменьшение гидролизуемого азота и подвижного фосфора при легкосуглинистом гранулометрическом составе.

Заключение

Для эффективного использования разнообразия почвенных ресурсов в отраслях, связанных с производством продовольствия, возникла необходимость в исследовании категорий разнообразия и определении потенциала для увеличения общей растительной биомассы.

1. Обоснована дифференциация почвенных ресурсов характеризующих современное состояние и функции, выполняемые в синтезе биомассы растений. Показана исчерпаемость общепризнанной категории почвенных ресурсов – пространственной, базирующейся на существующих площадях почв, ограниченных в геометрических очертаниях. Пространственная категория ресурсов исходит из размера площадей сохранившихся почв и служит основным физическим условием хозяйственной деятельности человека и источником продовольствия и разнообразного сырья.

2. Рост численности населения и потребностей в производстве продовольствия и сырья обусловила необходимость выявления источников с неограниченными возможностями. Важной и перспективной, обладающей неограниченными возможностями, является категория биопродукционных ресурсов почвенного покрова. Выделение их основано на энергии биологического потенциала и возможности связывать космическую энергию в биогенном веществе. Представляется также возможность в мобилизации ресурсов высокоурожайных сортов продовольственных культур.

3. Положительное значение в увеличении биомассы растений имеет категория энергетических ресурсов, создаваемых при использовании радиационного потока в (ккал) на единицу площади. Практической основой потенциала ресурсов этой категории являются эффекты, создаваемые различиями в гранулометрическом составе почвенных горизонтов и оказывающие влияние на скорость накопления биомассы и урожайность возделываемых культур.

4. Установлено, что наиболее важными в формировании биологического потенциала почв являются продукционные процессы синтеза органического вещества, способствующие непрерывному возрастанию общей биомассы независимо от изменений, происходящих на площадях отдельного контура и всего почвенного покрова. Определяющим фактором потенциала продукционных ресурсов является пороговая концентрация питательных элементов, являющаяся главным условием минимума, доступности питательных элементов с прекращением прироста и приближении стадии завершения жизненных функций. Оптимизация пороговой концентрации питательных элементов, как фактора локального масштаба достигается применением соответствующих технологий. Ограничивающие их факторы устранимы и потенциал биопродукционных ресурсов остается неограниченным.

5. Оценка продукционных ресурсов по типам почв показывает уменьшение площадей (ресурсов) пространственной категории во времени в зависимости от усиления антропогенного фактора и увеличения биопродукционного потенциала. Светло-каштановые почвы отличаются высокими показателями биопродукционного потенциала, где роль солнечной энергии в синтезе биомассы растений выступает как неограниченный ресурс. При переходе к почвам полугидроморфного и

гидроморфного режимов проявляется влияние локальных факторов засоления, затопления, заболачивания. Устранение ограничивающих факторов связано с регулированием почвенных процессов и учетом реакции растений на пороговую концентрацию. Максимальная величина надземной фитомассы характерна для злаково-разнотравной ассоциации, где годовой прирост зеленой массы и потребляемое количество азота и фосфора характеризуют минимальную величину пороговой концентрации.

6. Установленная зависимость величины пороговой концентрации растений и степени обеспеченности почв влагой и питательными веществами характеризуют их биопродукционный потенциал, связанный с космической энергией и генетическим потенциалом растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вернадский В.И. 1992. Об участии живого вещества в создании почв // Труды по биогеохимии и геохимии почв. М.: Наука. С. 283-301.

Добровольский Г.В. 1996. Значение почв в сохранении биологического разнообразия // Почвоведение. № 6. С. 694-699.

Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. 2000. Сохранение почв как независимого компонента биосферы. М.: Наука. 185 с.

Докучаев В.В. 1951. К учению о зонах природы. Горизонтальные и вертикальные зоны. Соч. Т. 4. С. 398-414.

Залибеков З.Г. 2010. Почва Дагестана. М.: Наука. 244 с.

Залибеков З.Г., Баламирзоев М.А., Биарсланов А.Б. 2007. Опустынивание земель в Дагестане и применение ГИС – технологий по управлению почвенными ресурсами // Почвенные и растительные ресурсы южных регионов России. ПИБР ДНЦ РАН. С. 19-27.

Зонн С.В. 1983. Современные проблемы генезиса и географии почв. М.: Наука. 168 с.

Ковда В.А. 1974. Биосфера, почвы и их использование // Международный X конгресс почвоведов. М.: Наука. 130 с.

Классификация и диагностика почв России. 2004. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 242 с.

Унчиев Н.Д. 1980. Биохимическая и хозяйственная характеристика кормовых растений зимних пастбищ Дагестана // Труды Отдела растительных ресурсов Дагестанского ФАН СССР. Т. 2. С. 110-164.

Мирзоев Э.М-Р. 1963. Способы оценки засоленности почв в связи с солеустойчивостью плодовых насаждений в плоскостной части Дагестана // Почвоведение. № 12. С. 63-69.

Солдатов А.С. 1956. Почвенные исследования в Дагестане // Труды Отдела почвоведения Дагестанского Филиала АН СССР. Махачкала. С. 6-22.

Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1:250000. 1988 / Ред. В.М. Фридланд. М: ГУГК. 16 л.

Яруллина Н.А. 1983. Первичная биологическая продуктивность почв дельты Терека. М.: Наука. 83 с.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 4 (77), с. 44-50

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 39:574(470.47)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТРОДУКЦИИ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ КАЛМЫКИИ

© 2018 г. Г.Э. Настинова

Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова
Россия, 358000, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11. E-mail: nastinova.ge@yandex.ru

Поступила в редакцию 11.10.2017

Рассматривается современное состояние землепользования в Республике Калмыкия. Показано увеличение деградированных по засолению и эрозии засоленных земель. Обосновано расширение видового состава кормовых культур интродукцией амаранта в целях повышения продуктивности деградированных пахотных земель. Большим преимуществом амаранта является высокая питательная ценность и хорошая усвояемость кормов. Амарант может иметь большое значение как высокобелковая кормовая культура и обеспечивает качество кормопроизводства для устойчивого развития животноводства республики Калмыкия.

Ключевые слова: плодородие, сильнозасушливые условия, деградация, кормовые культуры, засухоустойчивость, солеустойчивость, продуктивность, амарант, пашня.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00034

Увеличение численности поголовья скота и производства мяса до уровня мировых стандартов на душу населения ставит перед фундаментальной наукой задачу создания научно-обоснованной системы развития кормовой базы животноводства. По удельному весу производимой мясной продукции ведущее место среди регионов Европейской части России занимает Республика Калмыкия.

В регионе проведена оценка параметров климатического режима, соответствующих требованиям отдельных кормовых культур и отраслей животноводства по традиционным направлениям. Представлены разработки по биологическим основам интродукции кормовых растений на примере двух видов амаранта, отличающихся засухоустойчивостью, солеустойчивостью, продуктивностью. Установлено, что интродукция видов амаранта способствует увеличению общей продуктивности и кормовых качеств по содержанию протеина и перевариваемого белка. Значительное содержание ценных в кормовом отношении веществ и сбалансированность по макро- и микроэлементам ставят виды амаранта в ряд перспективных культур, имеющих важное экологическое значение в создании кормовой базы животноводства в аридных регионах (Лазаньи и др., 1988; Чиркова, 1999).

Объекты и методы исследования

Эксперименты проведены с использованием кормовых видов рода *Amaranthus* L.: амарант багряный (*A. cruentus* L.)[1] и амарант темный (*A. hypochondriacus* L.). В качестве контроля для сравнительной оценки изучены рекомендуемые для данного региона гибрид кукурузы «Молдавский-320» и сорго «Сахарное-32». Опытный участок размещен в юго-восточной части Сарпинской низменности на светло-каштановых, слабозасоленных почвах смешанного засоления с закладкой опытных площадок в четырехкратной повторности. По отдельным стадиям развития интродуцируемых видов амаранта проведены фенологические наблюдения с определением морфологических, физиологических процессов и их реакции на сезонные колебания метеорологических условий (Доспехов, 1968; Прокофьев, 1989).

В растительных пробах определены питательность, содержание жира, протеина и кормовая ценность опытных объектов (Мара, Шумилин, 1988). В почвенных образцах – характер засоления, количество гумуса и состав гранулометрических фракций по почвенному профилю (Державин,

[1] Латинские названия видов растений даны по работе С.К. Черепанова (1995).

Самохвалов, 1984). Агроклиматические условия в годы проведения опытов (2013-2015 гг.) характеризовались запоздалой весной с высокими среднесуточными температурами летнего периода, незначительным количеством атмосферных осадков, не превышающих 60-70% среднегодовой их нормы и высокой частотой повторяемости суховеев и засушливых ветров. Результаты исследований обработаны статистически по программе Statgraphics Plus 5.1. для IBM PC/AT.

Результаты и их обсуждение

Земледельческая освоенность территории Калмыкии низкая, лимитирующими факторами освоения являются острый недостаток атмосферных осадков и процессы опустынивания. В процессе эволюционного развития формируется почвенный покров с большой пестротой по степени засоления, эрозии и солонцеватости. Однако планирование, размещение сельскохозяйственных отраслей и формирование структуры посевных площадей в республике осуществлены при недостаточной степени учета почвенно-экологических факторов (Дедова, 2012).

Местами в категории пахотных земель необоснованно вовлечены низкоплодородные почвы, потенциально склонные к засолению. Без учета эрозионной опасности пахотных почв практиковалось освоение земель, способствовавшее усилению процессов деградации с потерей плодородия и продуктивности (рис. 1)

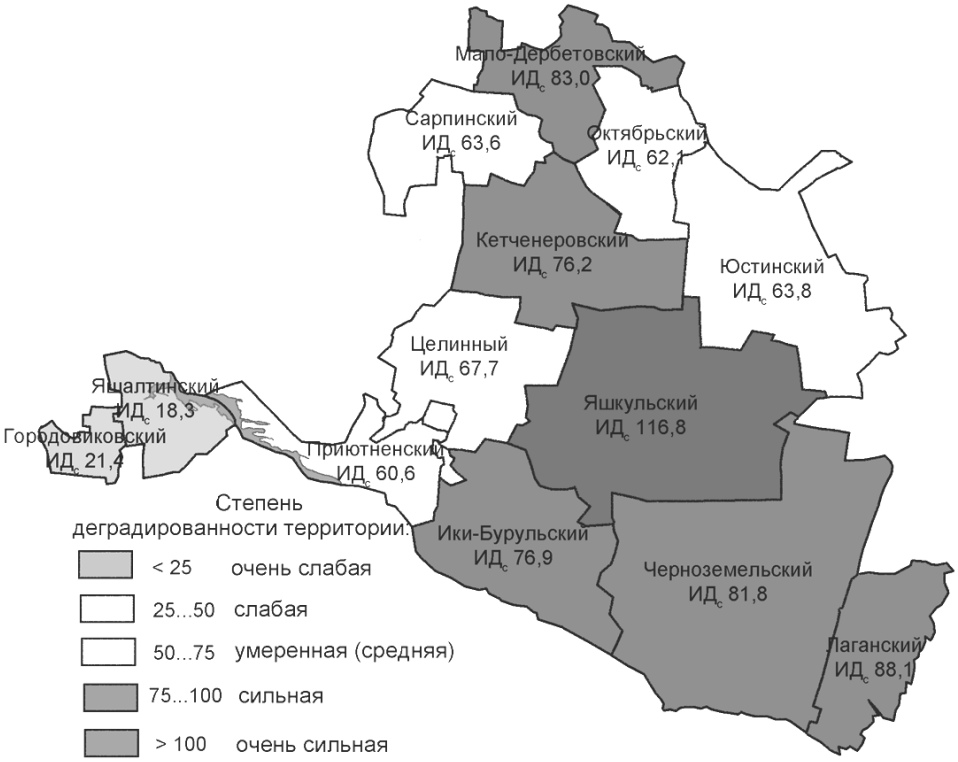

Рис. 1. Степень деградированности территории Калмыкии, выделенная на основе индекса деградированности районов.

К настоящему времени из пахотных земель в группу неиспользуемых (залежных) земель трансформировались 43 тыс. га, во вторичные солончаки – 10 тыс. Возникла необходимость в разработке биологических основ восстановления и повышения плодородия и продуктивности пахотных земель. Одним из основных направлений исследований по данной проблеме признана интродукция засухоустойчивых, солеустойчивых видов кормовых растений и их размещение с учетом требований к почвенным условиям (Русанов, 1950).

Пестрота почвенного покрова по засолению, солонцеватости закономерно возрастает в северо-восточном направлении в Юстинском и Лаганском районах, где распаханные и пахотнопригодные земли не превышают 5-10% от их общей территории. Расширение площадей засоленных почв в северной части региона, связанное с повышением уровня грунтовых вод, ставит задачу выявления разновидностей, пригодных для освоения под кормовые культуры (в Яшкульском и Черноземельском районах) с применением дифференцированной агромелиоративной технологии (рис. 2).

При существующей системе использования пахотных земель первоочередным мероприятием для

повышения продуктивности земель является интродукция новых высокопродуктивных культур на светло-каштановых и лугово-каштановых почвах. Учитывая комплекс признаков, для этих целей рекомендованы изученные виды кормовых видов амаранта – амарант багряный (*A. cruentus* L.) и амарант темный (*A. hypochondriacus* L.), отличающиеся адаптивной способностью к локальным экологическим условиям.

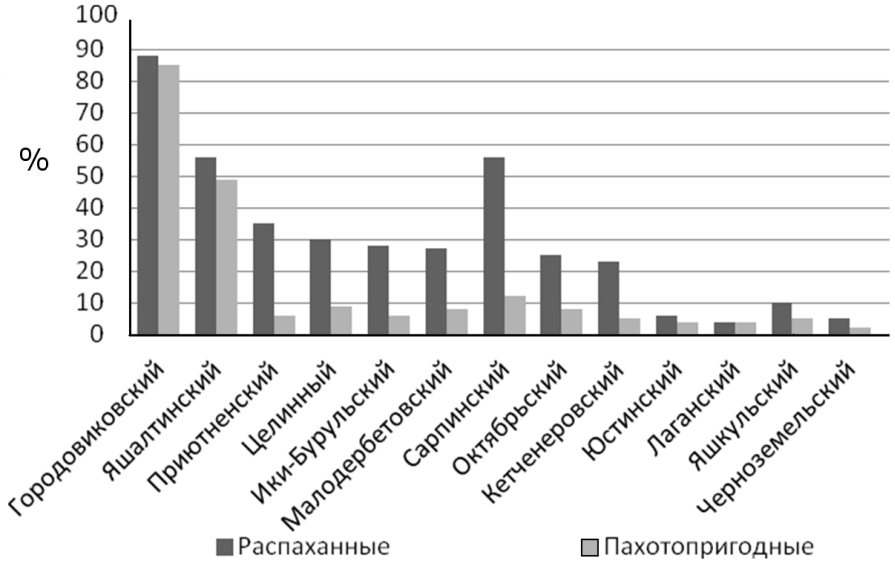

Рис. 2. Соотношение площадей фактически сложившейся пашни и пахотнопригодных земель по районам Республики Калмыкия

По фенологическим наблюдениям установлено, что всходы амаранта после посева появляются через 6-7 дней при сумме положительных температур не менее 260-280°С и количестве осадков – 50-60 мм. Установлены основные стадии онтогенеза исследуемых объектов: появление всходов, ювенильная, имматурная, вегетативная, генеративная и их специфика, характерная для пустынного климатического режима. Проростки всех изучаемых растений надземного типа прорастания с семядольными листьями небольших размеров (0.4-0.5 см) увеличиваются незначительно (0.9-1.0 см) в первый период (5-6 дней) после прорастания в силу малого запаса питательных веществ в семени (Joshi, Rana, 1999).

В этот период усиленно развивается корневая система. Начало формирования стебля, высота которого варьирует от 3.5 до 8.5 см, определяет ювенильное возрастное состояние растений амаранта. На этом этапе онтогенеза отчетливо различимы специфические видовые морфологические признаки (форма листовой пластинки, форма черешка, соотношение длин листа и черешка и т.д.), позволяющие сравнивать виды между собой (Тимонин, 1984).

На последующих этапах развития ювенильных и частично имматурных растений увеличивается диаметр стебля вследствие значительного разрастания центрального цилиндра и благодаря активной деятельности меристематического кольца, возникающего из перицикла (остатка верхушечной меристемы) уже при появлении двух настоящих листьев. Первичная кора также длительное время разрастается, и в ее формировании участвуют наружные слои этого же меристематического кольца.

После появления 4-5 настоящих листьев высота растений амаранта достигает 10-12 см. Наиболее интенсивный рост тканей листа наблюдался в ювенильный и частично имматурный периоды, что привело к значительному утолщению листовой пластинки. Интенсивность ростовых процессов увеличивается через 20-25 дней после прорастания, в имматурном возрасте высота – 25-30 см с приростом растений – 5-6 см/сутки говорит о высокой активности физиологических процессов в условиях дефицита влаги (Лотова, Тимонин, 1985).

Имматурный этап начинается с ветвления основного стебля (начало развития побегов второго порядка). Благодаря деятельности камбия сам стебель с возрастом претерпевает изменения, которые приводят к его утолщению. Поверхность становится бороздчатой, увеличиваются диаметр и эпидермальные клетки с их дифференциацией. На всех фазах развития стебля в клетках эпидермиса имеются кристаллы оксалата кальция, что связано с адаптацией к пустынному режиму и определяется интенсивным ростом стебля в ширину и растяжением участков эпидермальных клеток. На вегетативном этапе по мере роста стебля происходит образование листьев различных формаций

(низовой, срединный, верхушечный). Генеративный этап характеризуется появлением первых бутонов, цветков и семян. На этом этапе виды значительно различаются в основном размерами и формой листовых пластинок, характерных для пустынного климатического режима (Прокофьев, 1989).

В строении листьев исследуемых видов растений обнаружены различия количественного порядка. У амаранта багряного более толстая листовая пластинка (254.9 мкм и 258.0 мкм соответственно) в сравнении с амарантом темным (223.0 мкм). Строение листьев растений, разных по годам увлажнения, существенно не отличались, только у амаранта багряного толщина листа в засушливый год была значительно меньше.

Ростовые процессы амаранта багряного затухают в период цветения в отличие от амаранта темного, рост главного побега у которого более продолжителен. В начале цветения средняя высота побегов у него составляла 37.2 см, а к началу плодоношения – 59.6 см. Размеры листьев среднего яруса и их количество на главном побеге изменяются аналогично.

Сравнение ростовых параметров растений в разные по увлажнению годы показывает, что рост стебля в более увлажненные годы происходит быстрее, особенно в ювенильный и имматурный периоды, в результате чего в более влажные годы растения были в 1.5-1.6 раза выше, чем в менее влажные (82.2 и 154 см у амаранта багряного; 94.0 и 187 см у амаранта темного). Различия обусловлены степенью увлажнения почвы в период прорастания.

К числу важных биологических процессов, определяющих рост и развитие видов амаранта, относятся водный режим и осморегуляция. Для амаранта характерен эффективный водный режим, являющийся ведущим в процессах роста растений. Это обусловливает высокую степень лабильности и оперативности растений в зависимости от увлажнения почвы: в засушливые годы корневая система экономно расходует влагу верхних горизонтов за счет более широкого распространения и глубокого проникновения в почву.

В процессе роста и развития стержневая корневая система уходит в глубокие слои до 5-7 м и обеспечивает растение влагой, особенно в засушливые годы, способствуя усвоению питательных элементов. Изучение состояний и реакций двух видов амаранта на почвенные условия показало, что при их возделывании в культуре процессы соленакопления ослабляются и перераспределяются по горизонтам почвы. Потенциал рассоляющей способности растений амаранта определяется величиной их биомассы, где происходит поглощение легкорастворимых солей. В надземной массе содержание солей достигает 0.2-0.3% относительно величины зольных элементов. Предельные возможности адаптации растений амаранта к экстремальным факторам окружающей среды определяются их генотипом (Altieri, 1987).

Отмеченное в биомассе амаранта высокое содержание кальция и калия связано с физиолого-биохимическими особенностями как представителя аспартатной формы C_4-растений (Downton, 1975). Выявлено высокое содержание натрия в биомассе амаранта (2-3 кг/га), магния (0.8-1 кг/га), хлор-иона (1.0-1.2 кг/га), сульфат-иона (25-30 кг/га), тогда как для зерновых культур эти показатели не превышают 40% от величины приведенных компонентов.

Следует отметить положительную роль мелиорирующего действия растений амаранта в улучшении структурного, агрегатного состояния почв. В определении агротехнических показателей значительный интерес представляет высокое содержание фосфора и калия в биомассе и сохранении устойчивого гумусового состояния.

Сравнительный анализ химического состава надземной биомассы растений амаранта показывает значительное увеличение элементов, определяющих кормовые качества (табл. 1).

Количество протеина в зеленой массе амаранта багряного составляет 12.7%, тогда как у сорго только 10.4%. Положительное значение в ускорении ростовых процессов имеет увеличение каротина, выполняющего роль катализатора в процессах обмена веществ и энергии (Montoya-Rodríguez et all., 2015). Повышение количества этого компонента в отличие от сравниваемых культур составляет более чем 80-90%. Такая же тенденция характерна для кальция и фосфора, содержащихся в надземных органах исследуемых видов растений. Относительно зольного состава можно указать значительное ее увеличение, являющееся показателем накопления биомассы с высоким и стабильным содержанием кальция. Участвуя в почвенных процессах, соединения кальция способствуют улучшению поглотительной способности почв и повышению фотосинтетической активности растений (Магомедов, 1988; Montoya-Rodríguez et all., 2015).

Таблица 1. Химический состав зеленой массы амаранта (% на абсолютно сухое вещество).

Зола	Са	Р	Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ	Каротин
Амарант багряный							
11.2	2.1	0.24	12.7	2.5	22.9	51.4	18.0
Амарант темный							
19.4	2.7	0.25	12.1	2.4	21.5	49.5	19.8
Кукуруза гибрид «Модавский-320»							
9.3	0.71	0.18	9.7	1.6	30.7	54.8	10.5
Сорго «Сахарное 32»							
9.1	0.72	0.17	10.4	1.3	27.8	55.8	9.5

Увеличение абсолютной величины золы и ее качественные показатели свидетельствуют о высокой биологической продуктивности амаранта в сильнозасушливых климатических условиях. Накапливаемая биомасса амаранта характеризуется снижением содержания безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ), выполняющих вспомогательную роль в минеральном питании и повышении содержания биофильных элементов. Это не снижает значимость культуры амаранта в решении прикладных вопросов создания кормовой базы животноводства. Важно отметить положительную роль амаранта в использовании глубоко идущей корневой системой грунтовых вод, залегающих в диапазоне глубин 1.0-8.0 м.

При анализе кормовой ценности амаранта (табл. 2) установлена высокая перевариваемость основных питательных вещества (жира, клетчатки и БЭВ) и значительное повышение абсолютной их величины.

Таблица 2. Показатели кормовой ценности зеленой массы амаранта.

