

ISSN 1993-3916

Том 23 Номер 4 (73) Декабрь 2017

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



2017

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

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) eLIBRARY.RU, в базу данных Russian Science Citation Index, размещенную на платформе Web of Science, входит в число реферируемых журналов и Базы данных Scopus, ВИНТИ, Google Scholar, AGRICOLA, EBSCO Discovery Service, OCLC, Summon by ProQuest 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
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК РАН
ДАГЕСТАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ПРИКАСПИЙСКИЙ ИНСТИТУТ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

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

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Том 23, № 4 (73), 2017, 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, Г. Бйоклунд (Швеция), С.-В. Брекле (Германия), К.Б. Гонгальский,
П.Д. Гунин, А. Джиллили (Китай), Т.В. Дикарева, Л.А. Димеева (Казахстан),
Т.Д. Зинченко, И.С. Зонн, К.Н. Кулик, Г.С. Куст, Ю.А. Мазей, В.В. Неронов,
К.З. Омаров, Л. Орловская (Израиль), Б. Оюнгерел (Монголия), А.А. Тишков,
В.И. Черкашин, А.А. Чибилев, З.Ш. Шамсутдинов,
Н.Г. Мазей (*Ответственный секретарь*)

Редакционный совет:

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

Ответственные за выпуск:

Ж.В. Кузьмина*, Н.Г. Мазей*

Адреса редакции:

*Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3, ИВП РАН
Телефон: (499) 135-70-31, (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: pibrdnrcran@mail.ru

Москва: Товарищество научных изданий КМК

2017

СОДЕРЖАНИЕ

Том 23, номер 4 (73), 2017 декабрь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Воздействие глобального изменения климата на экосистемные функции стран Африки

А.И. Курбатова, А.М. Тарко, Е.В. Козлова 3-10

Межкомпонентные экологические взаимосвязи в солонцовом природном комплексе северной Сарпинской равнины (Республика Калмыкия)

Н.М. Новикова, М.В. Конюшкова, С.С. Уланова 11-21

Оценка изменений наземных экосистем Нижней Волги при зарегулировании

Ж.В. Кузьмина, С.Е. Трешкин 22-34

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Засоленные почвы и определение провинции соленакопления на территории Казахстана

Г.Т. Исанова, Ц. Абудувайли, Ж.У. Мамутов, А. А. Калдыбаев, Г.А. Сапаров, Т.А. Базарбаева 35-43

Интенсивность овражной эрозии в аридной зоне Азербайджанской республики (на примере района Мингечаурского водохранилища)

Э.А. Гурбанов, С.А. Ганиева 44-49

Оценка восстановительной динамики белоземельнопопынников (*Artemisia terrae-albae*) в Северном Приаралье

Л.А. Димеева, В.Н. Пермитина, Б.М. Султанова, К. Усен, В.В. Лысенко 50-60

Современное состояние ценологических популяций *Astragalus centralis* Sheld. в условиях хребта Кульджуктау (пустыни Кызылкум)

Ш.У. Саробаева, Х.Ф. Шомуродов 61-68

Воздействие параметров окружающей среды на таксономическое разнообразие видов растений в аридном регионе Табука

Халид А. Аль-Мутаури 69-77

Изменения структуры населения и численности млекопитающих и птиц в пастбищных экосистемах Южно-Минусинской котловины

В.А. Преловский 78-87

ХРОНИКА

Петр Дмитриевич Гунин – исследователь аридных территорий Азии (к 75-летию со дня рождения)

С.Н. Бажа, Н.И. Дорофеев, Ю.А. Дробышев 88-90

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЭКОСИСТЕМНЫЕ ФУНКЦИИ СТРАН АФРИКИ

© 2017 г. А.И. Курбатова*, А.М. Тарко**, Е.В. Козлова*

**Российский университет дружбы народов*

Россия, 113093, г. Москва, Подольское шоссе, д. 8/5. E-mail: kurbatova_ai@mail.ru

***Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Федерального исследовательского центра
«Информатика и управление» РАН*

Россия, 119991, г. Москва, ул. Вавилова, д. 40. E-mail: tarko@mail15.com

Поступила 05.07.2016

На основе глобальной пространственной математической модели глобального цикла углерода в биосфере сделаны расчеты изменения экологических параметров от выбросов углекислого газа при сжигании ископаемого топлива, вырубки лесов и эрозии в странах Африки. Рассчитано влияние вырубки тропических лесов и эрозии почв из-за неправильного землепользования на изменение климата для стран Африки до 2060 года.

Ключевые слова: математическое моделирование, глобальный биохимический цикл, диоксид углерода, глобальное потепление, антропогенное воздействие, региональные последствия.

Перед африканскими странами на сегодняшний день остро стоит проблема изменения климата. Несмотря на то, что страны Африки вносят незначительный вклад в глобальное потепление (на их долю приходится 3-4% от мирового выброса парниковых газов), они оказываются самыми уязвимыми к изменению климата в условиях отсутствия возможности адаптироваться к нему (Valentini et al., 2014). Африка играет важную роль в глобальном цикле углерода, и с точки зрения абсолютного вклада, и как основной причины межгодовой изменчивости концентрации CO₂ в атмосфере (Рогожина, 2015).

Экономика стран Африки опирается прежде всего на климатически зависимые отрасли, которые неизбежно сталкиваются с такими проблемами, как нехватка воды, опустынивание, обезлесение, чрезмерная эксплуатация пастбищ. Существуют реальные опасения, что изменение климата способно перечеркнуть позитивные результаты наметившихся сдвигов в развитии стран континента и усилить существующие экологические проблемы (Valentini et al., 2014). С 1990 по 2000 г. Африка потеряла более 52 млн. га лесных площадей, что эквивалентно показателю обезлесения в 0.8% в год. На рисунке 1 представлены причины и последствия уничтожения лесов в Африке.

Ежегодная потеря углерода вследствие преобразования девственных лесов в плантации древесных культур составляет 4.1±3.8 MgC (мегатонн углерода), что при экстраполяции на весь африканский континент составит 1.0 TgC (гегатонн углерода). По мнению основной причиной углеродных потерь лесными сообществами в Африке является вырубка лесов.

Сокращение лесных площадей в Африке выдвигает на первый план задачи по ведению устойчивого лесного хозяйства и трансформации лесопользования, препятствием чему служат слабая институциональная база управления лесным хозяйством, неэффективная лесная политика, отсутствие кадров специалистов (Valentini et al., 2014).