Переваримость питательных веществ, г/кг				К. ед.*	Переваримость протеина в 1 к. ед., г
Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ		
Амарант багряный					
95.5	3.5	77.9	339.0	0.86	132.5
Амарант темный					
83.3	4.67	59.5	327.0	0.78	134.4
Кукуруза гибрид «Модавский-320»					
63.9	11.3	93.1	363.1	0.95	95.2
Сорго «Сахарное 32»					
72	14.3	185.2	100.9	1.1	97.1

Примечание к таблице 2: К. ед.* – кормовые единицы.

При сравнении результатов изучения общей перевариваемости протеина по кукурузе и сахарному сорго у амаранта отмечено превышение в 1.5 раза, в переводе на кормовые единицы – в 1.3 раза. Показатели питательной ценности по кормовым единицам несколько уступают кукурузе гибрида «Молдавский-320» и сорго «Сахарное», указывая на целесообразность ведения селекционной работы с изучаемыми видами амаранта (Putham, 1990). Несмотря на относительно низкое количество кормовых единиц в общей биомассе, содержание протеина в кормовых единицах в 1.5 раза выше, чем у сравниваемых культур. По химическому составу исследованные виды амаранта отличаются высокой питательностью, низким соотношением клетчатки, значительной зольностью надземной биомассы, способствующих образованию минеральных соединений, повышающих устойчивость клеточного сока к высоким температурам.

Физиологическими особенностями амаранта как интродуцируемой культуры является раннее прорастание семян при температуре почвы 8-10°С, появление густых всходов при уменьшении нормы высева семян и высокая энергия накопления биомассы вегетативных органов. Интенсивный рост вегетативных органов и формирование травостоя с высоким проективным покрытием (80-90%)

приводит к уменьшению испарения с поверхности почвы и равномерному использованию корневой системой растений амаранта запасов почвенной влаги.

Заключение

Разработаны биологические основы интродукции высокопродуктивных кормовых растений амаранта, отличающихся засухоустойчивостью, солеустойчивостью. Выявлены физиологические особенности накопления биомассы вегетативных, генеративных органов в безводных условиях засушливого климата.

1. Ведущее направление отраслей кормопроизводства в будущем – интродукция засухоустойчивых культур. Обоснована целесообразность устойчивого развития кормопроизводства и расширения видового разнообразия кормовых культур для засушливых условий в целях восстановления их продуктивности

2. Установлены возрастные стадии растений амаранта, свойственные пустынному климатическому режиму: прорастание семян и появление всходов с формированием видовых морфологических различий, позволяющие дифференцировать разные виды; ювенильная – интенсивное увеличение диаметра стебля с ростом тканей листа; имматурная – утолщение листовой пластинки, ветвлением основного стебля и прироста с большой скоростью достигающей 4-5 см за сутки; вегетативная – образование листьев, побегов разных формаций; генеративная – завершающая стадия – с бутонизацией, цветением и образованием семян с максимальной биомассой. Общая особенность – стабильное накопление вегетативной массы и генеративных частей при высоких температурах летнего периода.

3. Выявлена эффективность возделывания амаранта, обладающего широким диапазоном реакции генотипа, как объекта ускоренного экологического восстановления ресурсного потенциала деградированных почв в условиях острого недостатка почвенной влаги. При возделывании амаранта в корнеобитаемом слое уменьшается содержание легкорастворимых солей, степень засоления почв и их щелочность. За вегетационный период корневой системой амаранта поглощаются токсичные соли натрия, магния с аккумуляцией органического вещества; выявлено уменьшение величины pH почвенной среды до нейтральной и слабощелочной реакции. Равновесие, установленное между реакцией среды и физиологическим состоянием сообществ при доминирующей роли амаранта, способствует улучшению питательного и водного режимов почв.

4. Высокая питательная ценность зеленой массы амаранта среди кормовых растений, возделываемых в засушливых регионах, и степень влияния на состояние деградированных пахотных земель дают основание рекомендовать амарант в качестве одной из основных культур для интродукции в целях создания устойчивого промышленного кормопроизводства. Возделывание этой культуры на деградированных землях аридных территорий способствует расширению продуктивных площадей пашни и совершенствованию земледельческой технологии культур тропического происхождения с относительно высокой фотосинтетической активностью растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дедова Э.Б. 2012. Повышение природно-ресурсного потенциала деградированных сельскохозяйственных угодий Калмыкии средствами комплексной мелиорации. Автореф. дисс. ... докт. с-х. наук. М. 45 с.

Державин Л.М, Самохвалов С.Г. 1984. Почвы. Методы определения. Государственные стандарты СССР. ГОСТ 26204-84-ГОС Т26213-84. М.: Госкомитет по стандартам. 53 с.

Доспехов Б.Д. 1968. Методика полевого опыта. М.: Колос. 520 с.

Лазаньи Я., Капочи И., Бене Ш. 1988. Оценка продукции биомассы и семян щирицы в засушливых районах Большой Венгерской низменности // Международный сельскохозяйственный журнал. № 5. С. 60-64.

Лотова Л.И., Тимонин А.К. 1985. О характере вторичного роста осевых органов *Amaranthus L.* // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. Т. 90. № 4. С. 77-88.

Магомедов И.М. 1988. Фотосинтез и органические кислоты. Л.: Изд-во ЛГУ. 204 с.

Мара Д.И., Шумилин И.С. 1988. Инструкция для лабораторий Государственной агрономической службы по анализам кормов. М. 77с.

Прокофьев В.В. 1989. Биология развития растений. М.: Наука. 320 с.

Русанов Ф.Н. 1950. Новые методы интродукции растений // Бюллетень Главного ботанического сада АН УзССР. Вып. 7. С. 27-36.

Тимонин А.К. 1984. Анатомия вегетативных листьев некоторых видов *Amaranthus* L. // Бюллетень Московского.

Общества испытателей природы. Отдел биологический. Т. 89. № 2. С. 82-88.

Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). С.-Пб. 340 с.

Чиркова Т.В. 1999. Амарант – культура XXI века // Соросовский образовательный журнал. № 10. С. 22-27.

Altieri M.A. 1987. Agroecology: the Scientific Basis of Alternative Agriculture. London: West View Press. 227 p.

Montoya-Rodríguez A., Gómez-Favela M.A., Reyes-Moreno C., Milán-Carrillo J., González de Mejía E. 2015. Identification of Bioactive Peptide Sequences from Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) Seed Proteins and Their Potential Role in the Prevention of Chronic Diseases // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Vol. 14. P. 139-158.

Downton W.J.S. 1975. *Amaranthus edulis*: A High Lysine Grain Amaranth // World Crops. Vol. 25. № 1. P. 120-130.

Joshi B.D., Rana R.S. 1999. Grain Amaranths: the Future Food Crop. National Bureau of Plant Genetic Resources. New Delhi, India. P. 152.

Putham D.H. 1990. Agronomic Practices for Amaranth // Amaranth: Perspectives on Production, Processing and Marketing. Minneapolis, Minnesota. P. 151-162.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 4 (77), с. 51-57

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК: 581.5 (575.2)(04)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ (В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО МАКРОСКЛОНА КЫРГЫЗСКОГО АЛА-ТОО И БАССЕЙНА РЕКИ ЧЫМЫНДЫ-САЙ)

© 2018 г. А.Ж. Кендирбаева*, К.Т. Шалпыков, Н.А. Рогова**, А.К. Долотбаков**, Н.Т. Садыкова***

**Кыргызский национальный университет им. Жусупа Баласагына*
Кыргызская Республика, 720033, г. Бишкек, ул. Фрунзе, д. 547. E-mail: kendirbayeva@yandex.com
***Институт химии и фитотехнологий Национальной академии наук Кыргызстана*
Кыргызская Республика, 720071, г. Бишкек, просп. Чуй, д. 265 А

Поступила в редакцию 01.09.2017

Дана комплексная геоботаническая характеристика фитоценозам Северного Тянь-Шаня, в которых встречаются лекарственные растения. Оценено современное состояние доминирующих видов сообществ, а также рассмотрены следующие лекарственные растения: чемерица Лобеля, душица обыкновенная, борец белоустый, полынь сантолинолистная, зверобой продырявленный и девясил крупнолистный.

Ключевые слова: лекарственные растения, Кыргызский Ала-Тоо, фитоценотические показатели, растительность.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00035

Лекарственные растения Кыргызстана в целом хорошо изучены (Алтымышев, 1976; Алдашев, 1979; Вандышева и др., 1977; Айзенман и др., 2014). Изучены виды лекарственных растений, отличительные особенности, фенология, размножение, ареал, использование в народной медицине, документированные исследования и фитохимия. Значительно меньше данных о пространственной структуре растительного покрова и ее динамике. В настоящее время недостаточно изучены сукцессионные смены лекарственных растений. Поэтому актуальным остается детальное изучение лекарственных растений в растительных сообществах: их структуры, экологических особенностей, закономерности размещения в пространстве и динамики.

В 2017 году мы провели рекогносцировочные исследования лекарственных растений восточной части Кыргызского Ала-Тоо и бассейна реки Чымынды-Сай.

В восточной части северного макросклона Кыргызского Ала-Тоо (42° 36' 26" с.ш., 75° 07' 19" в.д.), на юго-восточных склонах крутизной 35° на высоте 1701 м н.у.м. БС распространены разнотравно-бородачевые сообщества. Общее проективное покрытие травостоя неравномерное, колеблется от 50 до 80%. Доминирует бородач кровеостанавливающий. Виды разнотравья преобладают над злаками (табл.). Рассеянно встречаются девясил крупнолистный, зверобой продырявленный, редко – душица обыкновенная. Жизненное состояние всех видов растений хорошее, все виды проходят полный вегетационный цикл.

Разнотравно-девясиловая ассоциация распространена на южных крутых (40°) склонах (42° 36' 26" с.ш., 75° 07' 19" в.д.), на высоте 1708 м н.у.м. БС. Общее проективное покрытие травостоя неравномерное – 70%. Эдификатором сообществ является девясил крупнолистный. Из злаков рассеянно встречается мятлик луговой. Из разнотравья с высоким обилием встречаются душица обыкновенная, зверобой продырявленный и полынь сантолинолистная (табл.). Жизненное состояние всех видов растений хорошее, все виды проходят полный вегетационный цикл.

Девясилово-разнотравная ассоциация встречается на южных склонах крутизной 35° (42° 35' 23" с.ш., 75° 07' 18" в.д.), на высоте 1720 м н.у.м. БС. Общее проективное покрытие травостоя неравномерное – 70%. Доминирует девясил крупнолистный. С высоким обилием встречаются душица обыкновенная и зверобой продырявленный. Рассеянно встречается субэндемичное лекарственное растение – пион гибридный. Жизненное состояние всех видов растений хорошее, все виды проходят полный вегетационный цикл.

Типчаково-душицево-ежовая ассоциация встречается на пологих северных склонах крутизной 8° (42° 37' 36" с.ш., 75° 08' 56" в.д.; урочище Арпа-Тектир), на высоте 1584 м н.у.м. БС. Общее проективное покрытие травостоя высокое – 80%. Из злаков доминируют ежа сборная и овсяница валезийская. На фоне густой злаковой растительности содоминантом сообществ является душица обыкновенная. Жизненное состояние всех видов растений хорошее, все виды проходят полный вегетационный цикл. Растительность используется в качестве сенокоса.

Девясилово-злаковая ассоциация занимает крутые (45°) северные склоны (42° 37' 38" с.ш., 75° 08' 52" в.д.). Абсолютная высота местности – 1579 м н.у.м. БС. Общее проективное покрытие травостоя высокое – 80-95% (последнее характерно для мест произрастания девясила высокого). Из злаков доминирует тонконог гребенчатый, с высоким обилием встречаются костер безостый и мятлик живородящий. Эдификатором сообществ является девясил крупнолистный. Жизненное состояние всех видов растений хорошее, все виды проходят полный вегетационный цикл.

Тимьяново-типчаково-бородачевое сообщество занимает пологие (8°) южные склоны (42° 38' с.ш., 75° 08' в.д.). Абсолютная высота местности – 1456 м н.у.м. БС. Общее проективное покрытие травостоя неравномерное – 60-65%. На фоне засухоустойчивых злаков содоминантом сообществ является тимьян Маршалла. Рассеянно встречается вишня тяньшанская. Жизненное состояние всех видов растений удовлетворительное, почти все виды проходят полный вегетационный цикл.

В северо-восточной части турбазы, на южных склонах крутизной 30° распространены кустарниково-полынно-типчаковые сообщества. Абсолютная высота местности – 2600 м н.у.м. БС. Общее проективное покрытие травостоя неравномерное и составляет 55-60%. Кустарниковая растительность представлена таволгой зверобоелистной, шиповником, эфедрой хвощевидной и бересклетом Семенова. В сообществе из лекарственных растений с высоким обилием встречаются зизифора пахучковидная, валериана туркестанская, патриния средняя и зверобой продырявленный. Жизненное состояние всех видов растений отличное. Растительность не подвергается воздействию выпаса.

Сообщества ценных лекарственных растений – чемерицы Лобеля и душицы обыкновенной – были исследованы летом в бассейне реки Чымынды-Сай.

Чемерицево-злаковая ассоциация занимает пологие (5°) северные склоны (42° 42' 01" с.ш., 079° 05' 59" в.д.). Абсолютная высота местности – 2005 м н.у.м. БС. Общее проективное покрытие травостоя – 90%. Из злаков с высоким обилием встречаются мятлик узколистный, тимофеевка, ежа сборная. Эдификатором сообществ является Чемерица Лобеля. Жизненное состояние многих видов растений неудовлетворительное, особенно у злаков. Не все виды проходят полный вегетационный цикл, только чемерица Лобеля, аконит белоустый, душица обыкновенная, аконит каракольский, клевер ползучий и луговой. Растительность подвергается сильному воздействию выпаса.

Злаково-разнотравная ассоциация занимает юго-западные склоны крутизной 10° (42° 42' 13" с.ш., 079° 05' 57" в.д.). Абсолютная высота местности – 2228 м н.у.м. БС. Общее проективное покрытие травостоя – 80%. Из злаков с высоким обилием встречаются полевица столоносная и мятлик узколистный. Из разнотравья с высоким обилием встречаются чемерица Лобеля и душица обыкновенная. Жизненное состояние многих видов растений неудовлетворительное. Не все виды проходят полный вегетационный цикл, только чемерица Лобеля, аконит белоустый, душица обыкновенная, аконит каракольский, молочай широколистный, клевер ползучий и луговой. Растительность подвергается сильному воздействию выпаса.

Разнотравно-злаковая ассоциация занимает юго-западные склоны (42° 42' 17" с.ш., 079° 05' 52" в.д.). Абсолютная высота местности – 2223 м н.у.м. БС. Общее проективное покрытие травостоя – 85%. Из злаков с высоким обилием встречаются мятлик узколистный, полевица столоносная и ежа сборная. Доминантом сообществ является чемерица Лобеля. Жизненное состояние многих видов растений неудовлетворительное, особенно у злаков. Не все виды проходят полный вегетационный цикл, только чемерица Лобеля, аконит белоустый, гравилат городской, душица обыкновенная, клевер ползучий и луговой. Растительность подвергается сильному воздействию выпаса.

Злаково-разнотравная ассоциация занимает западный склон крутизной 15° (42° 41' 58" с.ш., 079° 05' 56" в.д.). Абсолютная высота местности – 2156 м. Общее проективное покрытие травостоя – 85%. Из злаков с высоким обилием встречаются полевица столоносная и мятлик узколистный. Из

разнотравья с высоким обилием встречаются чемерица Лобеля, аконит белоустый, черноголовка обыкновенная и душица обыкновенная. Жизненное состояние многих видов растений неудовлетворительное. Не все виды проходят полный вегетационный цикл, только чемерица Лобеля, аконит белоустый, душица обыкновенная, черноголовка обыкновенная, молочай широколистный, клевер ползучий и луговой. Растительность подвергается сильному воздействию выпаса.

Злаково-разнотравная ассоциация занимает юго-западные склоны (42° 42' 34" с.ш., 079° 05' 54" в.д.). Абсолютная высота местности – 2206 м н.у.м. БС. Общее проективное покрытие травостоя – 85%. Из злаков с высоким обилием встречаются мятлик узколистный, полевица столоносная и ежа сборная. Из разнотравья наиболее часто встречаются чемерица Лобеля, тысячелистник обыкновенный, ястребинка оранжевая, бодяк съедобный и молочай широколистный. Жизненное состояние многих видов растений неудовлетворительное, особенно у злаков. Не все виды проходят полный вегетационный цикл, только чемерица Лобеля, аконит белоустый, бодяк съедобный, молочай широколистный, душица обыкновенная, клевер ползучий и луговой. Растительность подвергается сильному воздействию выпаса.

Чемерицево-манжетково-злаковная ассоциация занимает северный склон крутизной 8° (42° 42' 21" с.ш., 079° 06' 34" в.д.). Абсолютная высота местности – 2269 м н.у.м. БС. Общее проективное покрытие травостоя – 90%. Из злаков с высоким обилием встречаются тимофеевка, ежа сборная и мятлик узколистный. Эдификатором сообществ является чемерица Лобеля. Доминант сообщества – манжетка сибирская. Жизненное состояние многих видов растений неудовлетворительное. Не все виды проходят полный вегетационный цикл, только чемерица Лобеля, аконит белоустый, манжетка сибирская и клевер ползучий. Растительность подвергается сильному воздействию выпаса.

В бассейне реки Чымынды-Сай у чемерицы Лобеля широкий экологический ареал, приуроченный к южным и северным склонам различной крутизны. Образует множество сообществ (табл.). На момент исследования листья чемерицы Лобеля были съедены скотом. По-видимому, это явление связано с неурожайностью пастбищ, которая была вызвана малым количеством осадков. В районе исследования растительность сильно подвергается воздействию выпаса. Большинство видов растений, особенно злаки, не проходят полный вегетационный цикл, размножаются в основном вегетативно.

Таблица. Фитоценотические показатели растительных сообществ района исследований.

Географические Координаты / **Показатели сообщества, латинские названия видов**	**42° 42' 01" с.ш. 79° 05' 59" в.д.**	**42° 42' 13" с.ш. 79° 05' 57" в.д.**	**42°42' 17" с.ш. 79°05' 52" в.д.**	**42° 41' 58" с.ш. 79° 05' 56" в.д.**	**42° 42' 34" с.ш. 79° 05' 54" в.д.**	**42° 42' 21" с.ш. 79° 06' 34" в.д.**	**42° 36' 26" с.ш. 75° 07' 19" в.д.**	**42° 36' 24" с.ш. 75° 07' 18" в.д.**	**42° 35' 23" с.ш. 75° 7' 18" в.д.**	**42° 34' 36" с.ш. 75° 8' 56" в.д.**	**42°37' 38" с.ш. 75° 08' 52" в.д.**	**42°38' 18" с.ш. 75° 08' 35" в.д.**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
Экспозиция склона	С	Ю-З	ЮЮЗ	З	С	С	ЮЮВ	Ю	Ю	С	С	Ю
Крутизна склона, °	5	10	15	15	5	8	35	40	30	8	45	8
Абсолютная высота, м н.у.м. БС	2205	2278	2223	2156	2206	2269	1701	1708	1720	1584	1579	1456
Общее проективное покрытие, %	90	80	85	85	85	90	80	70	70	80	80	65
Номера описаний	1	2	3	4	5	6	31	32	33	34	35	36
Название видов растений	Обилие видов растений по шкале Друде											
1. Poa angustifolia	sp	sp-sol	sp_2	sp_2	sp-sol	sp-sol	sp_2		sp_2	sp_2		
2. P. nemoralis	sp											
3. Dactylis glomerata	sp_2		sp	sp-sol	sol	sp-sol				cop_1		
4. Carex sp.	sp2	sp			sp-sol							

Продолжение таблицы.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5. Trifolium repens	sp_2	sp-sol	sol	sp		sp-sol				sp-sol		
6. Alchemilla sibirica	sp_2	sp_2	sp	sp	sp-sol	cop_1-sp_4						
7. Aconitum leucostomum	cop_1	sol	sol	sp	sol	sp						
8. Euphorbia latifolia	sp_2	sp_2		sol	sp							
9. Veratrum lobelianum	cop_1	sp_2	sp_4-cop_1	sp_2	sp	cop_1-sp_4						
10. Origanum vulgare	sol	sp_2	sp_2	sp-sol	sol		sol	sp_2	sp_2	cop_1		
11. Cirsium esculentum	sp-sol			sp-sol	sp							
12. Thalictrum simplex	sol	sol										
13. Aconitum karakolicum	sol			sp-sol								
14. Plantago major	sol	sol	sol	sp	sp-sol	sol						
15. Myosotis suaveolens	Un	sol	sol	sol	sol							
16. Geranium pratense	sp-sol		sol	sol		sol						
17. Alfredia acantholepis	sol	sol	sp-sol	sp-sol	sol							
18. Delphinium oreophilum	sol					sol						
19. Hieracium aurantiacum	sp-sol	sp_2	sp-sol	sp-sol	sp							
20. Campanula glomerata	sp-sol		sol	sol								
21. Phlomis oreophila	sp-sol	sol	sol	sol	sp-sol							
22. Rumex tianschanicus	Un								sol			
23. Papaver croceum	Un				sol							
24. Trifolium pratense	sp-sol		sp-sol	sol						sp		
25. Ranunculus sp.	sol							sol				
26. Potentilla asiatica	sol		sol				sp	sp-sol		sp-sol	sp-sol	
27. Gentianella turkestanorum	sol-Un		sol		sol	sol						
28. Lamium album	sol		sol	sol								
29. Agrotis stolonifera		sp-sol	sp_2	sp	sp-sol	sol						
30. Geranium collimum		sp-sol										
31. Prunella vulgaris		sp	sp	sp								
32. Achillea millefolium		sp_2		sp-sol	sp			sp	sp-sol	sp		
33. Lathyrus pratensis		sol			sol							
34. Viola aqutifolia		Un					sol	sp-sol				
35. Plantago lanceolata		sol		sp			sol	sp	sol	sp-sol		sp_2
36. Galium boreale		sol		sol								
37. Euphrasia pectinata		sol										
38. Thalictrum foetidum		sol										
39. Geum urbanum			sol									
40. Nepeta pannonica			sp-sol				sol	sol	sp-sol			
41. Viola rupestris			sol		sp							
42. Galium verum			sol	sol				sp-sol				
43. Hypericum perforatum			sp-sol		sol		sp	sp_2	sp_2	sp	sp-sol	Un
44. Anemonastrum protractum			sol									
45. Inula rhizocepala				sol		sol						

Продолжение таблицы.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
46. Taraxacum officinale				sp-sol								
47. Primula farinosa					sp-sol	sol						
48. Astragalus sp.				sp-sol								
49. Trollius dschungaricius				sol								
50. Phleum alpinum				sp-sol								
51. Vicia tenuifolia				sol		sol						
52. Polygala hybrida					sol							
53. Cerastium inflatum					sol	sol						
54. Taraxacum sp.					sol							
55. Tanacetum boreale					sol							
56. Carum carvi						sp-sol						
57. Rumex acetosa						sol						
58. Tragopogon sp.							sol				Un	
59. Thalictrum minus									sol	sol		
60. Ziziphora clinopodioides							sp					
61. Festuca valesiaca									sol		sp-sol	cop_1
62. Poa pratensis								sol		sp_2		
63. Thymus seravschanicus												cop_1-sp_4
64. Medicago minima										sol		
65. Medicago falcata								sp-sol			sp_2	
66. Botrichloa ischaemum							cop_2					cop_{1-2}
67. Poa bulbosa							sp_2			sol	sp	sp_2
68. Carex turkestanica							sp_2	sp	sp		sp	
69. Oxytropis songorica							sp	sp	sp			
70. Inula grandis							sp_2	cop_2	sp_2		cop_1	
71. Dipsacus dipsacoides							cop_1	sp	sp			
72. Artemisia serotina							sp	sol			sp-sol	
73. Lappula microcarpa							sp	sol	sp-sol			
74. Betonica foliosa							sp	sp	sp			
75. Eremurus tianschanicus							sol	Un	sol			
76. Alyssum campestre							sp-sol					sp-sol
77. Veronica biloba							sol	sol				
78. Astragalus platyphyllus							sp					
79. Dodaria orientalis							sp					
80. Medicago microcarpa							sp-sol	sp				sp-sol
81. Eremostachys spesiosa							sol					
82. Roemeria refracta							sol					
83. Lagochilus sp.							Un				sp-sol	
84. Bromus japonicus							sol					sp
85. Ixilirion tataricum							sol	Un			sol	
86. Potentilla moorcrofti							sol					sol
87. Melilotis officinalis							Un			sol		

Продолжение таблицы.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
88. Artemisia dracunculus							sol	sp-sol		sol	sp-sol	
89. Galium aparine								sol	sol		sp-sol	
90. Ajania fastigiata								sp	sol		sp-sol	
91. Salvia deserta								sp		sp		
92. Artemisia santolinifolia								sp_2	sp			
93. Paeonia intermedia								Un	sp-sol			
94. Tulipa kolpakovskiana								Un			sol	
95. Elyrtigia trichophora									sp			
96. Agrimonia asiatica									sol			
97. Convolvulus arvensis									sol	sp-sol		
98. Scutellaria przewalskii									sol			
99. Koeleria cristata									sp		cop_1	
100. Acroptilon repens										sp		
101. Libanotis schrenkiana										sol		
102. Astragalus sieversianus										Un		
103. Bromus inermis											sp	
104. Onobrychis micranta											sp	
105. Lactuca serriola											sol	
106. Scrophullaria sp											Un	
107. Achillea bieberschteinii												sp_2
108. Convolvulus pseudocantabrica												sp
109. Herniaria glabra												sp
110. Veronica arvensis												sp
111. Anafalium arvense												sp-sol
112. Filago arvensis												sp-sol
113. Cerasus tianschanicus												sol

В районе исследования экологический ареал душицы обыкновенной тоже широк, занимает разные склоны с различной крутизной (табл.), образует множество ассоциаций. На момент описания душица обыкновенная образовала синузию. Местами она формирует сообщество с чемерицей Лобеля, но чаще встречается с молочаем широколистным. Сообщества душицы обыкновенной так же сильно подвергаются перевыпасу скота.

В ходе рекогностировочных исследований был проведен сбор подземной массы чемерицы Лобеля для определения урожайности. По нашим предварительным данным, средняя урожайность подземной массы Чемерицы Лобеля составляет 135-150 кг/га (воздушно-сухой вес).

Выводы

В результате изучения современного состояния растительности восточной части северного макросклона Кыргызского Ала-Тоо (на примере Кегетинского ущелья) и бассейна реки Чымынды-Сай можно сделать следующие предварительные выводы.

1. Растительный покров восточной части Кыргызского Ала-Тоо используется рационально, местами полностью отсутствует выпас скота. Последний фактор благоприятно влияет на растительность. Флористический состав сообществ богат. Жизненное состояние видов хорошее. Все виды растений проходят полный вегетационный цикл.

2. Растительность бассейна реки Чымынды-Сай в результате бессистемного пастбищного

использования находится на разных стадиях пастбищной дигрессии. Здесь у большинства видов угнетенное состояние. Преобладающая часть злаков размножается преимущественно вегетативно, поскольку до фазы колошения стравливается скотом.

3. Неурожайность летних пастбищ приводит к стравливанию непоедаемых и плохо поедаемых растений, таких как чемерица Лобеля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Айзенман С., Зауров Д.Э., Шалпыков К.Т., Струве Л. 2014. Лекарственные растения Средней Азии: Узбекистан и Кыргызстан. Бишкек. 432 с.

Алдашев А.А. 1979. Аконитy (фармакология, токсикология и применение). Фрунзе. 204 с.

Алтымышев А.А. 1976. Лекарственные богатства Киргизии. Фрунзе. 351 с.

Вандышева В.И., Юсупова А.А., Алимбаева П.К., Нуралиева Ж.С. 1977. Лекарственные растения Киргизии и перспективы их использования. Фрунзе: Илим. 65 с.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 4 (77), с. 58-65

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 574.4; 574.5

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ОРНИТОКОМПЛЕКСОВ НА ПРИМЕРЕ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮГА РОССИИ (РЕСПУБЛИКА КАЛМЫКИЯ)[1]

© 2018 г. И.Б. Шаповалова

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

Поступила в редакцию 02.03.2018

Разработана методика оценки состояния прибрежных орнитокомплексов, которую можно использовать на любых искусственных водных объектах, чтобы выявить нарушений в их работе и эксплуатации. В статье приведены данные, касающиеся некоторых искусственных водоемов сухостепной зоны Юга Европейской части России (республики Калмыкии). В ходе работ были выявлены основные факторы воздействия среды (водный фактор) на авиафауну водоема и определены основные показатели оценки (численность и плотность населения). Анализ данных о состоянии прибрежных орнитокомплексов степных водоемов (динамика видового разнообразия, численности и обилия птиц болотно-околоводного комплекса) показал их зависимость от водного фактора (осушение/обводнение водоема). В связи с усилением антропогенного воздействия рассмотрено изменение биоразнообразия орнитокомплексов некоторых внутренних водоемов Калмыкии, таких как Сарпа и Деед-Хулсун, в период с 2008 по 2015 годы. Дана экологическая характеристика и современная оценка состояния их популяций в соответствии с разработанной методикой. Даны рекомендации по управлению гидрологическим режимом водоемов для поддержания и сохранения в них популяций птиц болотно-околоводного комплекса.

Ключевые слова: методика оценки, показатель, фактор воздействия, амплитуда колебания, численность вида, плотность населения вида, обилие, степная зона, водохранилище, интразональный ландшафт, аридизация, гидрологический режим, орнитокомплексы, популяция, болотно-околоводный комплекс.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00036

Проблемы трансформации природных экосистем (в частности, орнитокомплексов) в результате изменения водного режима территории из-за хозяйственной деятельности человека (создание искусственных водоемов, ирригация) хорошо освещены в работах ряда авторов: В.И. Азарова (1984), В.И. Дробовцева (1972, 1977, 1979), В.Г. Кривенко (1981, 1991), В.А. Миноранского (1961) и других. Природные экосистемы регионов на юге России претерпели значительные изменения вследствие водохозяйственной деятельности человека под влиянием водохранилищ после наполнения ложа и введения их в эксплуатацию (Потапов, 1959; Экзерцев, 1961, 1963). В настоящее время у водохранилищ степной и полупустынной зон, созданных в середине прошлого века, в процессе эксплуатации и усиления антропогенной нагрузки наблюдается изменение конфигурации и режима использования (Уланова, 2010; Природные комплексы …, 2014; Шаповалова, 2016 а, б, 2017). Вслед за этим меняется и характер воздействия водохранилища на прилегающие территории. Это обусловливает трансформацию структурной организации и функционирования природных экосистем побережий и в том числе – состав и структуру орнитокомплексов, как наиболее подвижного их компонента. Изучение этого процесса, выявление характера и степени воздействия водохранилища на прибрежные природные комплексы (в частности, птиц), определение доли его участия в поддержании и сохранении видового разнообразия регионов – актуальные научные проблемы,

[1] Работа выполнена по теме НИР фундаментальных исследований ИВП РАН за 2018-2019 гг. «Моделирование и прогнозирование процессов восстановления качества вод и экосистем при различных сценариях изменений климата и антропогенной деятельности» (№ 0147-2018-0002) № государственной регистрации АААА-А18-118022090104-8.

изучение которых позволит дать экологическое обоснование для принятия решений по управлению использованием водных ресурсов на юге России.

Материалы и методы

Работы были проведены на некоторых внутренних водоемах Ергенинской возвышенности, Сарпинской и Прикаспийской низменности, играющих ключевое значение в водоснабжении и сохранении биоразнообразия Республики Калмыкия. *Основной целью* являлась разработка методов оценки трансформации орнитокомплексов в связи с изменением водного режима водного объекта. *Объектом исследований* служили орнитокомплексы, а в качестве *предмета исследований* определено изменение основных показателей орнитокомплексов при изменении водного режима водоема (обсыхание/обводнение) в аридных районах.

В работе использованы данные наблюдений, полученные в период с 2008 по 2015 гг., на оз. Сарпа и оз. Деед-Хулсун, питающихся пресными водами из каналов рек Волги и Кумы.

Работа выполнена по стандартным методикам орнитологических исследований маршрутным методом в сочетании с работой на стационарах (Равкин, 1967; Ларина и др., 1981; Vergeles, 1994). Для анализа населения птиц в отдельных ландшафтных выделах использована бальная шкала (Кузякин, 1962; Белик, 2000). Русские и латинские названия таксонов птиц приводятся в соответствии со сводкой Л.С. Степаняна (2003), типы фауны – по Б.К. Штегману (1938) с некоторыми изменениями и дополнениями (Равкин, 1967). В работе применен принцип ландшафтно-географической системы экотонов «вода-суша» В.С. Залетаева (1997). Основным *методическим подходом* при проведении исследований было использование метода «опыт-контроль», рассмотрение изменения основных показателей состояния орнитокомплекса: числа видов всего комплекса, плотности населения экологических групп видов по градиенту обсыхания водоема от полного наполнения до полного иссушения. В качестве «контроля» используются аналогичные данные по водоему, не имеющему тенденции к обсыханию. Для анализа связи выбранного показателя и фактора среды была создана общая классификация по годам исследований в зависимости от степени обводненности водоема, которой соответствовала система градаций по показателям плотности населения птиц в прибрежном орнитокомплексе: *контрольный год* (до осушки/обводнения водоема), *переходный* год (внезапное изменение уровня воды в водоеме) – резкое сокращение видов-индикаторов и их плотности, *экстремальный («плохой»)* год (иссушение/заливание, 1 год после резкого изменения показателя обводненности – незначительное присутствие видов индикаторной экологической группы (например, лимнофильной или дендрофильной групп), *пессимальный («очень плохой»)* год (2-ой год после изменения показателя основного фактора воздействия среды) – полное отсутствие видов индикаторной экологической группы.

Итогом исследований 2008-2017 гг. стала разработка методики оценки изменения прибрежных орнитокомплексов, как одного из наиболее пластичных компонентов наземных экосистем, по выявленным диагностическим показателям их трансформации в связи с изменением водного режима водоема и прилегающих к нему территорий в результате усиления антропогенного воздействия. В разработке *методики оценки трансформации орнитофауны* болотно-околоводного комплекса при изменении водного режима водоема учитывался *фактор интразональности*.

Результаты и обсуждение

Установлено, что все исследуемые водоемы, расположенные в сходной климато-географической зоне (степной, полупустынной), имеют схожие прибрежные биотопы, отличные от типичных зональных ценозов, и суммарно схожий видовой состав орнитофауны (сходство 67% и более; рис. 1) как в период гнездования, так и в период сезонных миграций, поэтому они удовлетворяют требованиям данной методики и могут служить объектами для сравнения и оценки.

В ходе создания методики оценки два исследуемых водоема были признаны модельными (оз. Сарпа и оз. Деед-Хулсун). На основе полученных на их территории данных выявлены *основной фактор воздействия среды на орнитокомплексы и ведущие показатели оценки его воздействия*; разработаны оценочные шкалы по изменению биоразнообразия и плотности населения птиц болотно-околоводного комплекса.

Для обоснования выбора показателя с целью дальнейшего анализа и оценки состояния прибрежных орнитокомплексов был построен график связи показателей с фактором среды (рис. 2).

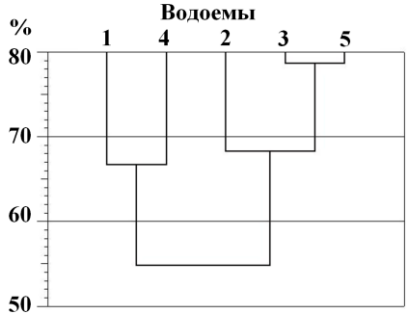

Рис. 1. Сходство видового состава исследуемых водоемов за весь период исследований (2008-2015 гг.), использован индекс Съеренсена в программе ECOL. У*словные обозначения*: 1 – оз. Аршань-Зельмень, 2 – Чограйское водохранилище, 3 – оз. Деед-Хулсун, 4 – лиманы оз. Маныч-Гудило (Пролетарское водохранилище), 5 – оз. Сарпа (водохранилище Цаган-Нур).

Таким образом, установлено, что основным фактором воздействия на прибрежные орнитокомплексы является *изменение уровня воды в водоеме*. Ведущими оценочными показателями состояния болотно-околоводного орнитокомплекса для степных водоемов, находящихся в интразональных условиях, являются *видовое разнообразие* птиц лимнофильной экологической группы (водоплавающие, болотно-околоводные виды), а также их *численность и плотность населения*. Так как последние показатели коррелируют друг с другом, то можно использовать один из них. Все выявленные показатели могут быть использованы в качестве индикаторов изменения водного зеркала водоема.

Данные по трансформации прибрежной орнитофауны водоемов (оз. Сарпа – процесс осушения, оз. Деед-Хулсун – процесс обводнения) послужили основой для создания шкалы видового разнообразия, которую можно применять для оценки состояния болотно-околоводного комплекса птиц любых равнинных водоемов степной и полупустынной климатических зон. Она показывает, что при сокращении площади водного зеркала и уменьшении объема водоема при его обсыхании видовое биоразнообразие резко сокращается, в основном за счет лимнофильной группы. В первый год осушения (частичное или неполное) биоразнообразие сокращается незначительно, примерно на 10-20%, в основном за счет крупных водоплавающих видов (пеликанообразные, гусеообразные). Происходит временное перераспределение численности видов болотно-околоводного комплекса. Численность водоплавающих резко сокращается, а численность околоводных видов и обитателей мелководий наоборот нарастает (ржанкообразные, цаплевые, пастушковые) в связи с образованием дополнительных гнездовых стаций и наибольшей доступностью кормовых объектов. Во второй год осушения водоем пересыхает практически целиком, за исключением отдельных незначительных луж, оставшихся на месте наиболее глубоких мест водоема. Ложе водоема покрыто значительным количеством подсыхающего топкого ила с островками остатков сухих стеблей тростника и их зачатков. Группа болотно-околоводных видов практически исчезает из общего биоразнообразия водоема, за исключением некоторых чайковых и куликов, использующих топкие труднодоступные места для своих гнездовий и поиска корма. Общее видовое разнообразие прибрежной орнитофауны сокращается более чем на 50%. В последующие годы водоем пересыхает полностью, с его территории полностью исчезают виды лимнофильной экологической группы, даже самые толерантные к осушению.

Напротив, при резком обводнении (в 1 год обводнения) у местных водоплавающих и болотно-околоводных видов птиц в начале гнездового сезона (начало мая) повсеместно наблюдается резкое увеличение видового разнообразия и обилия. Оно незначительно спадает к середине июня с исчезновением весенних мигрантов (май – окончание весенней миграции птиц). Но в целом общее обилие птиц находится на высоком уровне. Это явление происходит за счет увеличения на водоеме численности уже зарегистрированных ранее гнездящихся видов (расселяющиеся особи), появления новых видов-вселенцев с других территорий, летующих видов (молодые или не размножающиеся особи) и случайных залетных видов (доля которых очень низка). Начиная с конца июня, в общем обилии видов болотно-околоводного комплекса водоема увеличивается доля участия молодых особей гнездящихся видов (слетки этого года) и линных птиц. Основной прирост численности и обилия на водоеме происходит за счет гусеобразных, ржанкообразных, аистообразных (цаплевых) и некоторых околоводных хищных видов птиц (соколообразные, совообразные), а также некоторых воробьинообразных видов (камышевки, сверчки).

Повышение биоразнообразия происходит в основном за счет образования дополнительных гнездовых стаций, разросшейся прибрежной растительностью и увеличения кормовой базы (рыба,

беспозвоночные, погруженная растительность и прочие). У местных же гнездящихся видов в этот год, напротив, повсеместно отмечается снижение видового разнообразия и сокращение численности, а также снижение процента выхода птенцов в связи с затоплением их гнездовий. Во второй год обводнения при наличии регулярных попусков воды (2 раза в неделю) в водоеме происходит незначительная стабилизация биоразнообразия и численности за счет сокращения числа пришлых видов и адаптации местных гнездящихся к постоянному обводнению. Однако общая численность местных гнездящихся видов по-прежнему остается довольно низкой. В последующие годы число и обилие местных гнездящихся и пришлых видов нивелируется и сравнивается с показателями контрольного года (год до обводнения).

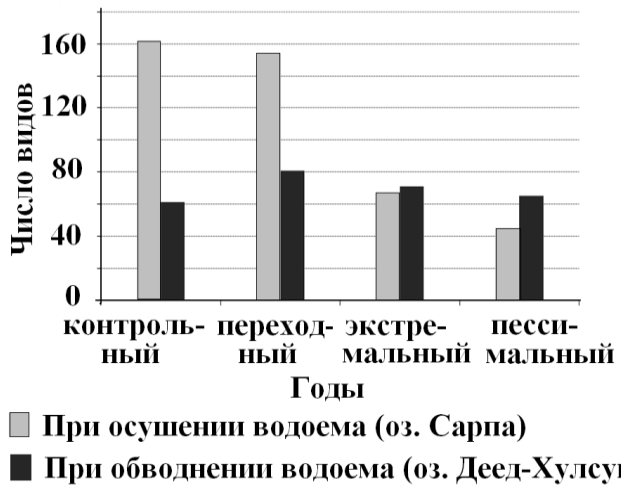

Рис. 2. Оценочная шкала изменения видового разнообразия птиц болотно-околоводного комплекса. Годы указаны по степени воздействия водного фактора на биоразнообразие орнитофауны.

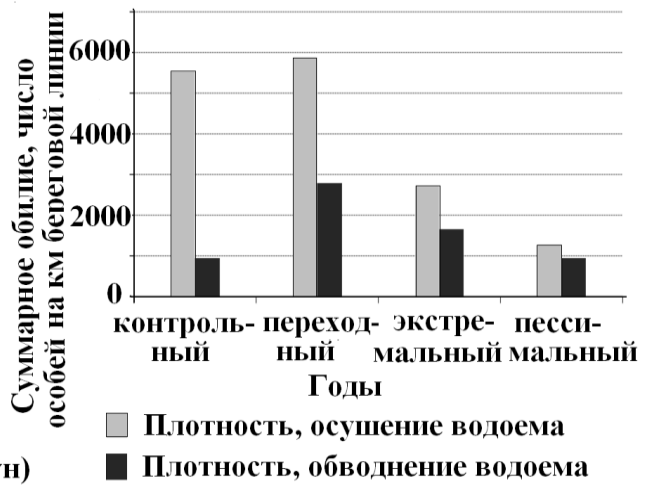

Рис. 3. Оценочная шкала изменения плотности населения видов птиц болотно-околоводного комплекса; годы указаны по степени воздействия водного фактора на птиц.

Эта тенденция сохраняется и при анализе обилия болотно-околоводных видов птиц водоема. Таким образом, можно сделать заключение, что наши данные достоверны, выводы верны и построенные шкалы отображают реальные процессы трансформации видового разнообразия и обилия птиц болотно-околоводного орнитокомплекса в условиях разной степени обводненности водоема (обводнение/осушение). То есть данная методика может быть применима для оценки состояния прибрежной орнитофауны любого искусственного водоема равнинного типа, находящегося в интразональных условиях.

Таким образом, можно заключить, что показатели общего числа видов болотно-околоводного комплекса птиц, их численности и плотности населения видов его экологических групп (в особенности лимнофильной) могут использоваться в качестве индикаторов изменения водного зеркала водоема.

При более подробном анализе воздействия фактора среды на выделенный показатель (осушение) установлено, что в разных экологических группах птицы реагируют на иссушение водоема неоднозначно, вне зависимости от процентного соотношения видов в экологических группах внутри орнитокомплекса. Наиболее прямолинейно реагирует группа водно-околоводных видов птиц (лимнофильная экологическая группа). Она же является преобладающей в данном орнитокомплексе. Реакция остальных экологических групп прибрежного орнитокомплекса требует дополнительного изучения (дендрофильная) или индифферентна к фактору обводнения (кампофильная и склерофильная экологические группы).

Так, в 2011 году (контроль) суммарная плотность населения лимнофильных и дендрофильных видов птиц была выше, чем в других экологических группах. В 2012 году эти показатели снизились по сравнению с 2011, и их обилие и видовое разнообразие продолжало снижаться в два последующих

года (рис. 4, 5).

На водоеме Сарпа в 2010 и 2011 годы (годы с обычным режимом водоема, до осушки – контроль) виды в прибрежных орнитокомплексах по экологической структуре были распределены следующим образом: лимнофильные виды – 65%, дендрофильные – 20%, склерофильные – 7% и кампофильные – 8%. После 2012 года (осушение) экологическая структура изменилась: группа лимнофильных видов исчезла, общее число видов сократилось. Оставшиеся виды в экологических группах распределены так, что дендрофильные виды составили 54%, склерофильные – 27%, кампофильные – 20%.

В результате проведенных исследований на оз. Сарпа выявлено следующие закономерности: 1) оценочные показатели (видовое разнообразие орнитокомплекса, численность и плотность населения разных его экологических групп) следуют за изменением водного зеркала; 2) по мере обсыхания водоема оценочные показатели состояния болотно-околоводного орнитокомплекса (общее число видов, плотность населения и численность всех экологических групп, кроме группы кампофильных) сокращаются.

Также удалось проследить связь изменения значения выбранного показателя (плотность населения птиц) в болотно-околоводном сообществе птиц на оз. Деед-Хулсун в ответ на действие фактора среды (обводненность). Полученные результаты позволят в дальнейшем применять данные показатели для объективного анализа и оценки состояния прибрежных орнитокомплексов в других регионах (рис. 6)

В результате производимых исследований на побережье водоема Деед-Хулсун были выявлены основные оценочные показатели, наиболее тесно связанные с фактором обводненности водоема. Ими являются *видовое разнообразие, численность и плотность населения видов* птиц в сообществе. При анализе связи показателей изменений состояния орнитокомплекса данного водоема с фактором воздействия среды (обводненность водоема) установлено, что *показатель плотности населения видов* наилучшим образом способен отображать динамику состояния орнитокомплекса.