Целью работы является анализ воздействия глобального изменения климата на экосистемные функции лесных сообществ стран Африки. Авторами статьи для достижения цели были поставлены следующие задачи: на основе пространственной модели глобального цикла углерода Вычислительного центра РАН (ВЦ РАН) рассчитать влияние промышленных выбросов CO₂, а также основных причин углеродных потерь в Африке – вырубки лесов и эрозии почвы на динамику накопления углерода в гумусе и фитомассе лесных экосистем; оценить и сравнить компенсаторные функции лесных сообществ всех регионов континента Африка.

Результаты расчетов позволили выявить ряд закономерностей, происходящих в экосистемах

стран Африки под воздействием выбросов CO_2 , вырубки лесов, а также эрозии почвы при неправильном землепользовании. Моделирование воспроизводит отклик гумуса и фитомассы растительности различной таксономической принадлежности при антропогенном стрессе и зависимость количества углерода в гумусе и фитомассе от концентрации углекислого газа в атмосфере в разных климатических зонах. С помощью математических методов выявлена зависимость динамики роста гумуса и фитомассы растительности от накопления углекислого газа в атмосфере, сделан количественный прогноз динамики экосистемных характеристик растительных сообществ в зависимости от региона произрастания.

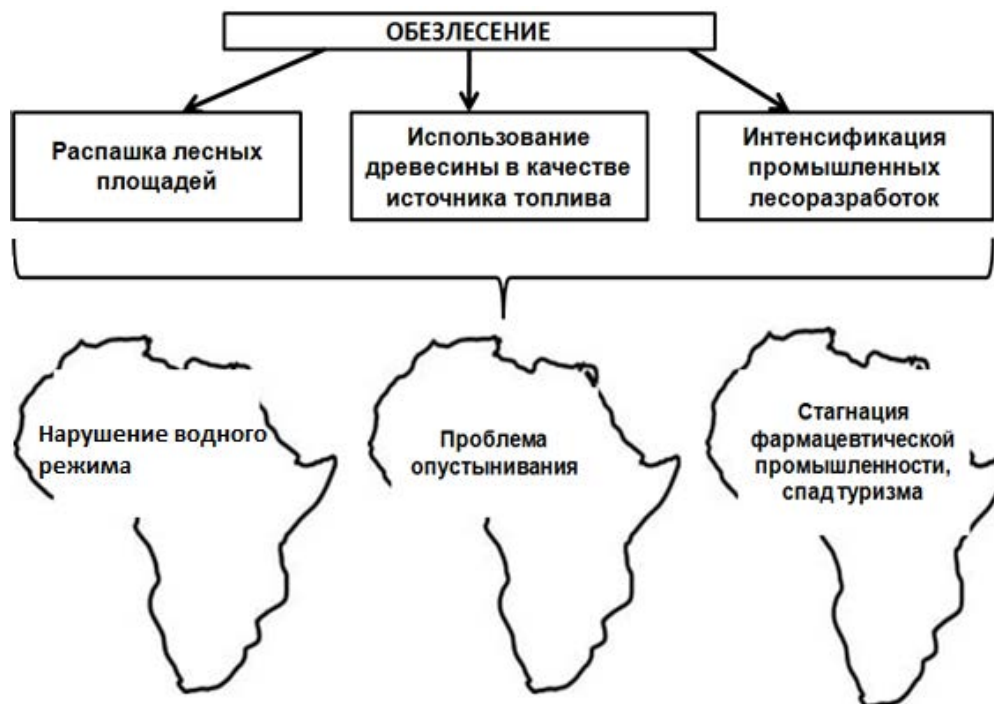


Рис. 1. Причины и последствия уничтожения лесов Африки.

Методы исследований

Рассмотрим последствия глобального потепления и других антропогенных воздействий в экосистемах и сельскохозяйственном производстве в странах Африки. Авторами статьи проводились расчеты для периода 1860-2060 гг. на пространственной модели глобального цикла углерода ВЦ РАН. В модели учитывалось, что индустриальные выбросы CO_2 , вырубка лесов и эрозия почв, происходящие на территории стран, в течение времени около двух недель перемешиваются в широтном направлении и в течение 2-3 месяцев в меридиональном направлении, т.е. в течение одного года. Поэтому каждая страна или регион одновременно испытывает действие изменения климата, зависящее от суммарных выбросов всех стран мира в течение года. Следовательно, для расчета изменений климата, происходящих при глобальном потеплении в одном регионе или стране необходимо применять глобальную пространственную модель цикла углерода, учитывающую суммарные выбросы CO_2 стран всего мира, начиная с индустриального периода. Обычно в моделях глобального цикла углерода за начало антропогенного периода принимается 1860 год.

В глобальной пространственной модели цикла углерода ВЦ РАН в биосфере (Тарко, 2005) применено разбиение поверхности суши на ячейки $0.5 \times 0.5^\circ$ соответствующие географической сетки (примерно 50×50 км), она реализована на ЭВМ. Модель описывает процессы роста и отмирания растительности, накопления и разложения гумуса в терминах обмена углеродом между атмосферой, растениями и гумусом почвы в каждой ячейке суши. Переменными модели являются количество углерода в фитомассе растительности суши и в гумусе почв в каждой ячейке применяемого разбиения, а также количество углерода в атмосфере в виде CO_2 . Принята классификация типов экосистем Дж.Олсона, в которой учитываются не только естественные экосистемы, но и

сельскохозяйственные (Olson et al., 2001). В углеродном балансе страны поглощающая способность CO_2 должна оцениваться как составная часть глобального баланса с учетом вклада не только лесов, но и других биомов (лугов, сельхозугодий, болот, тундры; Федоров, 2014).

Климат в каждой ячейке характеризуется среднегодовой температурой воздуха у поверхности земли и количеством осадков за год, учитывает парниковый эффект от диоксида углерода атмосферы. Значения температуры и осадков для каждой ячейки суши в зависимости от количества углерода в атмосфере (парниковый эффект) рассчитываются с помощью климатической модели общей циркуляции атмосферы и океана (Schlesinger, 1983). Модель дополнена моделью цикла углерода в системе «атмосфера – океан» (Тарко, 2005).