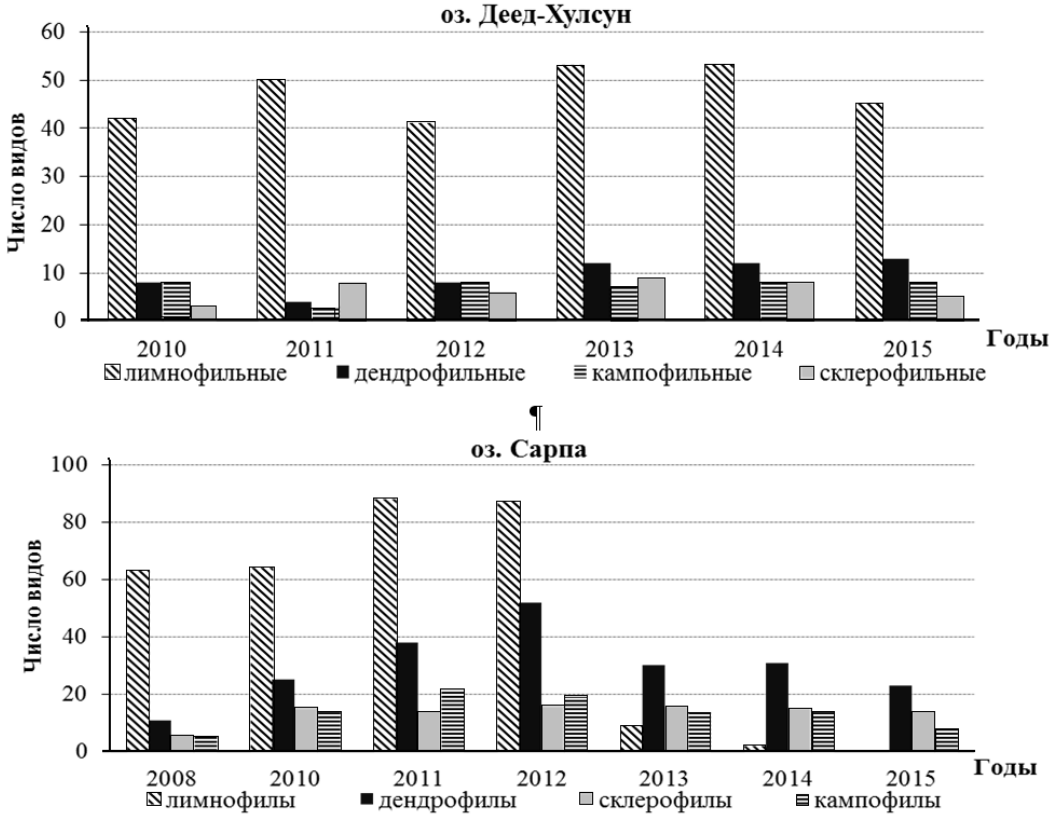

Рис. 4. Динамика видов экологических групп исследуемых водоемов в разные годы исследований.

При анализе обилия экологических групп самой многочисленной является лимнофильная группа, в которую входит наибольшее число гнездящихся на водоеме околоводных видов птиц,

составляющих основу сообщества. При подробном рассмотрении этой группы стоит отметить невысокое обилие в первый (2011) и второй (2012) годы обводнения оз. Деед-Хулсун. Это связано с резким сбросом воды в начале гнездового сезона (конец апреля – май) и заливанием гнездовых кладок большинства водоплавающих и околоводных видов, гнезда которых расположены невысоко, в прибрежной полосе тростника. В последующие годы происходила постепенная адаптация этих видов к регулярным попускам воды в водоем с последующей стабилизацией их численности. Наибольшего обилия группа достигла в 2013 и 2014 годах с последующим резким сокращением в 2015 году. Такие скачки обилия связаны также с фактором беспокойства, сильно выраженным в период 2012-2013 гг. (несанкционированная охота на водоплавающих в мае) и в 2015 г. (траление подросшей рыбы с марта по май включительно и в сентябре).

Подобная тенденция сохраняется и при анализе обилия популяций отдельных видов птиц, в частности пеликанов (кудрявый и розовый; рис. 7) и наиболее распространенных на водоеме гусеобразных.

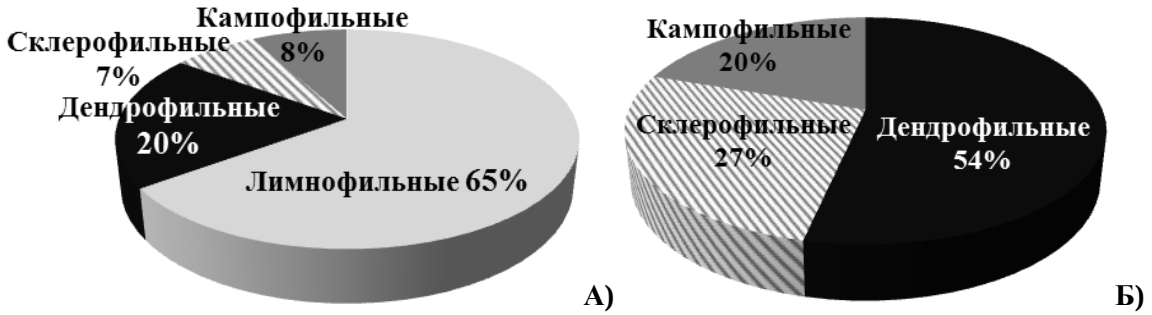

Рис. 5. Доля участия видов различных экологических групп в суммарном видовом разнообразии прибрежного орнитокомплекса оз. Сарпы.

Рис. 6 Разногодичная динамика обилия видов птиц разных экологических групп прибрежного орнитокомплекса оз. Деед-Хулсун в результате изменения обводненности территории.

Среди пеликановых отмечен рост обилия с 2013 года. Наибольшего обилия популяция кудрявого пеликана достигла в 2014 году в связи с уменьшением фактора беспокойства (прекращение охоты в мае, отсутствие промышленного траления, увеличение кормовой базы – количества рыбы). Примерно с 2012 года к ранее гнездящейся на оз. Деед-Хулсун популяции кудрявого пеликана примкнули летующие особи розового пеликана (вероятно, часть популяции с Восточного Маныча). Там располагается большая гнездящаяся популяция этого вида, чье обилие возросло к 2015 году. Однако, начиная с 2013 года, все особи пеликанов были отмечены лишь летующими.

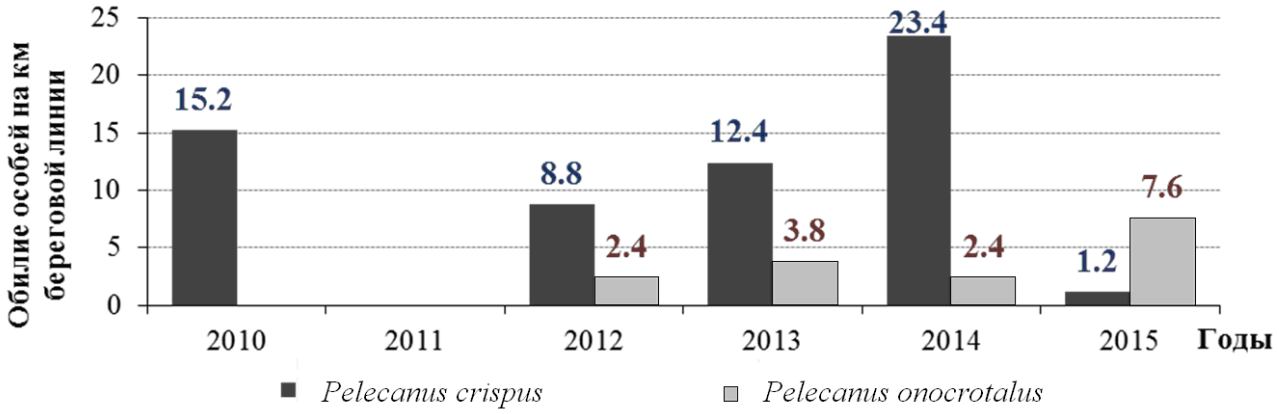

Рис. 7. Разногодичная динамика обилия популяции *Pelecanus crispus* и *P. onocrotalus* на оз. Деед-Хулсун.

Последний случай гнездования зарегистрирован в 2012 году (2 гнездящиеся пары, 4 птенца). Среди утиных наибольшим обилием отличались виды, чье гнездование не связано с близостью к воде: пеганка (*Tadorna tadorna*) и огарь (*Tadorna ferruginea*) – гнездование в норах грызунов, часто на значительном удалении от водоема. У остальных гусеобразных обилие было невелико на протяжении всего периода исследований и возросло (сравнялось с контролем – 2010 г.) только в июне 2015 года после окончания траления рыбы в водоеме.

Заключение

На примере водоемов Сарпа и Деед-Хулсун отмечены изменения в составе и структуре орнитокомплекса в результате процесса обводнения или осушки водоема. Население птиц болотно-околоводного комплекса наиболее чувствительно к изменениям водного режима водоема, в особенности представители лимнофильной группы. К ней относятся птицы водно-околоводного комплекса: водоплавающие и некоторые болотно-околоводные виды. Они могут рассматриваться в качестве видов-индикаторов обводнения водоема.

Основным фактором воздействия на прибрежные орнитокомплексы является *изменение уровня воды в водоеме (водный фактор)*. Ведущими *показателями оценки* зависимости орнитокомплексов от воздействия на них факторов окружающей среды определены *численность и плотность населения птиц в орнитокомплексах*. *Показатель плотности населения* наиболее точно отображает связь видов птиц орнитокомплекса и фактора обводненности водоема, поэтому был выбран для дальнейшего анализа орнитокомплексов побережья исследуемого водоема.

Любые отклонения от среднего значения нормы обводненности водоема (суточные, сезонные изменения уровня воды, а также годовые или глобальные) оказывают ощутимое воздействие на видовой состав, экологическую структуру и численность птиц в прибрежных орнитокомплексах. В результате проведенных исследований установлено, что они могут оказаться как положительными, так и отрицательными для разных видов птиц сообщества, но всегда оказывают дестабилизирующее воздействие на орнитокомплекс в целом, вызывая изменения численности и смену видов-доминантов в сообществе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Азаров В.И. 1984. Численность водоплавающих птиц на озерах Тоболо-Ишимской лесостепи. Современное состояние ресурсов водоплавающих птиц. М. С. 119-121.

Белик В. 2000. Птицы степного Придонья: Формирование фауны, ее антропогенная трансформация и вопросы охраны. Ростов-на-Дону. 376 с.

Дробовцев В.И. 1972. Состояние водно-болотных угодий Северо-Казахстанской области // Ресурсы водоплавающих птиц СССР, их воспроизводство и использование. Тезисы докладов III Всесоюзного совета. М.: Изд-во МГУ. С. 94-97.

Дробовцев В.И. 1977. Водоплавающие птицы лесостепной зоны Северного Казахстана и пути их рационального использования. Дисс. … канд. биол. наук. М. 162 с.

Дробовцев В.И. 1979. Типологическая классификация озер Северного Казахстана и юга Западной Сибири // Вопросы

региональной географии Казахстана. Алма-Ата: Каз. ГПИ. С. 73-80.

Залетаев В.С. 1997. Структурная организация экотонов в контексте управления // Экотоны в биосфере. М.: РАСХН. С. 11-29.

Кривенко В.Г. 1981. Закономерности динамики гнездящихся птиц на водоемах долины р. Маныча // Научные основы обследования колониальных гнездовий околоводных птиц. М.: МОИП. С. 66-68.

Кривенко В.Г. 1991. Водоплавающие птицы и их охрана. М.: Агропромиздат. 271 с.

Кузякин А.П. 1962. Зоогеография СССР // Ученые записки Московского областного педагогического института имени Н.К. Крупской. Т. 109. С. 3-182.

Ларина Н.И., Голикова В.Л., Лебедева Л.А. 1981. Учебное пособие по методике полевых исследований экологии наземных позвоночных. Саратов: Изд-во Саратовского университета. 120 с.

Миноранский В.А. 1961. Некоторые данные об орнитофауне озера Маныч-Гудило и его окрестностей // Материалы XIV научной студенческой конференции. Ростов-на-Дону. С. 88-91.

Потапов А.А. 1959. Зарастание водохранилищ при различном режиме уровней // Ботанический журнал. Т. 44. № 9. С. 1271-1278.

Природные комплексы побережья Цимлянского водохранилища. 2014 / Ред. Н.М. Новикова. М.: Агронаучсервис. 152 с.

Равкин Ю.С. 1967. К методике учета птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае (Северо-Восточная часть). Новосибирск: Наука. С. 66-75.

Степанян Л.С. 2003. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). М.: Академкнига. 806 с.

Уланова С.С. 2010. Эколого-географическая оценка искусственных водоемов Калмыкии и экотонных систем «вода-суша» на их побережьях / Ред. Н.М. Новикова. М.: Изд-во РАСХН. 263 с.

Штегман Б.К. 1938. Основы орнитогеографического деления Палеарктики // Фауна СССР: Птицы. Т. 1. Ч. 2. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 160 с.

Шаповалова И.Б., Подольский С.А., Бадмаев В.Э., Уланова С.С. 2009. Орнитокомплексы искусственных водоемов республики Калмыкия в период осенней миграции // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2009. Т. 1. № 1 (18). С. 63-80.

Шаповалова И.Б. 2016 а. Современное состояние орнитофауны искусственного водоема Сарпа под влиянием водного и антропогенного факторов // Проблемы региональной экологии. № 4. С. 38-45.

Шаповалова И.Б. 2016 б. Современное состояние водохранилища Деед-Хулсун и его воздействиена прибрежную орниоофауну вследствие изменения водного режима и усиления антропогенной нагрузки // Использование и охрана природных ресурсов России. № 4 (148). С. 35-40.

Шаповалова И.Б. 2017. Состояние биоразнообразия редких и исчезающих видов птиц внутренних водоемов степной зоны Юга России (республика Калмыкия) за 2008-2015 годы // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 4. С. 59-100.

Экзерцев В.А. 1961. Первые стадии зарастания мелководий волжских водохранилищ // Бюллетень ИБВ АН СССР. № 10. С. 11-13.

Экзерцев В.А. 1963. Зарастание литорали волжских водохранилищ // Труды Института биологии внутренних вод АН СССР. Вып. 6 (9). С. 15-29.

Vergeles Yu.I. 1994. Quantitative Counts of Bird Population: a Methodological Review. Berkut. № 3 (1). P. 43-48.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 4 (77), с. 66-74

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 598.241; 574.91

ЮЖНЫЕ ПУТИ МИГРАЦИЙ И МЕСТА ЗИМОВОК СЕРЫХ ЖУРАВЛЕЙ ДУБНЕНСКОГО ПРЕДОТЛЕТНОГО СКОПЛЕНИЯ[1]

© 2018 г. О.С. Гринченко*, Т.В. Свиридова, Е.И. Ильяшенко****

**Институт водных проблем РАН*
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: olga_grinchenko@mail.ru
***Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33

Поступила в редакцию 02.02.2018

Преобразование аридных экосистем в сельскохозяйственные угодья вокруг естественных и искусственных водоемов привело к формированию крупных скоплений на путях миграций и в местах зимовок серых журавлей, гнездящихся в центре европейской части России. Мечение журавлей Дубненского предотлетного скопления цветными кольцами позволило обнаружить птиц на зимовке в Израиле в долине Хула.

Результаты слежения за мечеными журавлями позволяют находить ключевые участки на путях миграции с целью их последующего сохранения, а также выявить возможное использование журавлями Дубненского скопления других мест предотлетных скоплений в Московской и сопредельных областях, что особенно важно в связи с сокращением площади Дубненского скопления и снижением защитных и кормовых качеств угодий.

Ключевые слова: серый журавль, Дубненское предотлетное скопление, долина Хулы в Израиле, миграции, мечение.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00037

Серый журавль (*Grus grus* Linneaus, 1758) – обычный, широко распространенный вид. Гнездовая часть его ареала охватывает большую часть лесотундровой, лесной и лесостепной зоны Евразии и далеко заходит в степи и полупустыни на южной границе. В середине XX в. данные по экологии, численности и особенностях распространения были довольно скудными. Массовая кампания по освоению целинных и залежных земель и интенсивные мелиоративные работы в 1950-1960-е гг. привели к сокращению площади гнездовых местообитаний. Как следствие, численность вида в европейской части России в период с 1958 по 1978 гг. упала с 5 тыс. до 2.5 тыс. пар (Приклонский, Маркин, 1982).

Резкое сокращение численности послужило толчком к активизации изучения и сохранения серого журавля.

С 1977 г. началась интенсивная работа по поиску мест обитания серого журавля в Московской области. Регулярно работали экспедиции студенческой Дружины по охране природы биофака МГУ им. М.В. Ломоносова. Целью работы было выявление мест обитания редких видов животных и организация особо охраняемых природных территорий с ограничением определенной хозяйственней деятельности, ведущей к деградации природных экосистем. На тот момент казалось, что в связи с интенсивным осушением болот вид почти исчез с территории области, и сохранились лишь изолированные пары на малодоступных болотах (Птушенко, Иноземцев, 1968).

Годом позже в Талдомском районе Московской области была найдена большая гнездовая группировка серых журавлей в пойме р. Дубны и крупное осеннее предмиграционное скопление,

[1] Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы (НИР) ИВП РАН за 2018-2020 гг. темы 2 «Моделирование и прогнозирование процессов восстановления качества вод и экосистем при различных сценариях изменений климата и антропогенной деятельности» (№ 0147-2018-0002), раздела 2.6. «Эволюция наземных экосистем в изменяющихся природных условиях» № государственной регистрации АААА-А18-118022090104-8».

являющееся также важнейшим местом остановки северных мигрантов. В 1978 г. благодаря усилиям Дружины был организован региональный государственный заказник «Журавлиная родина» и проведены первые учеты журавлей (Зубакин и др., 1982).

Однако состояние популяций серого журавля и красавки (*Anthropoids virgo* Linneaus, 1758), а также угрожаемое положение редких видов журавлей: стерха (*Leucogeranus leucogeranus* Pallas 1773), японского (*Grus japonensis* S. Müller 1776), даурского (*Grus vipio* Pallas 1811) и черного (*Grus monacha* Temminck 1935) – в 1970-е гг. продолжало вызывать тревогу. Это послужило импульсом к созданию Рабочей группы по журавлям СССР – первой общественной организации, образованной для сохранения и изучения определенной группы птиц (Ильяшенко, 2008).

За период с 1980 по 1990-е гг. были решены многие задачи в области изучения и охраны журавлей. Создан обширный коллектив специалистов и сеть кураторов по регионам Советского Союза и отдельным проблемам охраны и изучения, установлены международные связи, организованы центры по разведению и восстановлению редких видов, созданы охраняемые территории, начались работы по мечению журавлей цветными кольцами, налажена публикация информационных материалов. Результатом этой работы стало то, что прежде сравнительно малоисследованная группа журавлей по степени изученности вышла на одно из первых мест.

В 1994-1997 гг. в заказнике «Журавлиная Родина» стала сокращаться численность миграционного скопления серых журавлей, что было связано с экономическим кризисом и реорганизацией сельского хозяйства (Гринченко, Свиридова, 2016). Это активизировало работу по экологическому просвещению, а также развитию, планированию и экологизации сельского хозяйства. Начались ежегодные осенние «Фестивали журавля» – экскурсионные экопросветительские программы для детей и взрослых, был создан Музей Журавля, в дальнейшем это инициировало проведение всероссийского праздника «День журавля». А из юннатов, изучающих журавлей в разных регионах России, была собрана молодежная рабочая группа по журавлям.

В 2000 г. деятельность рабочей группы восстановилась в качестве Рабочей группы по журавлям Евразии (РГЖЕ). Приоритеты в работе РГЖЕ остались прежними: содействие изучению и сохранению журавлей на территории России и ряда стран ближнего и дальнего зарубежья. Члены Дружины, а в дальнейшем сотрудники заказника «Журавлиная родина» стали активными участниками в деятельности Рабочей группы по журавлям. Ими проводились учеты численности, мониторинг состояния гнездовой популяции, велось управление популяцией журавлей на сельскохозяйственных угодьях в период миграционного скопления, охрана и просвещение.

В последние годы с развитием современных технологий важным направлением в деятельности РГЖЕ стало мечение не только редких, но и многочисленных, и широко распространенных видов журавлей цветными кольцами и GPS/GSM-передатчиками с целью изучения гнездовой биологии, определения путей миграции и мест зимовок. К этой работе в 2017 г. подключился заказник «Журавлиная родина».

В данной работе показаны важность проведения мечения журавлей Дубненского предотлетного скопления для изучения его пространственно-временной структуры, связи с другими предотлетными скоплениями, и характер использования миграционных путей, мест остановок и зимовок серых журавлей в аридной зоне.

Материалы и методы

Серый журавль возвращается в центральную Россию с зимовок в конце марта – начале апреля, и уже в конце этого месяца самка откладывает 1-2 яйца. Птенцы появляются в конце мая, а в начале августа становятся на крыло. В это время начинает формироваться осеннее предотлетное скопление. Журавлиные семьи, молодые неполовозрелые птицы, взрослые журавли, не размножавшиеся по каким-либо причинам, собираются в определенных исторически сложившихся ландшафтных комплексах, благоприятных по своим защитным и кормным условиям. Здесь птицы держатся несколько недель, объединяются в стаи и начинают перелет. На путях миграции тоже существуют скопления, где птицы могут отдыхать длительное время. Одно из крупнейших скоплений в конце миграционного пути – это Национальный парк Агамон Хула в Израиле. Часть птиц остается здесь на зимовку, часть летит в Эфиопию и дальше.

Методы определения путей миграции и зимовок серых журавлей. Еще не так давно орнитологи могли судить о путях пролета серых журавлей только по отдельным наблюдениям за мигрирующими

стаями. С 1925 по 1973 гг. в СССР было окольцовано всего 79 серых журавлей, от которых было получено 5 возвратов колец, что не внесло особой ясности в определение путей миграции (Маркин, 2013). В Окском заповеднике с 1978 по 1996 гг. разными методами было отловлено уже 180 серых журавлей. В результате этой работы было получено 13 дальних возвратов, из которых 3 были из Израиля, 2 из Турции и 1 из Судана, а остальные с Украины, из Воронежской и Тверской областей (Маркин, 2013). По литературным данным также было известно, что серые журавли из центра европейской России летят через Турцию, с октября по март останавливаются в Израиле, мигрируют через Иорданию и Египет и зимуют в Эфиопии и Судане (Судиловская, 1951).