Моделировалась динамика биосферы с 1860 г. по 2060 г. Был принят следующий базовый сценарий. Антропогенное поступление CO_2 в атмосферу начинается в 1860 г., оно происходит в результате промышленных выбросов CO_2 от сжигания ископаемого органического топлива, вырубки лесов и эрозии почв. После 2060 г. темпы роста промышленных выбросов сохраняются такими же, какими были в предыдущее десятилетие (2.62% в год). После 1950 г. идет вырубка и последующее уничтожение тропических лесов. В этот период масса тропических лесов каждый год уменьшается на 0.6% (Тарко, 2005), соответствующее количество CO_2 от разложившегося органического вещества древесины поступает в атмосферу. Эрозия почв связана неправильной сельскохозяйственной эксплуатацией земель, соответствующее количество CO_2 от разложения вынесенного гумуса поступает в атмосферу. Темпы эрозии, начиная с 1860 г., принимаются равными 0.15% в год (Тарко, 2005). В разных сценариях учитывается различное изменение вырубки и эрозии во времени. Территория вырубки и эрозии задается соответствующими пространственными распределениями для каждой ячейки модели. Информация о значениях промышленных выбросов CO_2 для всего мира и всех стран в 1751-2010 гг. взята из справочных данных (Marland et al., 2010).

Для исследования региональных последствий глобального потепления и землепользования в странах Африки был проведен расчет изменения фитомассы, гумуса и общего количества углерода под воздействием промышленных выбросов CO_2 , вырубки лесов (тропические леса) и эрозии гумуса связанной с неправильным землепользованием. Расчеты проводились для периода 1860-2060 гг. на основе указанного выше базового сценария антропогенного воздействия. Рассматривались изменения следующих экологических параметров: углерода в фитомассе и гумусе в растительных сообществах каждой страны как исходных параметров для изучения депонирования углерода в лесных экосистемах.

Графики изменения гумуса и фитомассы приведены для относительных значений переменных, за 1 на них принят 2000 г. Такой метод представления результатов удобен для сравнения роста переменных как для одного графика, так и для сравнения разных переменных в разных странах, географических зонах и климатических поясах.

Для африканского континента свойственно проявление географической зональности (Федоров, 2014). Внутри зон природные условия изменяются незначительно, поэтому зона в пределах материка в некоторых случаях является в то же время и физико-географическим регионом. На субрегиональном уровне, существуют различия в источниках эмиссии CO_2 и в стоках, зависящих от разнообразия представленных биомов и степени техногенеза.

Все страны Африки были разделены по географическому признаку, со схожими биоклиматическими потенциалами – комплексным показателем, характеризующим общую потенциальную продуктивность земли и влияние на продуктивность температуры, влажности и инсоляции. В рамках данной классификации было выделено 5 кластеров стран.

1. Восточная Африка: Сомали, Кения, Эфиопия, Уганда, Танзания.
2. Западная Африка: Гвинея-Биссау, Либерия, Гвинея, Бенин, Того, Гана, Буркина-Фасо, Сьерра-Леоне, Нигер, Мавритания, Нигерия, Мали, Кот-д'Ивуар, Сенегал.
3. Северная Африка: Тунис, Ливия, Алжир, Египет, Марокко, Судан.
4. Центральная Африка: Экваториальная Гвинея, Габон, Республика Конго, Камерун, Чад, Демократическая Республика Конго (ДР Конго), Центрально-Африканская Республика (ЦАР), Ангола.
5. Южная Африка: Ботсвана, Намибия, Мадагаскар, Зимбабве, ЮАР, Свазиленд, Мозамбик, Замбия, Маврикий.

Рассмотрим результаты расчета изменений экологических параметров в странах Африки.

Результаты и обсуждение

В странах Восточной Африки сразу после 2000 г. увеличивается содержание гумуса в Сомали, Эфиопии и Кении, а в Уганде и Танзании уменьшается (рис. 2). Рост гумуса в Сомали, Эфиопии и Кении связан с увеличением продуктивности и фитомассы от роста концентрации CO_2 и температуры атмосферы при глобальном потеплении. Часть отмерших растений, попадает в почву, ее органическое вещество разлагается, а затем превращается в гумус, увеличивая его. Уменьшение гумуса в Уганде и Танзании происходит в результате эрозии почвы. С 2040 г. в Уганде, а с 2050 г. в Танзании гумус начинает увеличиваться. В этом случае эрозии почвы противостоит рост гумуса, связанный с увеличением продуктивности и фитомассы. Происходит компенсация воздействия. Также на увеличение гумуса влияло региональное изменение климата, происходящее в результате глобального потепления. В целом в Восточной Африке в течение 2000-2060 гг. прогнозируется рост почвенного гумуса. Наибольшее увеличение гумуса происходит в Сомали и Кении. К 2060 г. увеличение там составит 20 и 12% соответственно по сравнению с 2000 г., а наименьшее – в Танзании (10%).

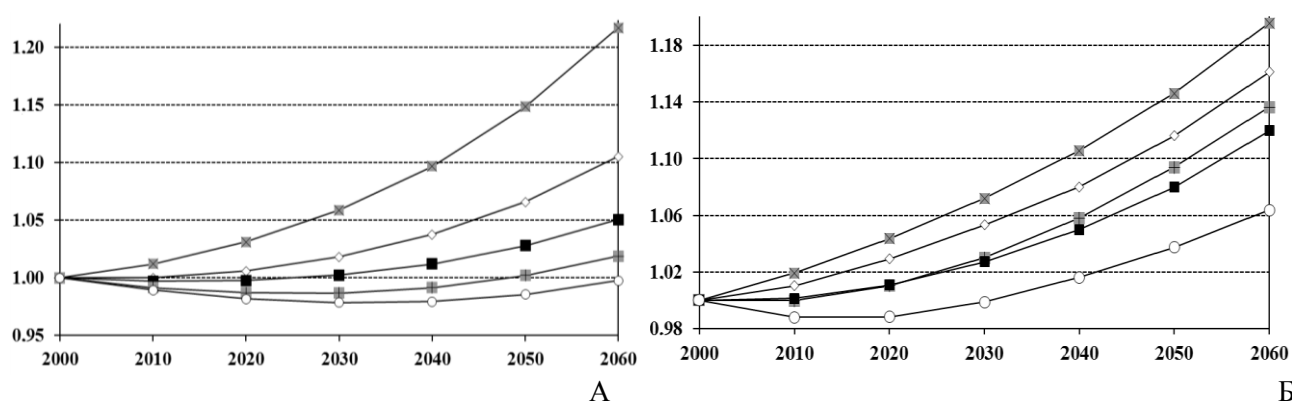


Рис. 2. Смоделированное изменение количества углерода в гумусе (А) и фитомассе (Б) в странах Восточной Африки за период 2000-2060 гг. Условные обозначения: —■— — Сомали, —◇— — Кения, —■— — Эфиопия, —■— — Уганда, —○— — Танзания; по шкале ОУ значения даны в относительных единицах, за 1 приняты значения 2000 г., по шкале ОХ – годы.

Результаты расчетов показывают возможность возрастания фитомассы в странах Восточной Африки (рис. 2). В Танзании возможный рост может наблюдаться с 2020 г. Причина этого такая же, как при восстановлении роста гумуса. Увеличение продуктивности и фитомассы в результате повышения CO_2 и температуры способствует компенсации негативных антропогенных воздействий. В моделируемый период наибольший прирост фитомассы может произойти в Сомали – рост фитомассы к 2060 г. до 12%, самый низкий – в Танзании (рост фитомассы к 2060 г. до 10.7% по сравнению с 2000 г.).

В группе стран Западной Африки результаты моделирования показывают, что в период 2000-2020 гг. во всех странах возможно уменьшение содержания гумуса (рис. 3). Исключением является Гвинея-Биссау (рост гумуса в 2020 г. составляет 0.5% по сравнению с 2000 г.). После возможного уменьшения с 2020 г. по 2060 гг. может наблюдаться постепенное возрастание гумуса в Либерии, Гвинеи и Бенина. В остальных странах может иметь место уменьшение роста гумуса. Причем для Мали, Кот-д'Ивуара, Буркина-Фасо и Сенегала результаты показывают уменьшение гумуса вплоть к 2060 г. В странах: Того, Гана, Сьерра-Леоне, Нигер, Мавритания и Нигерия гумус может возрасти, начиная с 2030 г. Из всех стран только в Гвинее Биссау, Сьерра-Леоне, Либерии, Нигере и Гвинее возможно превышение гумусом значений 2000 г.

Результаты расчетов показывают рост фитомассы во всех странах Западной Африки к 2060 г. (рис. 3). При этом в Гане и Кот-д'Ивуаре до 2020 г., а в Либерии и Сенегале до 2010 г. возможно уменьшение фитомассы, сменяющееся затем ее ростом. Наибольший прирост фитомассы возможен в Либерии (рост к 2060 г. до 10%), самый низкий рост в Мавритании – 1.5% к 2060 г. Во всех странах будет происходить превышение показателей фитомассы значений 2000 г.

По результатам модельных расчетов для стран Северной Африки: Тунис, Ливия, Алжир, Египет, Марокко, Судан после 2000 г. возможно уменьшение почвенного гумуса (рис. 4). Уменьшение гумуса может происходить в Тунисе, Ливии, Алжире, Египте, Марокко и Судане. После 2020 г. возможное снижение гумуса может сменится его ростом для всех стран Северной Америки. Самое высокое значение гумуса к 2060 г. возможно для лесных сообществ Туниса – 8%, наименьшее значение для Судана – 1%.

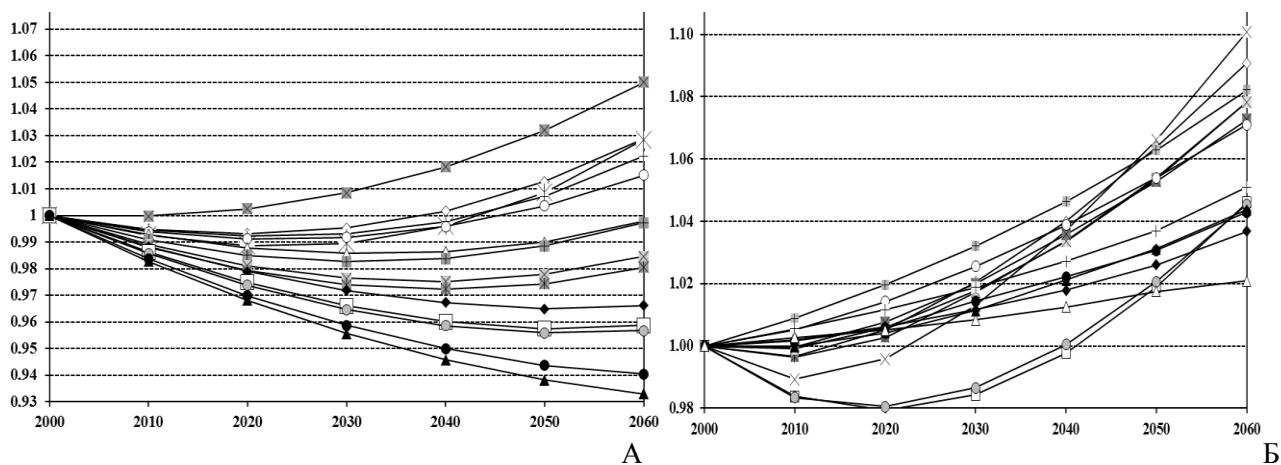


Рис. 3. Смоделированное изменение количества углерода в гумусе (А) и фитомассе (Б) в странах Западной Африки за период 2000-2060 гг. *Условные обозначения:* —■— Гвинея Бисау, —○— Сьерра-Леоне, —□— Либереия, —+— Нигер, —○— Гвинея, —△— Мавритания, —■— Бенин, —×— Нигерия, —*— Того, —●— Мали, —□— Гана, —○— Кот-д'Ивуар, —●— Буркина-Фасо, —▲— Сенегал; по шкале ОУ значения даны в относительных единицах, за 1 приняты значения 2000 г., по шкале ОХ – годы.

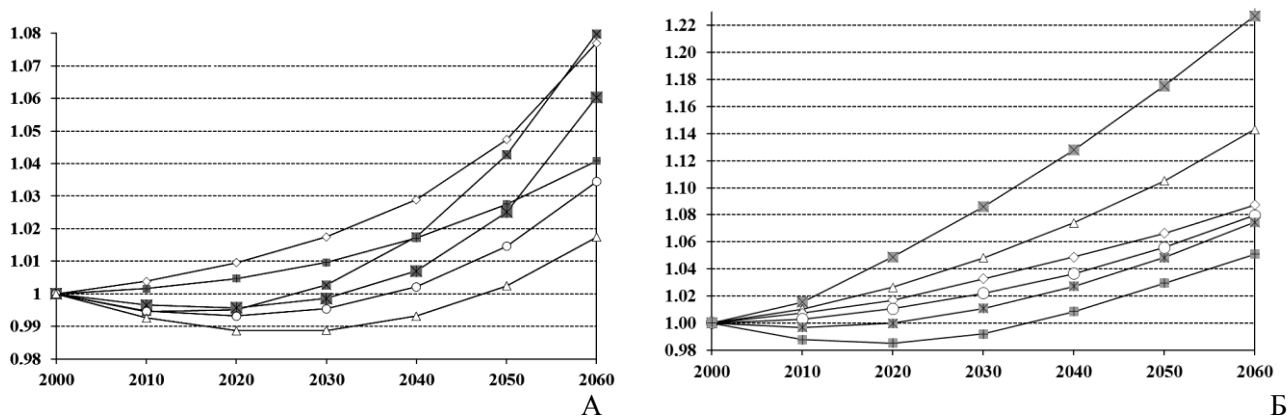


Рис. 4. Смоделированное изменение количества углерода в гумусе (А) и фитомассе (Б) в странах Северной Африки за период 2000-2060 гг. *Условные обозначения:* —■— Тунис, —○— Ливия, —*— Алжир, —■— Египет, —○— Марокко, —△— Судан; по шкале ОУ значения даны в относительных единицах, за 1 приняты значения 2000 г., по шкале ОХ – годы.