Современные методы кольцевания и телеметрии и результаты исследований, полученные при помощи этих методов, существенно расширили представления о путях миграции и местах зимовки серых журавлей. Основные способы определения местоположения меченой радиопередатчиком птицы при помощи спутниковых систем:

- Спутниковый передатчик. Сигнал передатчика принимается пролетающим спутником, и по сдвигу частоты принятого сигнала за счет эффекта Допплера вычисляются координаты птицы.
- Приемник GPS. Принимает сигналы с пролетающих спутников, по которым определяет свои координаты, которые передает исследователю по второй системе связи – модулю GSM (Соколов, 2011).

Методы учета численности серых журавлей и определение пространственно-временной структуры Дубненского предотлетного скопления. Исследования динамики и пространственной структуры Дубненского осеннего предотлетного скопления серых журавлей в Талдомском районе Московской области проводили на площади около 30 тыс. га. Скопление характеризуют ряд параметров: время формирования, период существования, площадь используемой территории, численность, традиционность использования, внутренняя структура – расположение и использование мест кормежки (поля убранных зерновых культур, посевы озимых, пашни, луга, залежи, заболоченные поймы) и ночевок (болота разного типа, заболоченные луга, зарастающие озера и вторично заболоченные участки осушенных в прошлом торфяников).

Для определения динамики численности на месте предотлетного скопления раз в несколько дней группы наблюдателей проводят учеты с 5-10 точек в местах перелета основных стай. Учетчики регистрируют всех птиц, вылетающих утром с 5.00 до 9.00 кормиться на поля и возвращающихся вечером с 17.00 до 21.00 на ночевки. Обработка данных учетов позволяет определить изменение численности в период существования скопления, выявить основные кормовые поля и определить число птиц, использующих ночевки на болотах и лугах.

Для определения пространственного распределения и возрастного состава предотлетного скопления проводят регулярные пешие и автомобильные маршруты с использованием 10-12-кратных биноклей и подзорных труб с увеличением 45-60 крат. Регистрируют дату, время, число птиц, возрастной состав, тип местообитания (в том числе описывают поля и их хозяйственное состояние на момент учета: стерня, пашня, озимые). Полученные данные используют для картирования мест кормежки и отдыха стай.

Регулярные наблюдения позволяют выявить места кормежки, где журавли находятся большую часть дня, и где возможно проведение их отлова и мечения. Они также должны быть мало посещаемы людьми и иметь подъезд для транспорта исследователей.

Отлов и мечение серых журавлей на местах предотлетных скоплений. Отлов серых журавлей проводили с использованием транквилизатора альфа-хлоралозы. Этот метод впервые применен в России в буферной зоне Окского заповедника (Маркин, 2013; Маркин, Ильяшенко, 2010).

Для индивидуального мечения использовали цветные пластиковые кольца ELSA, произведенные в Германии. На левую голень помещали три белых кольца – национальный код России в Европейской схеме мечения серых журавлей (Маркин, Ильяшенко, 2010), на правую голень – комбинацию из трех цветных колец (индивидуальный код).

Результаты и обсуждение

Пространственно-временная структура Дубненского предотлетного скопления серых журавлей. В течение всего лета в окрестностях заказника «Журавлиная родина» встречаются стаи летующих холостых журавлей численностью от 16 до 96 особей (ос.). Первые семьи с птенцами появляются на полях в первой декаде августа. В это же время или немного позже начинается

формирование осеннего предотлетного скопления.

Постоянные наблюдения за Дубненским предотлетным скоплением проводятся с 1979 г. (Зубакин и др., 1982). Наибольшая численность в период максимума скопления зарегистрирована в 1987 г. – 3250 ос., наименьшая в 1998 г. – 600 ос. Снижение численности в 1990-х гг. связано с сокращением посевной площади зерновых культур из-за спада сельскохозяйственного производства (Смирнова, 1997). В последние годы численность несколько увеличилась и стабилизировалась, в среднем составляя 1200-1300 особей.

В 1980-е гг. на месте скопления выделяли пять сравнительно крупных массивов полей (Апсаревкое урочище, окрестности дд. Измайлово и Окаемово и сс. Закубежье и Заболотье), сходных по интенсивности и типу сельскохозяйственного использования. В настоящее время эти участки различаются наличием или отсутствием кормовой базы для птиц, что оказывает существенное влияние на пространственную структуру скопления (Свиридова и др., 2006). Журавли предпочитают кормиться на посевах озимой пшеницы, которые в разные годы могут иметь различную площадь и сроки сева. Кроме полей журавли используют для кормежки и отдыха сенокосы и различные заболоченные участки на лугах, вблизи канав и прудов, на торфяниках и в поймах рек.

В заказнике «Журавлиная родина» и его окрестностях, где журавли обычно держатся перед миграцией, полей с зерновыми культурами и лугов, пригодных для отдыха и кормежки журавлей, в настоящее время не много. Часть сельскохозяйственных угодий представляет собой многолетние залежи. Многие поля на периферии скопления оказались застроены дачными поселками, что безвозвратно сократило площадь места скопления. Часть угодий используют для выращивания картофеля и рапса – культур не пригодных для кормежки журавлей. Постоянная химическая обработка таких полей снижает численность беспозвоночных и количество сорной растительности, корнями и семенами которой также питаются журавли.

В связи с климатическими изменениями усиливается заболачивание заброшенных сельскохозяйственных угодий (Кузьмина и др., 2013; Кузьмина, Трешкин 2017). Таких мест становится больше, а их обводненность – более стабильной. Заболоченные луга и луговые болота, расположенные рядом с полями зерновых, становятся более предпочитаемыми местами ночевок, чем лежащие в 3-10 километрах сфагновые и осоковые болота (Свиридова и др., 2006).

Немаловажным оказался и фактор беспокойства. На территории заказника он незначителен, так как закрыта охота и запрещено распугивание журавлей сельхозпроизводителями. Но в других местах на территории скопления охота открыта, отмечены случаи браконьерства и намеренного вспугивания птиц с полей озимых культур. Беспокойства прибавляют дачники, гуляющие и ездящие по убранным полям. Большую тревогу вызывают планы строительства полигона твердых бытовых отходов на южной границе территории скопления.

Все эти факторы меняют пространственную структуру предотлетного скопления, сокращая его площадь и снижая защитные и кормовые качества угодий (рис. 1).

За время наблюдений за Дубненским скоплением отмечено, что сроки отлета журавлей стали более поздними, что связано с климатическими изменениями (Кузьмина и др., 2013; Кузьмина, Трешкин, 2017). Выявлена связь между длительностью существования скопления и продолжительностью периода с положительными минимальными суточными температурами. Чем больше таких дней, тем дольше серые журавли держатся в Подмосковье (Гринченко и др., 2015). Не исключено, что более поздний отлет, обусловленный более поздним похолоданием, выгоден птицам, так как птенцы начинают миграцию с большими жировыми запасами.

В Центральной Европе также отмечен более поздний отлет журавлей на места зимовки и более раннее возвращение размножающихся пар на места гнездования весной. Это связано с климатическими изменениями, которые привели к постепенному сдвигу зимовок на север (Alonso et al., 2003; Пранге, 2011; Сальви, 2015). В России по сообщениям Ю.В. Лохмана, А.В. Солохи и Л.В. Маловичко в последние годы зарегистрированы единичные случаи зимовки журавлей на местах миграционных остановок в Краснодарском и Ставропольском краях

Мечение серых журавлей Дубненского предотлетного скопления проводили с 22 по 27 августа 2017 г. в окрестностях заказника «Журавлиная родина». Численность скопления в этот период составляла 600-700 ос. Подлет с северных территорий только начинался, и ядро стай составляли птицы, гнездящиеся в пойме р. Дубна. Журавли держались стаями по 100-300 ос., главным образом, на жнивье на трех участках – в Апсаревском урочище заказника «Журавлиная родина» и на соседнем

поле у д. Костолыгино, на поле и лугу у д. Окаемово и у с. Константиново (рис. 1). Беспокойство со стороны работающей сельскохозяйственной техники и туристов затрудняли отлов, так как для его проведения важно, чтобы птицы стабильно в течение дня держались на определенных участках полей. В Апсаревском урочище в заказнике «Журавлиная родина» и на поле у д. Костолыгино отловлено и помечено три взрослых журавля и птенец.

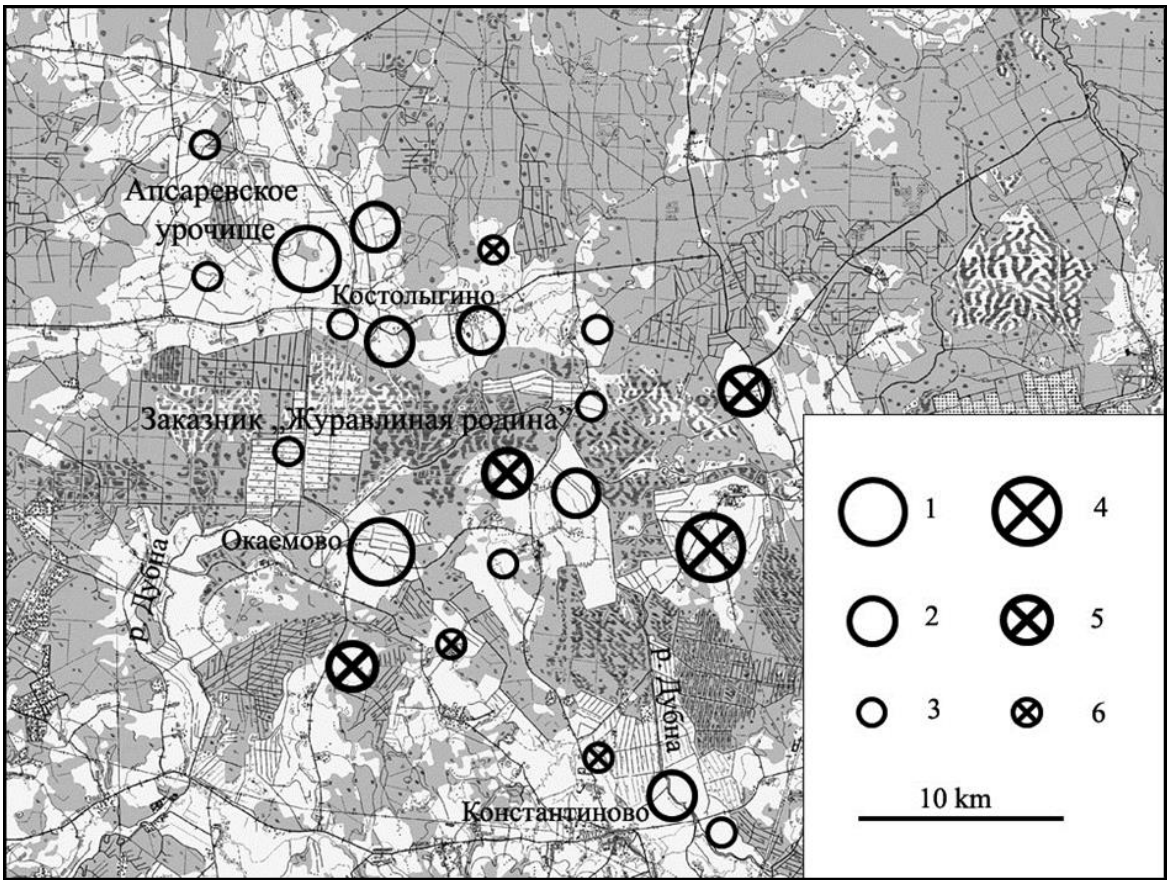

Рис. 1. Сокращение площадей полей, где кормились журавли, в результате застройки коттеджными поселками и повышенным фактором беспокойства. *Условные обозначения*: 1 – места кормежки, где в 2017 г. наблюдали от 300 до 1000 ос., 2 – от 100 до 300 ос., 3 – менее 100 ос.; 4 – поля, где в 1980-е гг. кормилось от 300 до 1000 ос., 5 – от 100 до 300 ос., 6 – менее 100 ос.

Из четырех помеченных птиц две, по личному сообщению Саши Пекарски, встречены на зимовке в Израиле в Национальном парке Агамон-Хула: одна – 6 октября; вторая – 20 октября 2017 г. В январе и феврале 2018 г. целенаправленные поиски Е.И. Ильяшенко и К.В. Худяковой птиц, помеченных в Дубненском предотлетном скоплении, не дали положительного результата. Возможно, они улетели на зимовку в Эфиопию (рис. 2).

Возможные пути миграции журавлей Дубненского скопления на место зимовки в Израиле. По литературным данным известно, что серые журавли, гнездящиеся в центре европейской части России, могут использовать два пролетных пути (рис. 2). Сначала они летят широким фронтом по Восточно-Европейской равнине, после чего, следуя по Русско-Понтийскому пути, часть из них отклоняется к юго-западу, огибает Черное море, пересекает Средиземное море и достигает мест зимовок в Северо-Восточной Африке (Флинт, Панчешникова, 1985; Редчук и др., 2015). Другая часть, пролетев через Черное море, пересекает Турцию, Иорданию, Израиль и Египет и прибывает на те же места зимовки, причем некоторые журавли остаются в этих странах зимовать (Van den Berk et al., 1986; Hays Sahin, 1995; Atta, 1996; Yohannes, 1996). Основные места миграционных остановок на Русско-Понтийском пути расположены в аридной зоне в заповеднике Аскания-Нова в Херсонской области Украины и на Сиваше на Крымском п-ове (Горлов, 2012), а также на оз. Тузла и Султанских

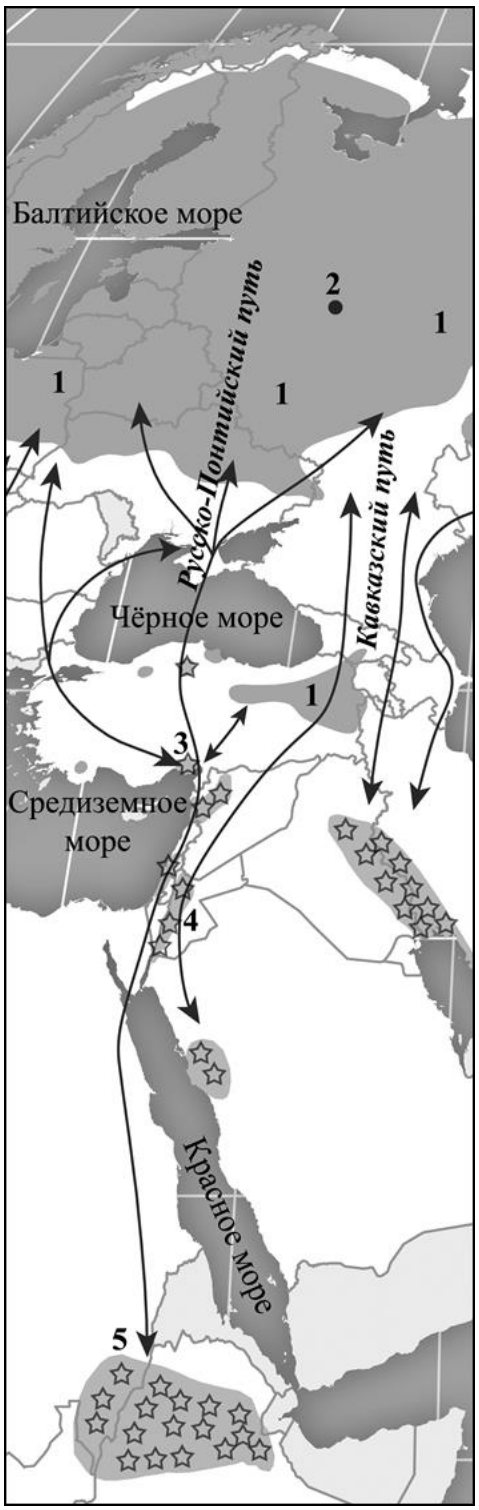

Рис. 2. Миграционные пути серых журавлей из европейской части России. *Условные обозначения*: 1 – ареал серого журавля; 2 – Дубненское миграционное скопление; ☆ – места зимовок журавлей; 3 – в Турции; 4 – в Израиле; 5 – в Эфиопии.

болотах в Турции (Новальд и др., 2014). Используя Кавказский пролетный путь, журавли пересекают Грузию, Армению и Азербайджан, следуя к местам зимовки в Иране, Ираке, а также в Израиле, Иордании, Саудовской Аравии и Северо-восточной Африке (Белик, 2006; Маркин, 2013). Наиболее крупная миграционная остановка на этом пролетном пути расположена на степном озере Маныч-Гудило в Ростовской области и Ставропольском крае (Белик, 2006).

Использование журавлями двух пролетных путей из центра европейской части России подтверждают находки меченых птиц и спутниковое слежение. По данным российского Центра кольцевания, останки журавля, помеченного в феврале 2008 г. в Хуле, обнаружены в сентябре этого же года на месте осеннего скопления рядом с Хоперским заповедником в Воронежской области (Русско-Понтийский путь). Останки меченых в Израиле журавлей найдены в пределах Кавказского пролетного пути в Краснодарском (в 2000 г.) и Ставропольском (в 2015 г.) краях (Маловичко, 2015). Мечение журавлей спутниковыми передатчиками в 1998 и 1999 гг. в Израиле показало, что одна из птиц совершила кольцевую миграцию, используя в разные сезоны оба пролетных пути. Весной она полетела на место гнездования в Архангельскую область по Русско-Понтийскому пути через Турцию, Черное море, Крым и затем через Новгородскую область, а осенью вернулась на зимовку в Израиль по Кавказскому пути, пролетев на юго-восток до низовьев Камы, далее по левобережью Волги, через Калмыкию, центральную часть Кавказского хребта, Закавказье, северо-западную часть Ирана и Месопотамию (Ильяшенко и др., 2008).

Важность места зимовки в долине Хула в Израиле для серых журавлей из центра европейской части России. В настоящее время из трех основных мест зимовок (побережье Средиземного моря в провинции Адана в Турции, долина Хулы в Израиле и оз. Тана в Эфиопии) израильские зимовки наиболее важны, так как их использует более половины популяции серых журавлей европейской части России.

Такая ситуация сложилась исторически. Десятки тысяч лет назад здесь существовало Иорданское море, занимавшее площадь от предгорий Хермона до северного края пустыни Негев. Со временем оно обмелело, и на его месте возникли три водоема, соединенные рекой Иордан: озера Хула и Кинерет, а также Мертвое море. Вокруг располагались обширные болота. Здесь существовала одна из самых крупных в восточном Средиземноморье остановок птиц, включая журавлей, мигрирующих из Европы в Африку, однако, зимовать они не оставались. Болота располагались внутри обширной аридной зоны с недостаточной кормовой базой для образования крупных зимовок.

После провозглашения государства Израиль в 1948 г. его правительством было принято решение осушить болота под сельскохозяйственные угодья и добычу торфа, а также для ликвидации малярии.

Часть природной территории была сохранена, и в 1964 г. здесь сделали первый в Израиле природный заповедник. Для поддержания гидрологического режима заповедника построили специальную систему шлюзов. До середины 1990-х гг. преобладающей культурой в осушенной долине Хулы был хлопок, поэтому здесь останавливалось всего несколько сотен серых журавлей, пролетающих на места зимовки в Северо-восточную Африку (Shanni et al., 2012).

В 1994 г. из-за оседания почвы к северу от болота Хулы было затоплено 10 км^2 торфяников, в результате чего образовалось мелководное озеро, окруженное сельскохозяйственными полями. Снижение цен на хлопок и повышение курса доллара в середине 1990-х гг. привели к значительным изменениям в ведении сельского хозяйства. Вместо хлопка поля в долине Хулы начали засевать пшеницей, кукурузой, арахисом, подсолнечником, картофелем, морковью, горохом, обеспечивающими местное население продуктами питания в течение всего года (Ильяшенко, 2015). Вследствие изменения кормовой базы, а также в результате восстановления озера, численность мигрирующих журавлей здесь начала быстро расти и к 2010 г. достигла 80 тыс., из них на зимовку стали оставаться до 35-40 тыс. ос. (Shanni et al., 2012). Тенденция увеличения численности продолжается. По личному сообщению И. Рубина в начале января 2018 г. учтено 47 тыс., а в конце февраля она выросла до 51 тыс., возможно за счет начала миграции журавлей, зимующих в Северно-восточной Африке.

Росту численности журавлей способствует и их искусственная подкормка, проводимая в Национальном парке Агамон-Хула на специально огороженном поле. Подкормка отвлекает птиц от окрестных фермерских полей, которым они могут наносить урон. Каждый день, в зависимости от погодных условий, здесь рассыпают от 7 до 10 тонн кукурузы.

Скопление нескольких десятков тысяч журавлей на небольшой ограниченной территории облегчает поиск меченых птиц. Наиболее часто здесь видят птиц, помеченных в Израиле, Финляндии, Эстонии и России. Так, в Хуле встречены две из пяти птиц, окольцованных в сентябре 2008 г. в Нижегородской области (Ильяшенко и др., 2011). Одну из них постоянно наблюдали на зимовке в течение трех лет, а другая, помеченная птенцом, встречена только в декабре 2009 г. В феврале 2018 г. в парке отмечен один из трех журавлей, помеченных в сентябре 2017 г. в Клязьменском заказнике на границе Ивановской и Владимирской областей (Худякова и др., 2018). Из 40 серых журавлей, помеченных цветными кольцами и GPS/GSM передатчиками в 2016 и 2017 гг. в Национальном парке Агамон Хула и окрестностях Окского заповедника в Рязанской области (Маркин и др., 2018), Е.И. Ильяшенко и К.В. Худякова в феврале 2018 гг. за три дня обнаружили 19 ос. Эти встречи еще раз подтверждают важность израильской зимовки для журавлей из центра европейской части России.

Выводы

Преобразование аридных экосистем в сельскохозяйственные угодья вокруг естественных и искусственных водоемов привело к формированию крупных скоплений на путях миграций и в местах зимовок серых журавлей, гнездящихся в центре европейской части России.

Мечение журавлей Дубненского предотлетного скопления цветными кольцами дало возможность обнаружить птиц на зимовке в Израиле в долине Хула. Планируемое мечение журавлей GPS/GSM передатчиками позволит определить вероятность их зимовки в Турции и Эфиопии, выявить миграционные пути и остановки, места образования летних группировок не гнездящихся птиц, а также характер использования журавлями территории Дубненского скопления.

Пространственно-временная структура Дубненского предотлетного скопления постепенно меняется, сокращается его площадь, и снижаются защитные и кормовые качества угодий, используемых журавлями. Это связано с изменением структуры сельскохозяйственного производства, застройкой сельскохозяйственных полей дачами и повышением фактора беспокойства. Результаты слежения за мечеными журавлями позволят выявить критические участки с целью их последующего сохранения, а также возможное использование журавлями Дубненского скопления мест предотлетных скоплений в Московской и других соседних областях.

Благодарности. Авторы благодарят В.Ю. Ильяшенко и Г.В. Носаченко за помощь в отлове и мечении журавлей, Д.В. Сарычева и Д. Муре за подготовку карты, Е.А. Мудрик за определение пола журавлей. Авторы также признательны неправительственной организации Crane Conservation Germany за предоставление материалов для кольцевания птиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белик В.П. 2006. Миграции серого журавля на юге России // Журавли Евразии (биология, охрана, разведение). Вып. 2. М.: Россельхозакадемия. С. 118-134.