Результаты расчетов показывают рост фитомассы во всех странах (рис. 4), исключая Египет и Алжир. Для Египта и Алжира до 2010 г. характерно уменьшение фитомассы с последующим ее возрастанием. Наибольший прирост фитомассы возможен в Тунисе – 22%, самый низкий – в Египте (рост фитомассы к 2060 г. до 5%). Во всех странах может происходить превышение значений фитомассы 2000 г.

Из рисунка 5 видно, что для стран Центральной Африки возможно уменьшение гумуса к 2030 г. Для ЦАР и Анголы уменьшение гумуса может произойти к 2040 г., что связано с интенсивной вырубкой лесов для товарного и натурального сельского хозяйства. Лидером по содержанию

углерода в гумусе к 2060 г. будет являться Экваториальная Гвинея (рост к 2060 г. составит 4.5%), наименьшее содержание придется на страны ЦАР и Анголы (0.9 и 0.8% соответственно). Показатели гумуса для ЦАР и Анголы не превысят значений 2000 г.

Для стран Центральной Африки, начиная с 2020 г., возможен рост фитомассы (рис. 5), что сопряжено с увеличением концентрации углекислого газа в атмосфере. Наибольшее значение фитомассы может наблюдаться для Экваториальной Гвинеи – 12%, наименьшее – для Анголы (8.8%). Для всех стран будет характерно превышение значения фитомасс по отношению к 2000 г.

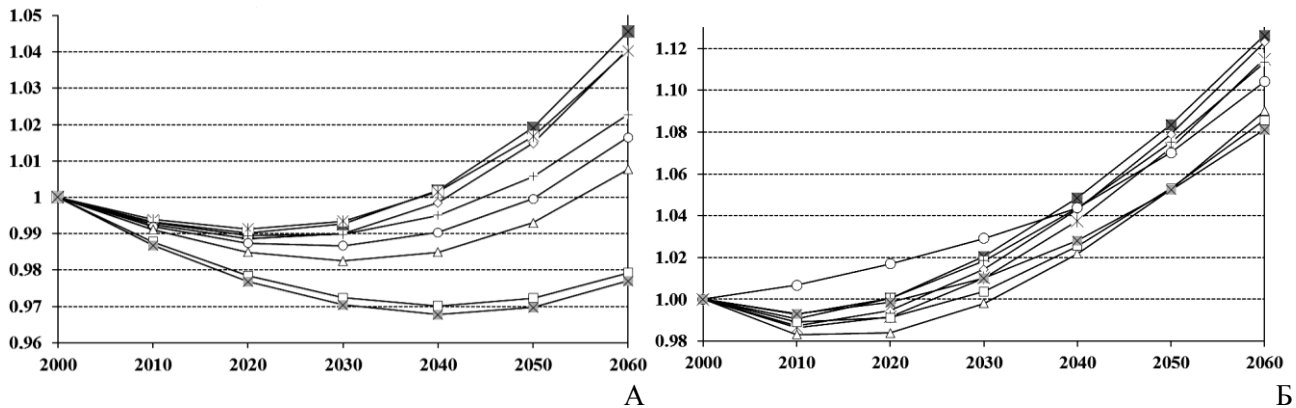


Рис. 5. Смоделированное изменение количества углерода в гумусе (А) и фитомассе (Б) в странах Центральной Африки за период 2000-2060 гг. Условные обозначения: ■ – Экваториальная Гвинея, — — — — Габон, — — — — Республика Конго, — — — — Камерун, — — — — Чад, — — — — Конго Демократическая Республика, — — — — ЦАР, — — — — Ангола; по шкале ОУ значения даны в относительных единицах, за 1 приняты значения 2000 г., по шкале ОХ – годы.

Для стран Южной Африки результаты моделирования представлены на рисунке 6. Для Зимбабве показано снижение роста гумуса в моделируемый период. Зимбабве, ЮАР, Маврикий, Свазиленд до 2030 г. может характеризоваться уменьшением гумуса (Мозамбик до 2040 г.). Но с возрастанием промышленных выбросов CO_2 в атмосфере для этих стран возможно возрастание гумуса в период 2030-2060 гг.

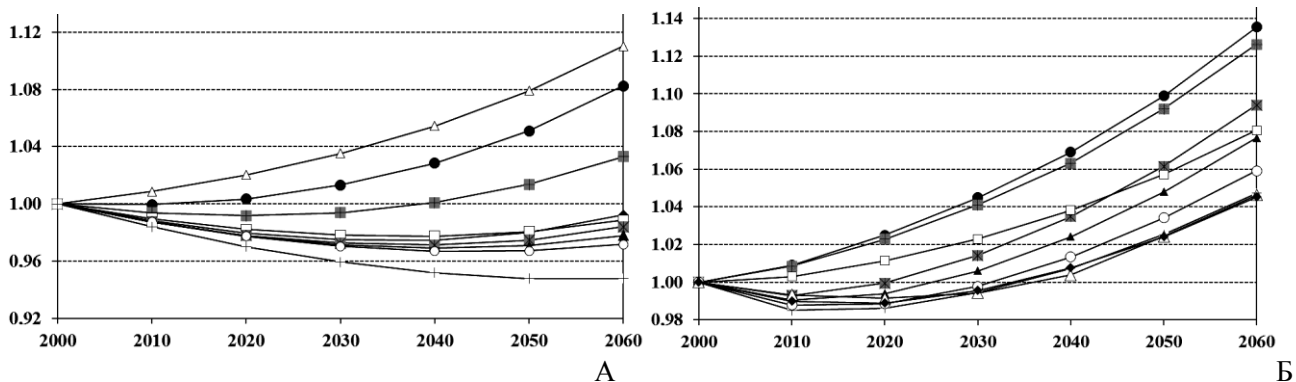


Рис. 6. Смоделированное изменение количества углерода в гумусе (А) и фитомассе (Б) в странах Южной Африки за период 2000-2060 гг. Условные обозначения: — — — — Ботсвана, — — — — Намибия, — — — — Мадагаскар, — — — — Зимбабве, — — — — ЮАР, — — — — Свазиленд, — — — — Маврикий, — — — — Мозамбик, — — — — Замбия; по шкале ОУ значения даны в относительных единицах, за 1 приняты значения 2000 г., по шкале ОХ – годы.

Для Намибии и Мадагаскара, начиная с 2020 г. может наблюдаться возрастание гумуса. Для Ботсваны имеет место рост гумуса в течении всего периода моделирования, что составляет 11% к 2060 г. Значения гумуса превысят показатели 2000 г. только для Ботсваны, Намибии и Мадагаскара.

При исследовании реакции фитомассы на изменение концентрации CO_2 , для стран Южной

Африки наблюдалось уменьшение в период 2000-2010 гг. В период 2010-2060 гг. наблюдалось увеличение фитомассы, что частично может компенсировать рост углекислого газа в атмосфере: наибольшее значение у Намибии – 14% к 2060 г., а наименьшее у Ботсваны (рост фитомассы 2% в 2060 г. по сравнению с 2000 г.). Все страны к 2060 г. могут превысить значения фитомассы для 2000 г.

В таблице 1 представлены обобщенные результаты моделирования изменения углерода фитомассы, гумуса и общего количества углерода (в фитомассе и гумусе) под воздействием промышленных выбросов CO₂, вырубки лесов и эрозии почв, связанной с неправильным землепользованием в странах Африки. Из таблицы видно, что наибольшее значение углерода в гумусе и общего содержания углерода к 2060 г. возможно для стран Восточной Африки (рост может составить 22 и 30% соответственно). Для Северной Африки характерны самые высокие показатели роста углерода в фитомассе. Рост может достигать 23% к 2060 г.

Таблица 1. Изменения углерода в фитомассе, в гумусе и изменение общего количества углерода в лесных экосистемах стран Африки под воздействием антропогенных факторов по данным моделирования.

Регион	Страна (наибольшее значение)	Гумус	Фитомасса	Гумус+Фитомасса
Восточная Африка	Сомали	1.22	1.20	1.30
Западная Африка	Либерия (Л) Гвинея-Биссау (Г)	1.05 (Г)	1.10 (Л)	1.12 (Л)
Северная Африка	Тунис	1.08	1.23	1.25
Центральная Африка	Экваториальная Гвинея	1.05	1.13	1.17
Южная Африка	Намибия (Н), Ботсвана (Б)	1.11 (Б)	1.14 (Н)	1.13 (Н)

Расчеты поглощения углекислого газа экосистемами стран Африки посредством математических моделей производились различными авторами (Brown, Gaston, 1995; Vaccini et al., 2008; Saatchi et al., 2011). Среди них S. Brown и G. Gaston, используя данные лесного учета, спрогнозировали прирост фитомассы Северной и Восточной Африки к 2050 г. Другие авторы (Vaccini et al., 2008; Saatchi et al., 2011) проводили расчеты на основе данных дистанционного зондирования, что также позволило оценить долгосрочные изменения запасов углерода в лесных экосистемах. Ученые австралийского Государственного объединения научных и прикладных исследований (CSIRO) обнаружили, что с насыщенностью атмосферы углекислым газом увеличилась листва на кронах деревьев пустынь и саванн на 11% в период с 1982 по 2010 гг. Подобный результат исследователи отметили в засушливых районах Австралии, Северной Америки, Ближнего Востока и Африки.

Результаты данных исследований подтверждают модельные расчеты авторов статьи о накоплении углерода в фитомассе и гумусе экосистем стран Африки в период 2000-2060 гг.

Заключение

Приведенные в статье расчеты показывают, что мощность регуляторных функций лесных экосистем в период 2000-2020 гг. на значительных территориях континента Африка снижена из-за их антропогенной деградации. Дальнейшее изменение биосферной функции регуляции углеродного цикла зависит от соотношения противоположных процессов: с одной стороны – интенсификации разложения органики в почвах и роста эмиссии CO₂ в атмосферу из экосистем, с другой стороны – увеличения продуктивности экосистем и роста поглощения ими CO₂ из атмосферы (Букварева, 2010; Тарко, Курбатова, 2016). При этом для периода 2020-2060 гг. наибольший рост запасов углерода в фитомассе и гумусе прогнозируется в северных и восточных регионах Африки. Кроме того, его незначительный рост следует ожидать в регионах, где потепление будет сопровождаться иссушением климата.

В целом, для африканских стран характерен рост углерода в гумусе и фитомассе в моделируемый период 2000-2060 гг., что обусловлено компенсаторными биосферными свойствами растительности

при секвестрации неорганического углерода атмосферы. Прогнозируемый рост гумуса и фитомассы играет значительную роль в сохранении лесных экосистем Африки с одной стороны, с другой стороны – повышенная концентрация CO₂ в атмосфере стимулирует рост древесного яруса в таких лесных формациях как саванна, что приводит к смене привычного ландшафта. Наблюдаемая сукцессия травяных сообществ может иметь отрицательные последствия для водного питания и биоразнообразия саванн, что также подтверждается данными по уменьшению численности гепардов и стервятников в условиях "древесной экспансии" в саваннах Намибии (The Surprising ..., 2013).