Горлов П.И. 2012. Серый журавль (*Grus grus*) в Украине: миграции, распространение, гнездовая биология, сезонные скопления // Дисс. … канд. биол. наук. Киев, Украина. 185 с.

Гринченко О.С., Волков С.В., Свиридова Т.В. 2015. Изменение гнездовой численности, фенологии миграции и структуры осеннего скопления серого журавля под влиянием погодно-климатических и антропогенных факторов // Журавли Евразии (биология, распространение, разведение). Вып. 5. М.–Н. Цасучей: Белый ветер. С. 212-225.

Гринченко О.С., Свиридова Т.В. 2016. Сохранение птиц в условиях современного сельского хозяйства: практика взаимодействия с землепользователями // Материалы I Международной орнитологической конференции «Птицы и сельское хозяйство: современное состояние, проблемы и перспективы изучения», 17-18 ноября, 2016 г. М.: Знак. С. 60-66.

Зубакин В.А., Волошина О.Н., Олексенко А.И., Панчешникова Е.И. 1982. Серый журавль в Московской области и проблемы его охраны // Журавли в СССР. Л. С. 75-83.

Ильяшенко Е.И. 2008. Рабочая группа по журавлям Евразии. М. 187 с.

Ильяшенко Е.И. 2015. Международный опыт управления скоплениями журавлей в агроландшафтах // Журавли Евразии (биология, распространение, разведение). Вып. 5. М.–Н. Цасучей: Белый ветер. С. 451-486.

Ильяшенко Е.И., Киселева Н.Ю., Бакка С.В., Постельных К.А. 2011. Результаты отлова и мечения журавлей в Нижегородской области // Информационный бюллетень РГЖЕ. № 11. С. 120-124.

Ильяшенко В.Ю., Касабян М.Г., Маркин Ю.М. 2008. Морфологическая изменчивость серого журавля – *Grus grus* (Linnaeus, 1758), Aves: Gruidae // Журавли Евразии (биология, распространение, миграции). Вып. 3. М.: Россельхозакадемия. С. 50-82.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2017. Многолетние изменения основных метеорологических характеристик в зоне южной тайги Европейской части России (бассейн верхней Волги) // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 3 (151). С. 56-65.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Каримова Т.Ю. 2013. Воздействие основных тенденций совокупного влияния климатических и гидрологических изменений на сукцессионную динамику растительности в мелиоративно трансформируемых экосистемах зоны южной тайги // Современные проблемы использования мелиорированных земель и повышения их плодородия. Тверь. С. 252-272.

Маловичко Л.В. 2015. Современное состояние журавлей в Ставропольском крае // Журавли Евразии (биология, распространение, разведение). Вып. 5. М.–Н. Цасучей: Белый ветер. С. 172-177.

Маркин Ю.М. 2013. Серый журавль в европейской части России // Труды Окского государственного природного биосферного заповедника. Вып. 29. Рязань: Изд-во «Голос губернии». 118 с.

Маркин Ю.М., Ильяшенко Е.И. 2010. Методические рекомендации по отлову и мечению журавлей. М. 36 с.

Маркин Ю.М., Постельных К.А., Кондракова К.Д., Пекарски С., Натан Р., Зильберман А. 2018. Мечение серых журавлей центрально-европейской популяции на местах гнездования и зимовки в 2016-2017 гг. // Информационный бюллетень РГЖЕ. № 14. С. 35-40.

Новальд Г., Акарсу Ф., Татар Б. 2014. Журавли в Турции – краткая информация о новом международном проекте // Информационный бюллетень РГЖЕ. № 13. С. 116-115.

Пранге Х. 2011. Увеличение численности популяции серого журавля в Европе и изменения на западноевропейском пролетном пути // Журавли Евразии (биология, распространение, миграции, управление). Вып. 4. М.: Россельхозакадемия. С. 289-303.

Приклонский С.Г., Маркин Ю.М. 1982. Изменение численности серого журавля в центре Европейской части РСФСР за двадцать лет // Журавли в СССР. Л. С. 84-88.

Птушенко Е.С., Иноземцев А.А. 1968. Биология и хозяйственное значение птиц Московской области и сопредельных территорий. М.: Изд-во МГУ. 461 с.

Редчук П.С., Фэсэнко Г.В., Слюсарь Н.В. 2015. Миграционные пути серого журавля в Украине // Журавли Евразии (биология, распространение, разведение). Вып. 5. М.–Н. Цасучей: Белый ветер. С. 313-334.

Сальви А. 2015. Серый журавль во Франции: изменения за последние четыре десятилетия // Журавли Евразии (биология, распространение, разведение). Вып. 5. М.–Нижний Цасучей: Белый ветер. С. 191-205.

Свиридова Т.В., Волков С.В., Гринченко О.С., Зубакин В.А., Конторщиков В.В., Коновалова Т.В., Кольцов Д.В. 2006. Влияние интенсивности сельскохозяйственной деятельности на птиц в агроландшафтах северного Подмосковья // Развитие современной орнитологии в Северной Евразии: Труды XII Международной орнитологической конференции Северной Евразии. Ставрополь: Изд-во СГУ. С. 371-398.

Смирнова Е.В. 1997. Экологические и исторические аспекты формирования сезонных скоплений серого журавля *Grus grus* L. на примере Талдомского предотлетного скопления // Автореф. дисс. к.б.н. М. 21 с.

Соколов Л.В. 2011. Современная телеметрия: новые возможности в орнитологии // Зоологический журнал. Т. 90. № 7. С. 861-882.

Судиловская А.М. 1951. Отряд Журавли Grues или Gruiformes // Птицы Советского Союза. Т. 2. М. С. 97-138.

Флинт В.Е., Панчешникова Е.Е. 1985. *Grus grus* L. // Миграции птиц в Восточной Европе и Северной Азии (Gruiformes, Charadriiformes). М. С. 23-35.

Худякова Е.В., Ильяшенко Е.И., Ильяшенко В.Ю. 2018. Мечение серых журавлей на местах скоплений в Ульяновской и Ивановской областях // Информационный бюллетень РГЖЕ. № 14. С. 25-34.

Alon D., Alonso J.A., Alonso J.C., Leshem J. 2003. First Results of Satellite Tracking of Eurasian Cranes (*Grus grus*) Wintering in Israel // Proceedings of the 4th European Crane Conference, Verdun, France, November 2000, France. Fenetrange. P. 221.

Alonso J.C., Alonso J.A., Martinez J.H., Avignon S., Petit P. 2003. Wintering Cranes in Spain and France: Agricultural Resources Favour a Northward Shift of the Winter Range // Proceedings of the 4th European Crane Workshop, Verdun, France. Fenetrange. P. 201-207.

Atta G.A.M. 1996. Status of crane in Egypt // Proceedings African Crane and Wetlands Training Workshop. U.S. Wisconsin, Baraboo. P. 73.

Hays Sahin S. 1995. Crane Migration through Jordan // Crane Research and Protection in Europe. Germany, Halle/Saale. P. 195-200.

Shanni I., Labinger Z., Alon D. A Review of the Crane-Agriculture Conflict, Hula Valley, Israel // Cranes, Agriculture and Climate Change. Proceedings of a Workshop Organized by the International Crane Foundation and Muraviovka Park for Sustainable Land Use. USA, Wisconsin, Baraboo. P. 101-115.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 4 (77), с. 75-79

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 57.036

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЙ НА ФЕРМЕНТЫ РАСПАДА БЕЛКОВ В ОРГАНАХ ПИЩЕВАРЕНИЯ ГРЫЗУНОВ

© 2018 г. П.М. Нурмагомедова, М.М. Абасова, Д.Н. Джанболатова

Дагестанский государственный университет
Россия, 367000, Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 42а. E-mail: Parizat1949@bk.ru

Поступила в редакцию 24.10.2017

Исследована активность ферментов распада белков в организме грызунов при температурных стрессах, вызванных повышением температуры тела (гипертермией) до 42°С в условиях, характерных для гипераридных регионов засушливых территорий. Тепловой стресс вызывали в специальной камере, через рубашку которой пропускали воду с температурой, необходимой для повышения или снижения температуры тела. Активность нейтральных протеаз (АНП) печени снижается в обоих случаях, независимо от температуры тела. Механизмы, приводящие к снижению АНП при повышении температуры тела, отличаются, так как степень снижения активности ферментов в этом случае в несколько раз выше, чем при низкотемпературном стрессе. При гипертермии показатели АНП всех градаций теплового режима значительно снижены как по сравнению с контролем, так и с гипотермией, за исключением температуры инкубации 10°С. Происходящие изменения в организме (печени) грызунов свидетельствуют о степени влияния засушливых климатических условий на приспособляемость рассматриваемых животных к потеплению климата.

Ключевые слова: температурный стресс, засушливые условия, гипотермия, гипертермия, ферментативная активность, нейтральные протеазы, потепление климата.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00038

Гипертермия (высокотемпературный стресс) рассматривается многими исследователями как один из перспективных методов профилактики и терапии ряда заболеваний (Barkman et al., 1999). В хирургии при операциях на сердце и отделах центральной нервной системы снижают температуру тела (гипотермия), что значительно ослабляет обмен веществ головного мозга и, следовательно, его уменьшает потребность в кислороде (Sakurai et al., 2005) и повышает устойчивость организма к неблагоприятным условиям.

Однако пребывание организма в условиях экстремальных температур может приводить к метаболическим и функциональным изменениям, которые, в свою очередь, могут оказывать негативное влияние на характер жизнедеятельности отдельных органов. Особое значение приобретает состояние органов, непосредственно участвующих в поддержании гомеостаза организма. Печень в силу своих функциональных и морфологических особенностей является объектом поражения при действии стрессоров различной природы (Инжеваткин и др., 2000).

Белковые вещества составляют основу биохимизма всех тканей, и исследование их особенностей важно для понимания своеобразия внутриклеточных биохимических процессов, происходящих при аридизации и опустынивании. Важным механизмом контроля качества функциональных белков и поддержания их необходимого уровня в клетках является внутриклеточный протеолиз, способствующий регуляции нормальной пластичности (Кудряшова, 2009).

Целью данной работы явилось исследование активности ферментов распада белков в печени грызунов при повышении температуры тела на 5-7°С, что характерно для условий аридных экосистем, подверженных опустыниванию. Для сравнения исследована группа животных при снижении температуры тела до 30-33°С относительно нормы.

Материалы и методы исследования

Эксперименты были проведены на белых беспородных крысах – самцах весом 180-200 г в условиях вивария при температуре 18-20°С на стандартном рационе питания. Исследованы

показатели в условиях повышения температуры тела до 40-42°С и снижения до 30-33°С. Контрольную группу составляли животные, содержащиеся в условиях вивария с температурой тела 37°С.

Температурный стресс вызывали в камере, где циркулировала горячая или охлажденная вода. Необходимой температуры тело животного достигало через 25-30 минут. Обработку ткани и определение общей активности ферментов распада белков при нейтральных значениях осуществляли модифицированным методом Лоури (Алейникова, Рубцова, 1988). Активность нейтральных протеаз выражали в мкмоль образовавшегося тирозина в расчете на 1 г ткани в широком диапазоне температур, включая характерные для аридных экосистем: 10°, 20°, 30°, 37°, 42°С; результаты представлены графически в Аррениусовских координатах.

Результаты и обсуждение

При высоких и низких температурах тела активность протеолитических ферментов в различных тканях теплокровного организма изменяется неоднозначно. Относительно влияния низкой температуры тела на метаболические процессы, протекающие в теплокровном организме, можно отметить формирование изменений, реагирующих на глубину и скорость охлаждения (Эмирбеков и др., 2001). Холодовое воздействие как фактор стресса является пусковым механизмом в развитии изменений метаболических процессов организма, необходимых в засушливых условиях (Доровских и др., 2013). Умеренное (30°С) охлаждение снижает активность нейтральных протеаз в тканях крысы. По мере снижения температуры тела и продления времени охлаждения АНП продолжает снижаться, и более значимо это снижение наблюдается в печени (Эмирбеков и др., 2001) Этот процесс характерен для климатических условий при температурных инверсиях в аридных регионах.

Острый стресс вызывает выраженные деструктивные изменения гепатоцитов, разнонаправленные в разных участках органа. При повышении температуры у крыс (42°С в течение 30 минут) обнаружено увеличение объема ядер на 26% и цитоплазмы на 64% в перипортальной и центролобулярной зонах ацинуса (в них клетки печени получают кровь, богатую питательными веществами и кислородом). В перивенулярной (удаленной от осевых сосудов) зоне наблюдается снижение этих показателей и повышение количества погибших гепатоцитов на 11% (Антонова, 2008). Наблюдаемое снижение АНП в печени при повышении температуры тела (гипертермии) до 42°С, видимо, является опережающей реакцией на стресс (изменение климатических условий), характерной для клеток функционирующей ткани. Основным свойством этой реакции является неспецифический характер ее активации и повышение неспецифической резистентности клетки (Худякова, Карпова, 2015). АНП снижается также и при снижении температуры тела до 30°С при всех температурах инкубации (достоверно только при 30°С и 42°С), а у гипертермированных животных оно достоверно при всех температурах инкубации, за исключением 10°С. Можно полагать, что отклонение температуры тела на 5-7°С в сторону повышения вызывает неспецифическую адаптивную реакцию, характерную для условий опустынивания Терско-Кумской низменности (табл.). Ферменты распада белков могут выступать и как сигнальные молекулы, регулирующие различные процессы, формирующиеся при изменении температурных условий (Кудряшова, 2009). А.В. Сувернев (2007) отмечает, что при 50°С в течение 1 часа происходит повышение протеолитической активности в крови в 9.3 раза. Возможно, при температуре 50°С в течение 1 часа возникает необходимость в активации протеиназ, выполняющих роль сигнальных молекул, позволяющих определить влияние температурных аномалий.

Однонаправленность наблюдаемых изменений независимо от температуры тела подтверждает закономерный характер ответа на стрессы в результате воздействия высокой температуры. После однократного воздействия высокой температуры (25 минут, 42°С) в первые 6 часов происходит снижение интенсивности дыхания органа, активация гликолиза и истощение углеводных запасов печени. Через 18 часов в результате развития клеточных адаптационных реакций к повышенной температуре уровень утилизации кислорода приходит в норму, способствуя полному восстановлению метаболизма и функции отдельных органов грызунов.

Такие процессы, с одной стороны, связаны с индуцируемой высокой температурой и активацией перекисного окисления липидов. С другой стороны, снижение интенсивности дыхания может быть вызвано инактивацией ферментных компонентов дыхательной цепи вследствие их прямого взаимодействия с активными формами кислорода, возникающими в условиях аридизации среды. При

повышении температуры внутриклеточная концентрация ферментов заметно повышается (Downs et al., 1999).

Таблица. Температурная зависимость активности нейтральных протеаз в печени крысы при температурном стрессе (n=6).

Состояние / t° инкубации	Контроль, 37°С	Гипотермия, 30-33°С	Гипертермия, 40-42°С
10°С	0.10±0.02	0.06±0.02	0.08±0.001
20°С	0.14±0.017	0.10±0.0	0.03±0.01*
30°С	0.19±0.01	0.15±0.01*	0.07±0.01*
37°С	0.27±0.01	0.19±0.02	0.10±0.01*
42°С	0.33±0.02	0.23±0.01*	0.14±0.03*

Примечание к таблице: * – достоверность значений относительно контроля.

Снижение потребления кислорода приводит к возникновению дефицита энергии (АТФ-аденозинтрифосфат). Снижение концентрации АТФ в клетке затрудняет реализацию энергозависимых механизмов защиты клетки, связанных с синтезом и функционированием белков теплового шока (Becker, Craig, 1994). Низкотемпературный стресс в условиях полупустыни приводит к направленной трансформации сложившегося гомеостаза, создавая благоприятные условия для радикалообразования и истощения антиоксидантной системы (Доровских и др., 2013). Эти изменения являются проявлением закономерной метаболической реакции клеток на климатические флуктуации.

Выраженность структурных преобразований в организме грызунов находится в прямой зависимости от силы стрессора. Нарастание преобразований при увеличении температурных воздействий (гипертермия 40°, 42°, 44° и 46°С в течение 20 минут) определяется стабильно. При более низких температурах (ниже 40°С) тепловой стресс способствовал повышению эффективности метаболизма в печени грызунов, но при этом наблюдалась гибель клеток-гепатоцитов. При более высоких температурах (44° или 46°С) некротические и апоптотические изменения увеличивались, а пролиферативные процессы подавлялись (Li, 2012). При стрессе, вызванном перегреванием крыс (температура тела=40-42°С) в течение 30 и 60 минут отмечено снижение трипсинподобной протеолитической активности в крови на 21% и 64%. (Шуст, 2007). Однако при гипертермии (температура 50°С в течение 1 часа) наблюдается повышение трипсинподобной активности в крови крыс в 9.2 раза (Сувернев, 2007), что, видимо, явилось результатом нарушений в печеночной ткани (Антонова, 2008) и выхода фермента в кровь.

Следствием разрушения клеток печени в условиях действия высоких температур 40-42°С в течение 30-60 минут является повышение активности в крови аланин (АЛТ) и аспартат (АСТ) аминотрансфераз – важнейших показателей тяжести поражения печени (Висконт, Глебов, 2011). Возможны последствия активации ферментов распада белков (нейтральных протеаз), участвующих в процессах не только деградации выполнивших свои функции белков, но и в ограниченном протеолизе, запрограммированной гибели клеток и др. Для выявления возможных изменений в молекуле фермента исследована температурная зависимость АНП, выраженная в координатах Аррениуса. Температурная зависимость определена в 5 точках: 10°, 20°, 30°, 37° и 42°С (рис.). Для каждого состояния рассчитана энергия активации теплового фактора. Температурная зависимость АНП в печени контрольной группы животных представлена прямой с небольшим изломом при 30°С. Энергия активации фермента соответствует 28.3 кДж/моль. Температура тела – 33°С (умеренное понижение) снижает активность НП в печени при всех температурах инкубации. Наблюдаемый в контроле незначительный излом при 30°С отсутствует. Энергия активации равна 32.9 кДж/моль. Повышение энергии активации при снижении температуры тела можно соотнести с общим снижением метаболизма в ответ на стресс, так как время достижения температуры тела 33-30°С, составляет 25 минут, влияние температурного фактора не проявляется.

Достижение температуры 42°С за 25-30 минут привело к появлению излома в области температуры инкубации 20-10°С на Аррениусовской кривой температурной зависимости АНП. Активность фермента при 10°С в 2.6 раза выше, чем при 20°С и 30°С. Для фермента катепсина Д из

мозга сусликов обнаружена отрицательная температурная зависимость в диапазоне 5-10°С (Магомедова и др., 2004), что подтверждает определяющую роль климатического режима.

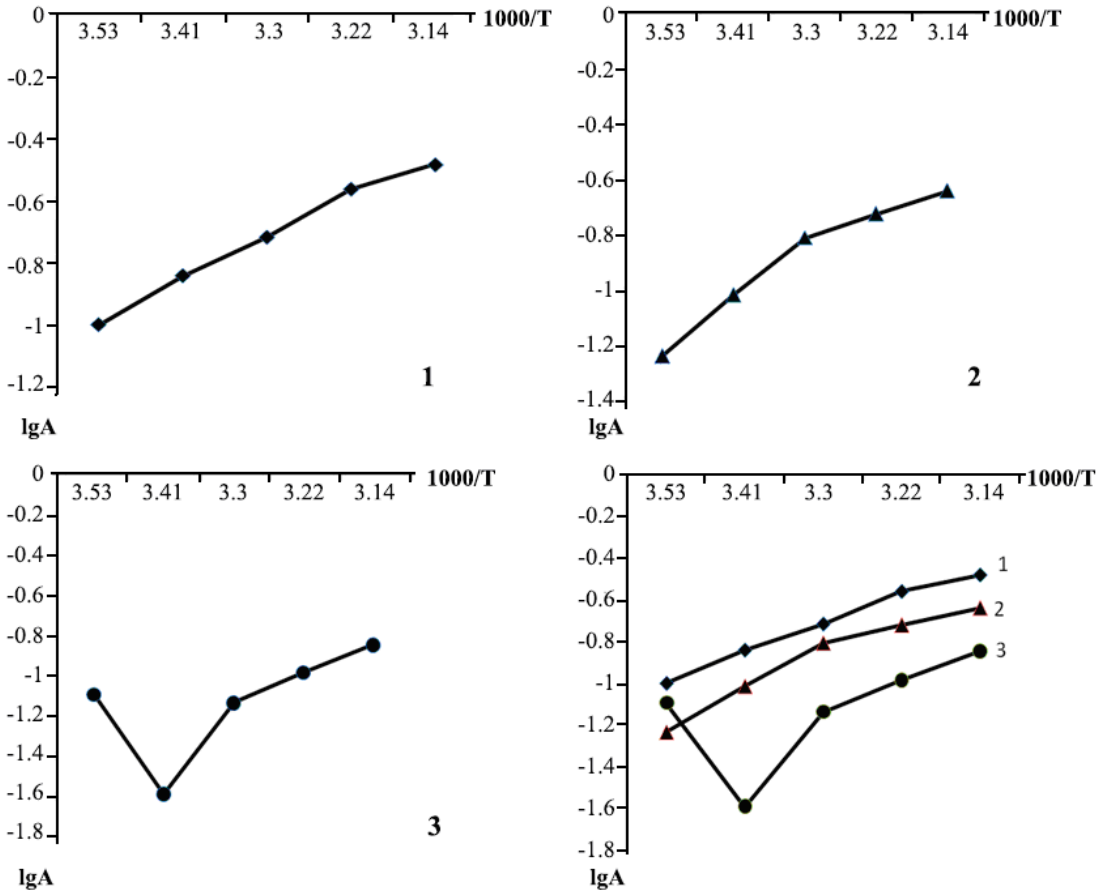

Рис. График зависимости скорости реакции от температуры в координатах Аррениуса: по оси абсцисс 1/Т, умноженное на 1000, где Т – температура, выраженная в градусах по Кельвину (273+ соответствующая температура инкубации проб); по оси ординат десятичный логарифм значений активности фермента при соответствующей температуре инкубации. *Условные обозначения:* 1 – контроль, 2 – гипотермия 30-33°С, 3 – гипертермия 40-42°С.

При гипертермии все показатели АНП значительно снижены (при 20°С – на 82%) по сравнению с контролем и гипотермией. Энергия активации (E_a) составила 20 кДж/моль в интервале 42-10°С, а в интервале 42-20°С – 63.7 кДж/моль. В этом же интервале температур 42-20°С при гипотермии E_a в 2 раза ниже и составила 31.8 кДж/моль на уровне контроля (31.2 кДж/моль).