Установленные зависимости для различных географических зон африканского континента могут быть использованы для определения критерия биосферной устойчивости данных стран к антропогенному воздействию в условиях возрастания концентрации углекислого газа и при исследовании зависимости зон деградации лесов от изменений климата. Возможно выполнение ряда задач природоохранной практики, таких как: прогнозирование направления и скорости восстановления лесов при снятии антропогенной нагрузки; составление карт потенциального разрушения лесов, расчет биологического ущерба, нанесенного лесному биогеоценозу, а также реализация концепции "предотвращенного сведения лесов" (avoided deforestation) для всех стран африканского континента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Букварева Е.Н.* 2010. Роль наземных экосистем в регуляции климата и место России в посткиотском процессе. М.: Товарищество научных изданий КМК. 96 с.
- Рогожина Н.Г.* 2015. Экологическая политика развивающихся стран. М.: Изд-во «Аспект Пресс». 336 с.
- Тарко А.М.* 2005. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование. М.: Изд-во «Физматлит». 232 с.
- Тарко А.М., Курбатова А.И.* 2016. Влияние промышленных выбросов CO₂ на биосферные параметры экосистем стран БРИКС // Журнал «Вестник РУДН». Серия экология и безопасность жизнедеятельности. № 1. С. 26-36.
- Федоров Б.Г.* 2014. Выбросы углекислого газа: углеродный баланс России // Проблемы прогнозирования. № 1. С. 63-78.
- Baccini A., Laporte N., Goetz S. J., Sun M., Dong H.* 2008. A first map of tropical Africa's above-ground biomass derived from satellite imagery // Environmental Research Letters. Vol. 3. P. 32-39.
- Brown S., Gaston G.* 1995. Use of forest inventories and geographic information systems to estimate biomass density of tropical forests: Application to Tropical Africa // Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 38. P. 157-168.
- Marland G., Boden T., Andres B.* 2010. Global, Regional and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions URL: <http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/overview> (дата обращения 01.06.2016).
- Olson J.S., Watts J.A., Allison L.J.* 2001. Major world ecosystem complexes ranked by carbon in live vegetation: a database URL: http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/epubs/ndp/ndp017/ndp017_1985.html (дата обращения 01.06.2016).
- Saatchi S.S., Harris N.L., Brown S., Lefsky M., Mitchard E.T.A., Salas W., Zutta B., Buermann W., Lewis S., Hagen S., Petrova S., White L., Silman M., Morel A.* 2011. Benchmark Map Of Forest Carbon Stocks In Tropical Regions Across Three Continents // National Academy of Sciences. Vol. 108. № 24. P. 9899-9904.
- Schlesinger M.E.* 1983. Simulating CO₂-induced climate change with mathematical climate models: Capabilities, limitations and prospects. U. S. Department of energy. III.3-III.140. P. 139.
- Valentini R., Arneth A., Bombelli A., Castaldi S., Cazzolla Gatti R., Chevallier F., Ciais P., Grieco E., Hartmann J., Henry M., Houghton R.A., Jung M., Kutsch W.L., Malhi Y., Mayorga E., Merbold L., Murray-Tortarolo G., Papale D., Peylin P., Poulter B., Raymond P.A., Santini M., Sitch S., Vaglio Laurin G., Van der Werf G.R., Williams C.A., Scholes R.J.* 2014. A full greenhouse gases budget of Africa: synthesis, uncertainties, and vulnerabilities // Journal of Biogeosciences. Vol. 11. P. 381-407.
- The Surprising Role of CO₂ in Changes on the African Savanna by Adam Welz. URL: http://e360.yale.edu/feature/the_surprising_role_of_co2_in_changes_on_the_african_savanna/2663 (дата обращения 14.06.2016 г.).

МЕЖКОМПОНЕНТНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ В СОЛОНЦОВОМ ПРИРОДНОМ КОМПЛЕКСЕ СЕВЕРНОЙ САРПИНСКОЙ РАВНИНЫ (РЕСПУБЛИКА КАЛМЫКИЯ)¹

© 2017 г. Н.М. Новикова*, М.В. Конюшкова** ***, С.С. Уланова****

*Институт водных проблем РАН

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

**Почвенный институт им. В.В. Докучаева

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

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

Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1

****Институт комплексных исследований аридных территорий

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

E-mail: svetaulanova@yandex.ru

Поступила 18.09.2016

На ключевом участке в Калмыкии, расположенном в пределах физико-географического района Северной Сарпинской низменной равнины в зоне светло-каштановых почв, подзоне опустыненных степей, были проведены детальные почвенно-геоботанические исследования вдоль трансекты длиной 64 метра с сопряженным анализом микрорельефа, растительности, почв и дистанционной информации (детального снимка Quickbird). Вдоль трансекты на каждом метре закладывались геоботанические площадки, почвенные прикопки и скважины глубиной 1-2 м. Анализ полученных данных показал, что корреляция почв и растительных сообществ тесная ($r=0.72$), а с микрорельефом низкая ($r=0.42$ и $r=0.36$ соответственно). Ряд видов: *Falcaria vulgaris*, *Limonium caspium*, *Agropyron desertorum*, *Stipa lessingiana*, *Artemisia lerchiana*, *Festuca valesiaca*, *Tanacetum achilleifolium*, – никогда не встречается на корковых солонцах, первые четыре вида никогда не встречаются и на мелких солонцах, а первые два никогда не встречаются на солонцовых почвах. Еще ряд видов: *Kochia prostrata*, *Artemisia pauciflora*, *Anabasis aphylla*, *Bassia sedoides*, – в своем распространении приурочен преимущественно к мелким и корковым солонцам и почти не встречается на других типах почв. Данные по укосам хорошо коррелируют со значениями вегетационного индекса NDVI ($r=0.77$). Состояние растительности, отраженное на снимке через показатель NDVI, четко определяется эдафическими условиями, в первую очередь, почвенной разностью.

Ключевые слова: Россия, Прикаспийская низменность, солонцовые комплексы, микрорельеф, почвы, растительность, сопряженность в распространении, детальная космическая съемка.

Солонцовые комплексы на европейской части России приурочены в основном к Прикаспийской низменности и прилегающим к ней Манычской ложбине, Ергенинской возвышенности, южной части Приволжской возвышенности и низменного Заволжья (рис. 1). В административном отношении солонцовые комплексы сконцентрированы в Калмыкии, Волгоградской и Саратовской областях, частично в Ростовской, Астраханской и Оренбургской областях. Площадь солонцовых комплексов в пределах европейской части России составляет 41 млн. га, а собственно солонцов – 9.4 млн. га (Хитров и др., 2009).

Для этих территорий характерен микрозападинный рельеф с небольшими перепадами высот в рельефе (до 50 см), создающий микрокомплексность почвенного и растительного покрова, в результате чего в пространстве на разных элементах микрорельефа соседствуют резко

¹ Работа выполнена по теме НИР ИВП РАН 1.3.8 за 2013-2017 гг. и при поддержке Российского научного фонда (в части сопоставления дистанционных данных и почвенно-геоботанической информации, грант № 15-16-30007).

контрастирующие друг с другом растительные сообщества и почвы. Присутствие среди указанных компонентов солонцовых почв характерной для них растительности и дало название этим комплексам – «солонцовые».