В условиях гипертермии в области низкой температуры при 10°С срабатывает эволюционно сложившийся адаптационный синдром к жаркому полупустынному климату, и организм уходит от повреждающего эффекта стрессора до того, как вызванные им изменения станут необратимыми, обеспечивая надежность адаптивного поведения биосистемы в быстро меняющихся условиях засушливого климата. Внутриклеточный распад является важным механизмом контроля качества функциональных белков и поддержания их необходимого уровня в клетках. Отдельные протеазы в клетке могут выступать как ферменты, расщепляющие белки и сигнальные молекулы (Кудряшова, 2009) при колебании температурных условий. Повышение АНП при низкой температуре после гипертермического стресса может быть результатом конформационной перестройки молекулы фермента и необходимостью активации специфического ограниченного протеолиза для образования сигнальных молекул.

Заключение

Повышение температуры тела грызунов на 5-7°С значительно снижает активность распада

белков в печени по сравнению с контрольной группой. Энергия активации (E_a) в интервале температур 42-20°С составила 63.7 кДж/моль, а в интервале 42-10°С – 20 кДж/моль. При охлаждении тела животных на 5-7°С энергия активации в интервале 42-20°С не меняется и составляет соответственно 31.8 кДж/моль. Регуляторные и компенсаторные механизмы, включающиеся при повышении температуры тела животных, недостаточно эффективны, что объясняется снижением уровня метаболизма по сравнению с контролем. Проявляемые в восстановительный период биохимические процессы, происходящие в печени, должны поддерживаться независимо от воздействия различных экстремальных и экологических факторов. В период глобального потепления на планете полученные результаты показывают определенную значимость для мониторинга экологической обстановки в засушливых регионах и свидетельствуют об адаптивной реакции грызунов к аридным условиям, где параметры имеют биохимическую и физиологическую направленность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алейникова Т.Л., Рубцова Г.В. 1988. Биохимия. Руководство к практическим занятиям по биологической химии. М.: Высшая школа. 239 с.

Антонова Е.И. 2008. Стромально-паренхимные и ультрамикроскопические проявления первичной компенсаторно-приспособительной реакции печени млекопитающих после гипертермии // Фундаментальные исследования. № 1. С. 138-140.

Висконт Ф.И., Глебов М.А. 2011. Роль детоксикационной функции печени и йодсодержащих гормонов щитовидной железы в процессах теплообмена и тепловой устойчивости при перегревании // Военная медицина. № 3. С. 89-92.

Доровских В.А., Симонова Н.В., Доровских Ю.В., Ли О.Н. 2013. Коррекция холодового воздействия с помощью препарата, содержащего янтарную кислоту // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. № 49. С. 82-86.

Инжеваткин Е.В., Савченко А.А., Альбрант А.И., Нефедов В.П. 2000. Исследование метаболических изменений печени крыс в динамике восстановительного периода после гипертермического воздействия // Вопросы медицинской химии. Т. 46. № 2. С. 135-139.

Кудряшова И.В. 2009. Протеолиз и протеолитические ферменты в структурной пластичности синапсов. Нейрохимия. Т. 26. № 3. С. 191-201.

Магомедова З.Т., Нурмагомедова П.М., Мейланов И.С. 2004. Температурная зависимость активности катепсина Д из мозга суслика (*Citellus pygmaeus* Pall.) в динамике зимней спячки // Известия вузов СК региона. Естественные науки. № 2. С. 69-73.

Сувернев А.В. 2007. Основы безопасности пиковой гипертермии (Первое сообщение). Сибирский научно-исследовательский институт гипертермии. Новосибирск: Академическое издательство «Гео». 125 с.

Худякова Е.П., Карпова А.И. 2015. Психофизиологические аспекты проблемы стресса // Авиакосмическая и экологическая медицина. Т. 49. № 6. С. 68-75.

Шуст Л.Г. 2007. О роли α1 – антитрипсина в патогенезе гипертермии // Здравоохранение. Минск. С. 14-15.

Эмирбеков Э.З., Нурмагомедова П.М., Абасова М.М. 2001. Исследование молекулярных механизмов гипотермических состояний у млекопитающих. Махачкала. Издательство ДГУ. С. 146-158.

Barkman C.A., Almqwst L.O., Kirkhorn T., Holmer N.G. 1999. Thermotherapy: Feasibility Study Using a Single Focused Ultrasound Transducer // International Journal of Hyperthermia. Vol. 15. P. 63-76.

Becker J., Craig K.A. 1994. Heat-shock Proteins as Molecular Chaperones // European Journal of Biochemistry. Vol. 219. P. 11-23.

Downs C.A., Jones L.R., Hegkathorn S.A. 1999. Evidence for a Novel Set of Small Heat-Shock Proteins that Associates with the Mitochondria of Murine PC12 Cells and Proteins // Archives of Biochemistry and Biophysics. Vol. 365. P. 344-350.

Li S.G. 2012. Systematical Analysis of Impacts of Heat Stress on the Proliferation, Apoptosis and Metabolism of Mouse Hepatocyte // The Journal of Physiological Sciences. Vol. 62. No. 1. P. 29-43.

Sakurai T., Itoh K., Liu Y., Higashitsuji H., Simitomo Y., Sahamaki K., Fujta J. 2005. Low Temperature Protects Mammalian Cells from Apoptosis Initiated by Various Stimuli in Vitro // Experimental Cell Research. Vol. 309. No. 2. P. 264-270.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 4 (77), с. 80-88

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 628.19(285.32)(477.75)

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОЗЕРА КЫЗЫЛ-ЯР (КРЫМ): РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (1985-2017 гг.)[1]

© 2018 г. Н.В. Шадрин*, В.Г. Симонов, Е.В. Ануфриева*, В.Н. Поповичев*, Н.О. Сиротина****

**Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН*
Россия, 299011, г. Севастополь, просп. Нахимова, д. 2. E-mail: lena_anufriieva@mail.ru
***Крымская гидрогеологическая режимно-эксплуатационная станция*
Россия, 296500, г. Саки, ул. Курортная, д. 4

Поступила в редакцию 10.09.2017

В аридной части Крыма находится множество гиперсоленых озер, некоторые из них в настоящее время претерпевают антропогенные трансформации. Рассмотрено влияние созданного водохранилища на озеро морского происхождения Кызыл-Яр (западный Крым). В результате просачивания воды из водохранилища соленость в озере уменьшилась с 162 г/л в 1985 году до 2-3 г/л в 2005 году с последующей ее стабилизацией на этом уровне. За 20 лет озеро из гиперсоленого превратилось в пресноводное. Изменилось соотношение концентрации ионов в воде и иловых водах, показатели Ca^{2+}/Na^{+} и SO^{2-}_4/Cl^{-} увеличились. Произошли существенные перемены в структуре биологического разнообразия и характере донных отложений, после распреснения в озере перестали встречаться жаброногие рачки рода *Artemia*, которые до этого были фактически единственными представителями местной фауны, в планктоне стали доминировать *Cladocera* и *Cyclopoida*.

Ключевые слова: Крымский полуостров, антропогенная трансформация, долговременные изменения, озерные экосистемы.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00039

Во всем мире наблюдается увеличение скорости изменения озерных экосистем вследствие климатических флуктуаций и антропогенной деятельности, что происходит не только из-за непосредственных воздействий на озера, но и через сложную систему ландшафтных связей (Моисеенко, Гашкина, 2010; Verschuren et al., 2002; Martin, Soranno, 2006; Johnson, Host, 2010; Shimoda et al., 2011; Shadrin, Anufriieva, 2013; El-Shabrawy et al., 2015). Понимание этих связей требует анализа изменений конкретных озер. В аридных и субаридных регионах процесс осолонения водоемов является одной из общих тенденций изменения многих озер в мире (Плотников, 2016; Williams, 2001; Hart et al., 2003; Delju et al., 2013; El-Shabrawy et al., 2015), в то время как примеров их распреснения намного меньше (Бондаренко, Яковенко, 2000; Shadrin, Anufriieva, 2013; Anufriieva et al., 2014; El-Shabrawy et al., 2015).

Крым, за исключением горной части, является аридной зоной, радиационный индекс сухости (K=B/LP, где B – годовой радиационный баланс, L – суммарная сумма осадков и P – скрытая теплота парообразования) превышает условную границу сухости климата K=3. Это и обуславливает постепенное накопление солей в водоемах и наличие большого количества гиперсоленых озер в аридной части полуострова (Shadrin, 2017). В результате реализации гидротехнических проектов в Крыму произошло распреснение озер Донузлав, Панское и других, которые ранее были гиперсолеными (Shadrin et al., 2012). Строительство Северо-Крымского канала также стало причиной уменьшения солености в некоторых водоемах полуострова. С началом его работы в 1967 году воды реки Днепр стали поступать в Крым и использоваться для полива сельхозугодий, с последующим сбросом их с полей в некоторые озера и залив Азовского моря Сиваш. Произошла трансформация залива из гиперсоленого в солоноватоводный. В настоящее время в результате прекращения подачи воды в канал он снова стал гиперсоленым водоемом (Шадрин и др., 2016). Просачивание воды из канала привело к распреснению некоторых гиперсоленых водоемов с кардинальным изменением в

[1] Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований № 16-05-00134 А.

них биоты (Бондаренко, Яковенко, 2000; Anufriieva et al., 2014).

Крымское озеро морского происхождения Кызыл-Яр может служить одним из наиболее ярких примеров непланируемого и непредвиденного распреснения через систему ландшафтных связей, за 20-25 лет оно превратилось из гиперсоленого в пресноводное (Shadrin et al., 2012). Причиной этого стало создание Межгорного водохранилища (45° 03' 30" с.ш., 33° 47' 12" в.д.), расположенного в Таксабинской балке, в 1981-1991 годах продолжалось его строительство и наполнение водами Северо-Крымского канала. Уровень воды в водохранилище поддерживался земляной плотиной длиной 1776 м. При максимальной глубине в водохранилище 37.5 м и площади полного водного зеркала 4 км^2 его объем составлял 50 млн. м^3 (до апреля 2014 года, когда была прекращена подача днепровской воды в Северо-Крымский канал). Вскоре после пуска водохранилища в эксплуатацию около 2.25 м^2 земель подверглись заболачиванию. За счет фильтрационных потерь из Межгорного водохранилища несколько позже по тальвегу балки Тобе-Чокрак образовался постоянный водоток, его воды стали поступать в озеро Кызыл-Яр. По данным исследований Межгорного гидроузла, потери на фильтрацию из водохранилища в 1992 году составили 18.9 млн. м^3, то есть 24% от годового объема водоподачи по Сакской ветке Северо-Крымского канала. С 1984 года начали отмечаться изменения в озере Кызыл-Яр, которые отслеживались в 1985-2009 годы сотрудниками Крымской гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции г. Саки (результаты многолетних исследований отражены в неопубликованных отчетах и учтены в данном исследовании), а в 2010-2017 гг. – сотрудниками Института морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН г. Севастополь. Цель статьи – суммируя результаты всех исследований, проанализировать основные изменения, которые произошли в озере Кызыл-Яр в период с 1985 по 2017 гг.

Материалы и методы

Район исследований. Озеро Кызыл-Яр расположено в западном Крыму (45° 03' 48" с.ш., 33° 37' 24" в.д.) и входит в Евпаторийскую группу соленых озер. Оно вытянуто с запада на восток и перпендикулярно берегу Черного моря. Далее приведены характеристики озера до начала поступления в него пресной воды из Межгорного водохранилища (Курнаков и др., 1936; Понизовский, 1965). По состоянию на 1930-1960 годы площадь озера составляла 6.8-7.0 км^2, наибольшая глубина не превышала 0.1-0.2 м. По генезису озеро Кызыл-Яр – затопленная морем балка, отделенная от моря песчано-гравийной с примесью битой ракуши пересыпью, ширина которой составляла от 170 до 380 м. Уровень воды в озере был ниже уровня моря на 0.6-0.8 м. Питание озера происходило за счет фильтрации морской воды и ее поступления через пересыпь во время сильных штормов (до 8-10%), подземные воды и поверхностный сток составляли 40-60% общего притока воды, атмосферные осадки – 35-45%. Объем рапы составлял примерно 1.7-2.0 млн. м^3. Соленость воды колебалась в пределах 140-300 г/л. В озере преобладали серые и темно-серые, местами черные мощные иловые отложения толщиной до 12-14 м. В восточном конце озера в плавнях находилось несколько родников. К концу лета озеро сильно высыхало и рапа перегонялась ветром от одного берега к другому. В августе обычно наблюдалась садка поваренной соли, толщина слоя которой составляла 2-3 см. Бурение не показало наличие слоя донной соли. Илы озера осуществляли обменную адсорбцию ионов из раствора, в результате чего поступающие воды метаморфизировались. Среди животных массово отмечены лишь представители рода *Artemia* spp., другие виды появлялись эпизодически – весной и в местах выхода грунтовых вод.

Отбор и обработка проб. Комплексные исследования озера Кызыл-Яр были проведены в период с 1985 по 2017 гг. Они включали топосъемку, приборные и визуальные наблюдения озера, взятие проб воды, донных отложений, планктона и бентоса, визуальные орнитологические наблюдения, опрос местного населения. В 1985-2009 гг. исследования проводились сотрудниками Крымской гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции на семи станциях (рис. 1), а в 2010-2017 гг. – сотрудниками Института морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского на двух стациях (рис. 1). Координаты станций определяли с помощью GPS-навигатора Garmin GPS 72B. Для характеристики изменений озера кроме собственных данных использовали многолетние спутниковые наблюдения (1985-2017 гг.), имеющиеся в открытом доступе на сайте Геологической службы США (U.S. Geological Survey).

В 1985-2009 гг. было собрано 67 проб воды для проведения физико-химических анализов, объем

каждой пробы составил 5-10 л. Соленость измеряли ручным рефрактометром Kellong WZ212, температуру и pH – электронным термометром и pH метром PHH-830. В 1985-2005 гг. было взято 28 проб донных отложений. Керны длиной 0.5 м отбирали с помощью титанового цилиндрического бура диаметром 0.05 м с поворотным механизмом, позволяющим извлекать вертикальный керн донного ила в естественном виде. Физико-химический анализ воды и донных отложений проводили по стандартным методикам (Бахман и др., 1965; Лурье, 1973) на своевременно поверенном и сертифицированном оборудовании.

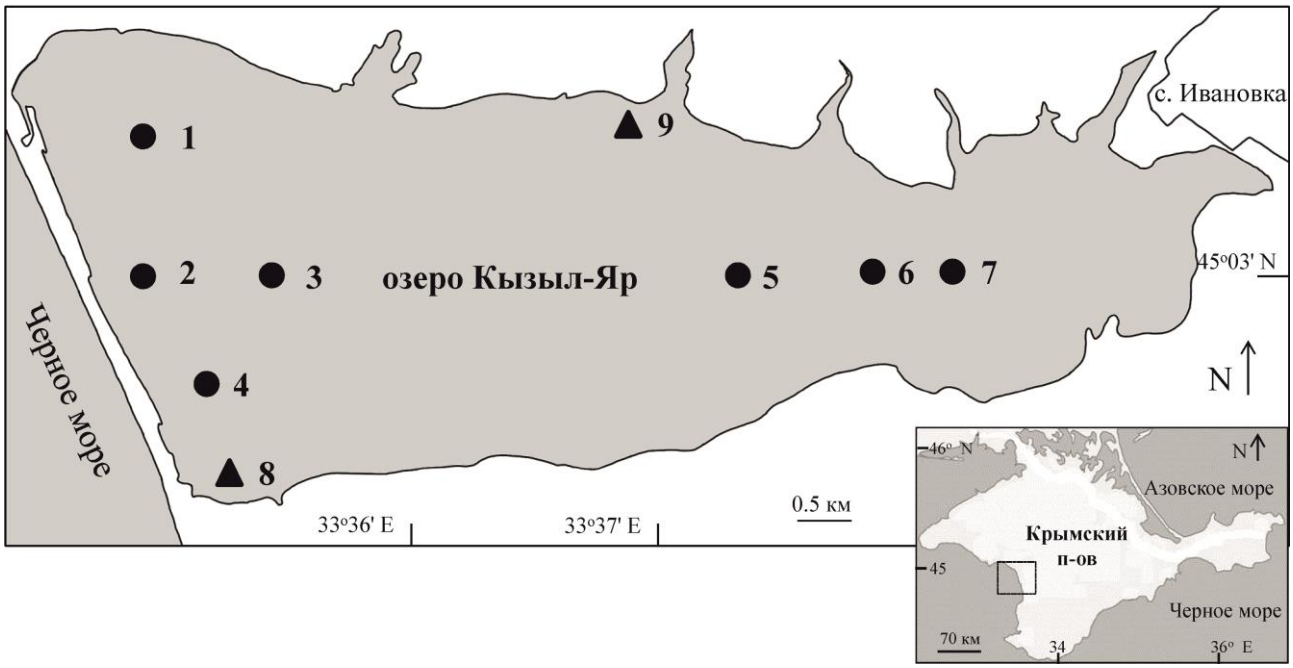

Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб в озере Кызыл-Яр. *Условные обозначения:* станции 1-7 – 1985-2009 гг., станции 8-9 – 2010-2016 гг.

В 1992-1994 гг. было собрано по 12 количественных проб фитопланктона и зоопланктона (в разные сезоны на 5-7 станциях) и 9 проб бентоса. В 2010-2017 гг. взято 4 количественные пробы фитопланктона, 15 проб зоопланктона (в разные сезоны на 2-3 станциях) и 3 качественные пробы бентоса. Количественные пробы зоопланктона отбирали путем фильтрации 50-100 л воды через планктонную сеть с размером ячеи 110 мкм, для определения фитопланктона отбирали 1.5 л воды. Пробы бентоса отбирали с помощью трубчатого штангового дночерпателя диаметром 0.008 м. Сбор подводной растительности проводили с использованием якорька-кошки или сачка. Пробы фиксировали 4% формалином и обрабатывали под бинокуляром МБС-9 и микроскопом Olympys BX50. Биомассу фитопланктона определяли исходя из его размерной структуры (Зотов, 2005), первичную продукцию – радиоуглеродным методом (Сорокин, 1987).

Анализ данных. Данные были подвергнуты стандартной статистической обработке, рассчитывали средние значения параметров и их коэффициенты вариации (CV). Достоверность различий средних значений определяли по *t*-критерию Стьюдента для p=0.01. Параметры регрессионных уравнений рассчитывали в MS Excel. Вид аппроксимирующей функции выбирали, исходя из числа возможных, по максимальным значениям коэффициента детерминации (R^2). Коэффициент корреляции Пирсона (r), как более адекватный для нашего случая, определяли извлечением корня квадратного из R^2 для выбранного вида функции, рассчитанного в MS Excel. Уровни значимости коэффициентов корреляции (p) определяли, сравнивая полученные значения с критическими по (Müller et al., 1979).

Результаты

С момента ввода в строй Межгорного водохранилища площадь озера существенно увеличилась, в среднем на 30-45%, что следует из результатов наземной топографической съемки и временной

серии космических снимков (U.S. Geological Survey, 2017). В сентябре 1992 г. озеро уже занимало площадь 10.5 км^2, ширина морской пересыпи уменьшилась до 50-80 м, глубина составляла 1.5-1.8 м. Уровень воды повысился в 4 раза и стал выше уровня моря на 0.9-1.0 м. В результате этого морская вода практически перестала поступать в озеро, начался сток пресной воды из озера в море. Увеличения солености в озере у пересыпи в 1993-2017 гг. не наблюдали, это также говорит о том, что поступление морской воды в водоем за счет фильтрации через пересыпь в 1993-2017 гг. отсутствовало. Визуальные наблюдения показали, что общее повышение уровня воды обусловило начало интенсивной абразии южных берегов, по берегам озера стало развиваться поливное земледелие.

Средняя концентрация солей в воде озера к сентябрю 1992 г. снизилась со 168 г/л (CV=0.05) в мае 1985 г. до 55 г/л (CV=0.03). В марте 1994 г. соленость была 7.8 г/л (CV=0.02), в сентябре 1994 г. – 18.7 г/л (CV=0.04). Уменьшение солености продолжалось, в сентябре 1998 г. она составляла 5.1 г/л (CV=0.05), к концу мая 2005 г. – 2.7 г/л (CV=0.02), а в октябре-ноябре 2009 г. – 3.2 г/л (CV=0.03). Позднее соленость стабилизировалась, и в 2010-2013 г. не отмечали соленость выше 2-2.5 г/л (CV=0.05). После прекращения подачи воды в Северо-Крымский канал в мае-октябре 2014 г. соленость в озере была 2-3 г/л (CV=0.05), в августе 2015 г. – 2-4 г/л (CV=0.03), в конце мая 2016 г. – 2.5-3.7 г/л (CV=0.02), в сентябре 2016 г. – 3.1-4.0 г/л (CV=0.05), в апреле 2017 г. – 1-2 г/л (CV=0.01), в июле 2017 г. – 2-3.5 г/л (CV=0.01).

Изменение солености воды в период функционирования канала с 1985 по 2013 гг. (рис. 2) может быть описано экспоненциальной функцией (r=0.94, p=0.001). Стабилизация солености на уровне 2.0 г/л произошла примерно через 20-25 лет после начала поступления в озеро пресной воды из водохранилища. Изменился состав растворенных солей. Среди катионов увеличивалась концентрация кальция (рис. 3а), увеличение концентрации ионов магния менее выражено (рис. 3в), уменьшалась концентрация натрия (рис. 3б). Соотношение концентраций Ca^{2+}/Na^{+} экспоненциально возрастало с 1985 по 2005 г. (r=0.99; p=0.001; рис. 4а). Среди анионов уменьшилась концентрация хлора (рис. 3г), но увеличилась концентрация сульфатов (рис. 3д) и HCO^{-}_{3}. (рис. 3е). Соотношение концентраций SO^{2-}_{4}/Cl^{-} экспоненциально возрастало с 1985 по 2005 г. (r=0.99; p=0.0001; рис. 4б).

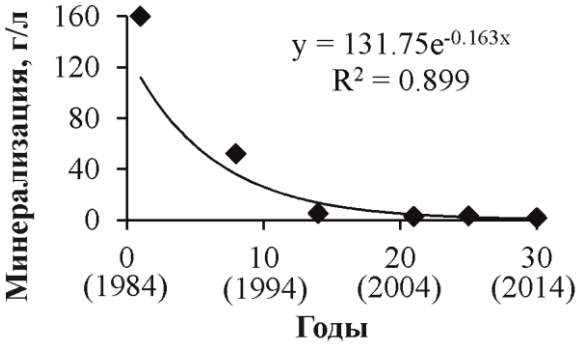

Рис. 2. Изменение солености в озере Кызыл-Яр с 1985 по 2013 гг.

Проведенные в 1992 г. исследования показали, что внешние признаки донных отложений изменились по сравнению с 1985 г., когда они имели блестящий темно-серый цвет, песчанистую текстуру с сильным запахом сероводорода. В 2005 г. цвет донных отложений был светло-серым, текстура мягкой и однородной, с запахом сероводорода. По данным 1992 г. общая минерализация воды в донных отложениях снизилась с 293 г/л (в 1985 г.) до 77 г/л. В 1992 г. в илах на глубине 0.5 м от поверхности дна отмечалось относительное снижение минерализации на 20-30 г/л по сравнению с 1985 г. Соотношение ионов в отжиме грязи до глубины грунта 0.4 м имело те же значения, что и в придонной воде. В более глубоких нижних слоях донных отложений сохранялось прежнее соотношение ионов, но опреснение илов сказалось на их физико-химических показателях: снизились значения объемного веса (с 1.52 г/см^3 в 1985 г. до 1.37 г/см^3 в 2005 г.), сопротивление сдвигу увеличилось (с 2.06 Н/м в 1985 г. до 5.52 Н/м в 2005 г.), изменилось соотношение разных форм железа, увеличилась доля сульфидов железа (с 0.2% в 1895 г. до 20% в 2005 г.). Исследования донных отложений озера Кызыл-Яр в 1993 г. показали дальнейшее распреснение верхнего слоя.

Минерализация верхнего слоя (0-20 см) снизилась с 77 г/л (1992 г.) еще на 10-15 г/л, минерализация в 40-60 см слое снизилась на 5-10 г/л. В 2009 г. общая минерализация грязевого раствора (отжима) в 0-25 см слое составляла в среднем 18.8 г/л (CV=0.11). Временные изменения солености иловых вод в период 1985-2009 гг. (рис. 5) можно описать экспоненциальным уравнением (r=0.97, p=0.001). Сравнивая рисунки 2 и 5, видим, что скорость уменьшения солености в водной толще была почти на 40% выше, чем в иловом растворе. Оценка концентрации биогенов и первичной продукции была проведена только в 2014-2016 гг. (табл. 1), по этим показателям озеро в настоящее время является мезотрофным или слабо-эвтрофным.

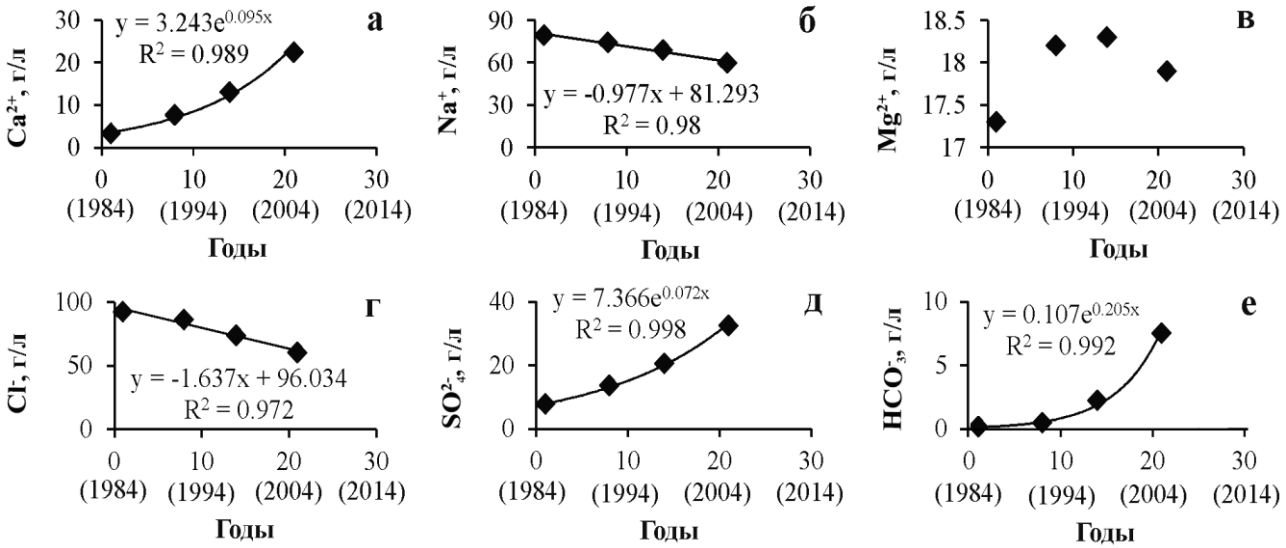

Рис. 3. Изменение концентрации Ca^{2+}, Na^{+}, Mg^{2+}, Cl^{-}, SO^{2-}_4, HCO^{-}_3 в 1985-2005 гг.

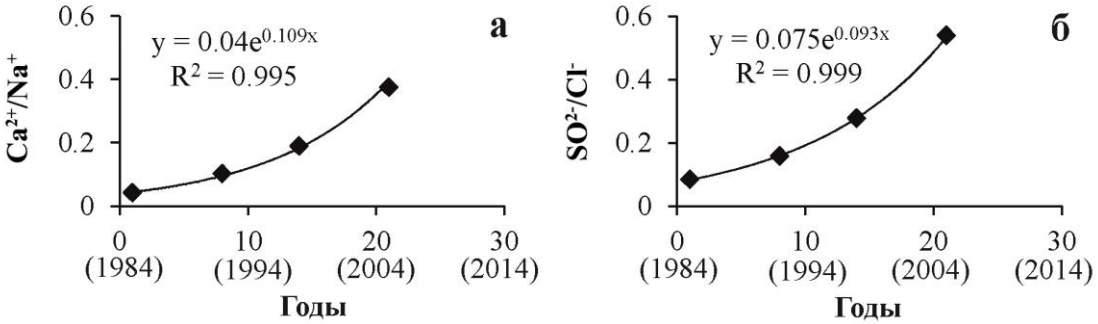

Рис. 4. Изменение отношения концентраций Ca^{2+}/Na^{+} (а) и SO^{2-}_4/Cl^{-} (б) в оз. Кызыл-Яр в 1985-2005 гг.

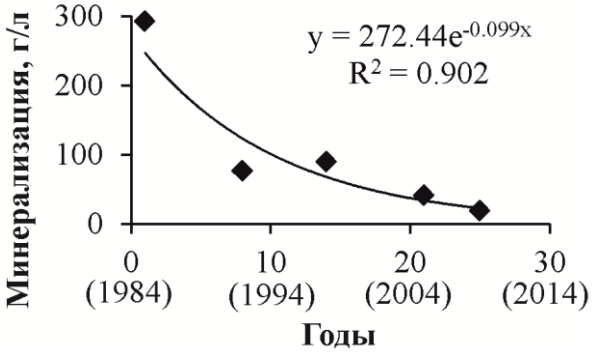

Рис. 5. Изменение солености иловых вод в озере Кызыл-яр с 1985 по 2009 гг.

За период исследования в озере произошли существенные изменения биоты. Работы, проведенные в июне 1992 г. и июле 1993 г., показали, что средняя биомасса фитопланктона составляла 0.66 мг/л, подобные биомассы характерны для мезотрофных-эвтрофных озер. Суммарная биомасса зоопланктона в среднем по озеру составила 0.610 г/м^3, перестали встречаться жаброногие рачки рода *Artemia*, которые до начала распреснения были фактически единственными представителями фауны в озере. В планктоне стали доминировать ветвистоусые рачки *Moina salina* (Daday, 1888) и амфипода *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931). Массовое развитие получили зеленые нитчатые водоросли *Cladophora* spp., которые ранее здесь не были отмечены. В формируемых кладофорой матах были обнаружены представители *Harpacticoida, Gammaridae, Ostracoda*, *Nematoda*, личинки *Coleoptera* и *Diptera*. В бентосе наиболее многочисленными были личинки *Chironomidae*, в июле 1993 г. в среднем по озеру их биомасса составила 69.006 г/м^2. Визуально отмечалось значительное расширение площади зарослей тростника, которые стали проникать и в те участки побережья, где их ранее не было. Начиная с 1993-1994 гг., местными рыбаками было отмечено повсеместное заселение озера мелкой пресноводной рыбой (карась, окунь, бычок, плотва), которое происходило без участия людей. В 1997-2005 гг. в озеро направленно вселили карпа, толстолобика, белого амура, к 2009 г. сформировались их многовозрастные популяции. Начиная с 2000-2005 гг. в прибрежной зоне озера, где образовались мощные заросли тростника, наиболее широкие в северной части, появились места стабильного гнездования и зимовки диких водоплавающих птиц (лебеди, утки, кулики и др.).

Таблица 1. Концентрация биогенов и первичная продукция в воде озера Кызыл-Яр.

Дата	NO_2	NO_3	NH_4	$N_{орг.}$	PO_4	$P_{орг.}$	Si	pH	ПП*	$C_{взв.}$**
	мкг/л								мгС/м^3 в сутки	мг (сух)/л
13.05.2014	7.4	5.2	27.8	1172	28.0	15.4	2237	7.8	452.6	17.1
18.11.2014	2.4	17.9	76.7	1062	20.7	53.0	5146	8.1	283.0	20.0
18.05.2016	4.8	418.1	73.8	768	2.5	45.8	2256	8.0	286.9	14.0
07.09.2016	4.7	111.6	19.3	2720	89.3	14.0	7686	8.7	649.0	20.0

Примечания к таблице 1: ПП* – первичная продукция, $C_{взв.}$** – взвешенное органическое вещество (сухая масса).

Проведенные в 2016 г. исследования показали, что в озере происходит массовое развитие микроводорослей (табл. 2), доминирующими являются *Bacillariophyta* и *Cyanobacteria*. Суммарная биомасса фитопланктона (0.3-0.8 мг/л) не отличалась от таковой в 1992-1993 гг. (0.66 мг/л), из чего можно сделать вывод, что существенных изменений трофности озера за период с 1992 г. по 2017 г. не произошло. Зоопланктон в 2010-2017 гг. характеризовался высокой численностью (3000-8000 экз./м^3), доминировали *Cladocera* и *Cyclopoida*, также встречались *Rotifera*, личинки *Chironomidae, Coleoptera*, амфипода *G. aequicauda* и креветки. В мае 2016 г. суммарная численность зоопланктона достигала 7400 экз./м^3, основу общей численности составляли *Cyclopoida* – 96%, вторыми были *Cladocera* – 4%. В апреле 2017 г. общая численность зоопланктона составляла 5850 экз./м^3, доминировали *Cladocera* (64%) и *Cyclopoida* (30%), в июне 2017 г. общая численность зоопланктона достигала 360 экз./м^3, *Cyclopoida* – 50%, *Cladocera* – 48%. Существенных изменений в составе бентоса с 1992 г. не произошло, основные представители – *Harpacticoida, Gammaridae, Ostracoda, Nematoda*, личинки *Coleoptera* и *Diptera*.

Таблица 2. Структура фитопланктона в озере Кызыл-Яр в 2016 г.

Дата	Общая численность клеток, 10^3 кл/л	Численность *Bacillariophyta*, 10^3 кл/л	Численность *Cyanobacteria*, 10^3 кл/л	Общая биомасса, мг/л
18.05.2016	800	410	250	0.80
07.09.2016	280	100	160	0.28

До создания водохранилища, когда озеро было гиперсоленым, подводной многоклеточной растительности в нем не отмечали. В 1992-1994 гг. зарегистрировано массовое развитие кладофоры,

которой в 2014-2016 гг. визуально было значительно меньше. Среди подводной растительности в настоящее время доминируют рдесты, в частности, в 2016 г. массовым видом был *Potamogeton crispus* L. (1753), широко распространенный в Евразии и Северной Америке, но довольно редкий в Крыму (встречался только в пресных водоемах предгорий и Ай-Петринской яйлы).

Обсуждение

Потери воды из созданного Межгорного водохранилища привели к переходу озера Кызыл-Яр из гиперсоленого состояния в практически пресноводное – с соленостью около 2 г/л. Переход осуществлялся на протяжении 20-25 лет, при этом уменьшение минерализации водной толщи происходило быстрее, чем иловых вод. Постоянный приток пресной воды в озеро сделал его фактически проточным водоемом. При этом процесс распреснения глубоких горизонтов донных отложений еще не завершился. Этим и объясняется незначительная, но постоянно регистрируемая минерализация воды до 2-3 г/л, в основном за счет хлоридов натрия и сульфатов кальция. Возникает вопрос: будет ли наблюдаться дальнейшее уменьшение солености воды в озере? В свете современной ситуации можно уверенно предположить, что этого происходить не будет. Эта уверенность базируется на том, что в связи с прекращением подачи днепровской воды в Северо-Крымский канал уровень воды в Межгорном водохранилище стал резко уменьшаться. Например, в начале июня 2015 г. в Межгорном водохранилище воды практически не осталось, однако затем дожди привели к его частичному заполнению. При дальнейшем уменьшении запасов воды в Межгорном водохранилище и уменьшении фильтрации воды из него в озеро испарение с поверхности озера начнет превышать поступление воды, что приведет к началу роста солености в озере вследствие аридности климата. Учитывая накопленный запас в грунтовых водах и плавнях, можно предположить, что в течение ряда лет этот рост будет очень медленным. Исследования, проведенные в мае и сентябре 2016 г. и апреле 2017 г. не позволяют однозначно говорить о начале роста солености. Большое количество атмосферных осадков в первой половине 2017 г. привело к тому, что уровень воды в водохранилище повысился, а соленость в озере несколько уменьшилась. Только продолжение мониторинга озера может дать более детальную информацию необходимую для количественного прогноза возможных изменений характера его обмена с морем, солености, площади и состояния экосистемы.

В озере Кызыл-Яр за период наблюдений происходило постепенное изменение ионного состава, обусловленное тем, что приток в озеро морской воды уменьшился, а пресной увеличился. Подобные изменения были отмечены и в других гиперсоленых водоемах Крыма после реализации строительных проектов, уменьшивших поступления в них морской воды. Примером этого, в частности, может служить озеро Тобечикское (Шадрин и др., 2010). Увеличение концентрации кальция и магния при распреснении соленых озер – закономерность, обнаруженная и в озерах других аридных регионов, например, в забайкальском озере Бормашевое (Намсараев и др., 2007).

Экосистема озера Кызыл-Яр перешла в новое состояние, подобные переходы наблюдали и во многих других водоемах мира (Carpenter, 2003; Shadrin, Anufriieva, 2013; El-Shabrawy et al., 2015). При существенных изменениях солености в озерах всех континентов происходит кардинальное изменение структуры биоразнообразия, что показано для водоемов Африки (Carrasco, Perissinotto, 2012; El-Shabrawy et al., 2015), Америки (Wurtsbaugh, Berry, 1990), Европы (Ivanova et al., 1994) и Азии (Плотников, 2016). Структура биологического разнообразия в озере Кызыл-Яр коренным образом изменилась, в частности, исчезла популяция артемии. При уменьшении солености ниже 40-50 г/л артемии практически всегда перестают существовать в экосистемах (Бондаренко, Яковенко, 2000; Wurtsbaugh, Berry, 1990; Ivanova et al., 1994; Shadrin, Anufriieva, 2013; Shadrin et al., 2012). В гиперсоленом озере лечебные грязи образуются в результате функционирования экосистемы, как целого (Ivanova, 1994; Gheorghievici et al., 2015). Переход экосистемы озера Кызыл-Яр в новое альтернативное состояние привел к тому, что стали формироваться другие донные отложения. Найденные в 2005 г. параметры донных отложений, свидетельствуют о том, что они не соответствуют характеристикам лечебных грязей, запас которых в озере оценивался ранее в 34.3 млн. т (Курнаков и др., 1936). Можно предположить, что в настоящее время в озере также происходит трансформация ранее накопленных лечебных грязей, в результате этого их объем уменьшается. Водоем стал практически пресноводным с новыми ресурсами и новыми

возможностями их использования.

Выводы

Случай антропогенной трансформации озера Кызыл-Яр показывает, что недоучет характера ландшафтной связности может приводить к непредвиденным существенным изменениям природных водоемов, удаленных от создаваемых водохранилищ. Прогнозируя возможные изменения окружающей среды в результате тех или иных проектов, особенно в таких уязвимых ландшафтах, как аридные зоны, необходимо учитывать всю структуру ландшафтных связей и ее возможные изменения.

Дальнейшие комплексные исследования водоема будут содействовать пониманию закономерностей перехода водных экосистем из одного состояния в альтернативное, что необходимо для развития общей экологии водоемов аридных зон и прогноза возможных дальнейших изменений экосистемы озера Кызыл-Яр. Проведение комплексных исследований необходимо также для оценки продукционного потенциала экосистемы и возможностей использования ресурсов озера (биоресурсы, лечебные грязи) при организации рационального многоцелевого менеджмента водоема, что для аридного Крыма является важной задачей.

Благодарности. Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам Крымской гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции и Института морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, которые принимали участие в полевых работах и анализе проб в разные годы исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бахман В.И., Овсянникова К.А., Вадковская А.Д. 1965. Методика анализа лечебных грязей (пелоидов). М.: ЦНИИКиФ. 142 с.

Бондаренко Л.В., Яковенко В.А. 2000. Трансформация видовой структуры ракообразных озера Мойнаки в связи с его опреснением // Вісник Дніпропетровського університету. Серія біологія, екологія. Т. 8. № 2. С. 100-105.

Зотов А.Б. 2005. Характеристика удельной поверхности таксономических отделов фитопланктона Одесского региона (Украина) // Альгология. Т. 15. № 2. С. 195-204.

Курнаков Н.С., Кузнецов В.Г., Дзенс-Литовский А.И., Равич М.И. 1936. Соляные озёра Крыма. М.-Л.: АН СССР. 278 с.

Лурье Ю.Ю. 1973. Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия. 376 с.

Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. 2010. Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды. М.: Наука. 268 с.

Намсараев Б.Б., Зайцева С.В., Хахинов В.В., Иметхенов А.Б., Ринчино С.Х., Максанова Л.Б.-Ж. 2007. Минеральные источники и озера Баргузинской долины. Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета. 103 с.

Плотников И.С. 2016. Многолетние изменения фауны свободноживущих водных беспозвоночных Аральского моря. С.-Пб.: ЗИН РАН. 168 с.

Понизовский А.М. 1965. Соляные ресурсы Крыма. Симферополь: Издательство Крым. 164 с.

Сорокин Ю.И. 1987. К оценке адекватности радиоуглеродного метода измерения первичной продукции // Океанология. Т. 27. № 4. С. 678-682.

Шадрин Н.В., Копейка А., Батогова Е. 2010. Структура и динамика зоопланктона гиперсоленого Тобечикского озера в 2007-2009 гг. (Крым, Керченский п-ов) // Современные проблемы экологии Азовско-Черноморского района. Материалы V Международной конференции. Керчь: Изд-во ЮгНИРО. С. 50-56.

Шадрин Н.В., Сергеева Н.Г., Латушкин А.А., Колесникова Е.А., Киприянова Л.М., Ануфриева Е.В., Чепыженко А.А. 2016. Трансформация залива Сиваш (Азовское море) в условиях роста солености: изменения мейобентоса и других компонент экосистемы (2013-2015 гг.) // Журнал Сибирского федерального университета. Серия Биология. Т. 9. № 4. С. 452-466.

Anufriieva E., Holynska M., Shadrin N. 2014. Current invasions of Asian Cyclopid species (Copepoda: Cyclopidae) in Crimea, with taxonomical and zoogeographical remarks on the hypersaline and freshwater fauna // Annales Zoologici. Vol. 64. No. 1. P. 109-130.

Carpenter S.R. 2003. Regime shifts in lake ecosystems: pattern and variation. Oldendorf/Luhe: International Ecology Institute. 199 p.

Carrasco N.K., Perissinotto R. 2012. Development of a halotolerant community in the St. Lucia Estuary (South Africa) during a hypersaline phase // PloS One. Vol. 7. No. 1. P. 1-14. [http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0029927].

Delju A.H., Ceylan A., Piguet E., Rebetez M. 2013. Observed climate variability and change in Urmia Lake Basin, Iran

// Theoretical and Applied Climatology. Vol. 111. No. 1-2. P. 285-296.

El-Shabrawy G.M., Anufriieva E.V., Germoush M.O., Goher M.E., Shadrin N.V. 2015. Does salinity change determine zooplankton variability in the saline Qarun Lake (Egypt)? // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. Vol. 33. No. 6. P. 1368-1377.

Gheorghievici L., Gheorghievici G., Tanase I. 2015. The phytoplankton composition features of five Romanian pelogenous ecosystems // Environmental Engineering and Management Journal. Vol. 14. No. 5. P. 975-984.

Hart B.T., Lake P.S., Webb J.A., Grace M.R. 2003. Ecological risk to aquatic systems from salinity increases // Australian Journal of Botany. Vol. 51. No. 6. P. 689-702.

Ivanova M.B. 1994. Quantitative estimation of zooplankton contribution to the processes of mud formation in hypersaline lakes in the Crimea // Russian Journal of Aquatic Ecology. Vol. 3. P. 63-74.

Ivanova M.B., Balushkina E.V., Basova S.L. 1994. Structural functional reorganization of ecosystem of hyperhaline lake Saki (Crimea) at increased salinity // Russian Journal of Aquatic Ecology. Vol. 3. No. 2. P. 111-126.

Johnson L.B., Host G.E. 2010. Recent developments in landscape approaches for the study of aquatic ecosystems // Journal of the North American Benthological Society. Vol. 29. No. 1. P. 41-66.

Martin S.L., Soranno P.A. 2006. Lake landscape position: relationships to hydrologic connectivity and landscape features // Limnology and Oceanography. Vol. 51. No. 2. P. 801-814.

Müller P.H., Neuman P., Storm R. 1979. Tafeln der mathematischen Statistik. Leipzig: VEB Fachbuchverlag. 275 p.

Shadrin N.V. 2017. Hypersaline lakes as polyextreme habitats for life // Introduction to salt lake sciences. Beijing: Science Press. P. 173-178.

Shadrin N.V., Anufriieva E.V. 2013. Climate change impact on the marine lakes and their Crustaceans: The case of marine hypersaline Lake Bakalskoye (Ukraine) // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 13. P. 603-611.

Shadrin N.V., Anufriieva E.V., Galagovets E.A. 2012. *Artemia* distribution in Ukraine and general remarks on its historical biogeography // International Journal of *Artemia* Biology. Vol. 2. No. 2. P. 30-42.

Shimoda Y., Azim M.E., Perhar G., Ramin M., Kenney M.A., Sadraddini S., Gudimov A., George B., Arhonditsis G.B. 2011. Our current understanding of lake ecosystem response to climate change: What have we really learned from the north temperate deep lakes? // Journal of Great Lakes Research. Vol. 37. No. 1. P. 173-193.

U.S. Geological Survey. 2017. [Электронный ресурс http://landsatlook.usgs.gov (дата обращения 09.08.2017)].

Verschuren D., Johnson T.C., Kling H.J., Edgington D.N., Leavitt P.R., Erik T., Brown E.T., Talbot M.R., Robert E., Hecky R.E. 2002. History and timing of human impact on Lake Victoria, East Africa // Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences. V. 269. № 1488. P. 289-294.

Williams W.D. 2001. Anthropogenic salinisation of inland waters // Hydrobiologia. Vol. 466. No. 1. P. 329-337.

Wurtsbaugh W.A., Berry T.S. 1990. Cascading effects of decreased salinity on the plankton chemistry, and physics of the Great Salt Lake (Utah) // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 47. No. 1. P. 100-109.