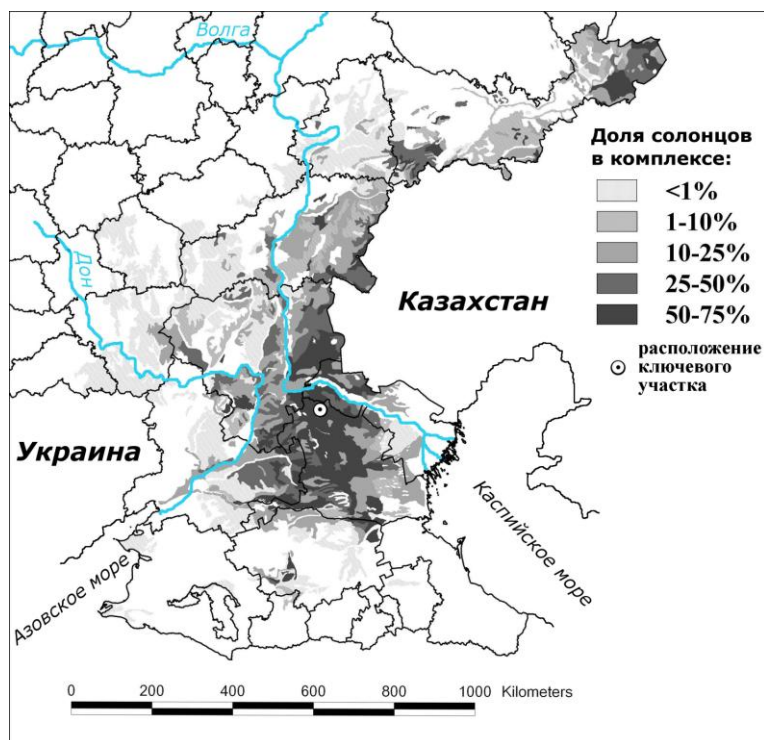


Рис. 1. Картограмма распространения солонцов в пределах европейской части России (Хитров и др., 2003).

Характеристике солонцовых комплексов посвящено много научных публикаций (Будина, 1964; Бананова, Горбачев, 1977; Борликов, 2001; Генезис и мелиорация ..., 2008; Новикова и др., 2010). Принято считать, что между рельефом, состоянием растительности, почвенными выделами и почвенными свойствами существует тесная связь. Поэтому растительность часто используется в качестве индикатора почв. Эта особенность солонцовых комплексов широко применяется при картографировании, поскольку на аэро- и космоснимках разного масштаба и разрешения растительный покров легко читается с помощью визуального дешифрирования. Однако в настоящее время при применении автоматизированных методов дешифрирования на первый план выходят такие показатели дистанционной съемки, которые легко рассчитываются и четко коррелируют с классом и свойствами изучаемых объектов. В связи с этим поиск информативных параметров, оценка тесноты связей и ее количественного выражения приобретают особую актуальность.

В настоящей работе решались задачи по количественной оценке тесноты взаимосвязи компонентов и свойств солонцового комплекса (рельефа, почв, растительности и таких ее характеристик, как общее проективное покрытие, высота растений, надземная фитомасса), определению тесноты взаимосвязи типов почв и видов доминирующих растений, приуроченности их к разным элементам микрорельефа. Кроме того, рассматривалась корреляция компонентов солонцового комплекса и их характеристик со значениями вегетационного индекса NDVI.

Материалы, методы и район исследований

Район исследований. Опытный участок для изучения солонцовых комплексов был заложен на правом берегу Волги, в пределах физико-географического района Северной Сарпинской низменной равнины (Доскач, 1979), в районе пос. Ики-Манлан с координатами 48.0° с.ш., 45.5° в.д. и абсолютной высотой 8 м н.у.м. БС. Административно участок расположен в Малодербетовском

районе Калмыкии, близко к границе с Астраханской областью (рис. 1). На этой территории участие солонцов в комплексе составляет 25-50% и более (Хитров и др., 2003).

Согласно типизации солонцовых комплексов, разработанной В.М. Фридландом (Буяновский и др., 1956) и модифицированной Л.П. Будиной (1964), изученный нами комплекс относится к типу остепняющихся луговато-степных со сглаженным микрорельефом. Заложенные нами весной 2011 г. (25 апреля) скважины глубиной 6 м не дошли до грунтовых вод, а судя по данным содержания влаги в почвах, капиллярная кайма также не была достигнута, что позволяет предположить, что уровень грунтовых вод на исследованном участке превышает 9 м, грунтовые воды не используются растительностью и не участвуют в почвообразовательном процессе.

Материалы и методы. Материалы для исследования были получены во время полевых работ 2010 и 2011 гг. Из центра одной округлой западины (микроронжения) до центра другой весной 2010 г. был проложен инструментальный нивелирный ход (рис. 2) и вдоль него проведена трансекта шириной 1 м и длиной 64 м. На трансекте в пределах каждого метра (на площадке 1x1 м) были выполнены геоботанические описания и сделаны укусы для определения надземной фитомассы (живой, ветоши, подстилки); рядом с каждой геоботанической площадкой была сделана прикопка для определения типа и подтипа почв, влажности на глубину до 1 м. Весной и осенью 2011 г. наблюдения были повторены.

Нивелирный ход позволил получить характеристику рельефа и связать все данные измерений растительности и почв на трансекте между собой и с рельефом, и дать количественную оценку взаимосвязи компонентов солонцового комплекса и их характеристик на основании их сопряженных встреч методом парной корреляции. Для этой цели использовалась статистическая функция «КОРРЕЛ» в программе Excel. Для оценки полученных коэффициентов корреляции на качественном уровне, воспользовались подходом, изложенном в работе Е.А. Дмитриева (1995): очень тесной связью считали случаи, при которых коэффициент корреляции (r) был выше 0.85 (при этом изменчивость признаков взаимосвязана примерно на 75% и более). Тесная связь – при коэффициенте 0.85-0.7 (взаимосвязанная изменчивость 75-50%), и слабая – при коэффициенте менее 0.7 (совместная изменчивость менее, чем 50%).

При построении графика рельефа (рис. 2) за ноль на оси высотных отметок (y) принята отметка самой заглубленной точки (64), таким образом все высотные отметки имеют относительную высоту.

При изучении характера распространения встреченных разновидностей почв и растительных сообществ для каждой почвы и растительного сообщества была оценена их представленность на трансекте через показатель, который рассчитывался как доля в процентах участков, на которых были встречены та или иная почва или растительное сообщество от общего количества участков (64) на трансекте, а также оценена приуроченность почв и растительности к разным элементам микрорельефа через показатель, который рассчитывался как доля в процентах числа встреч данной почвы или растительного сообщества на элементе микрорельефа от общего числа участков с этим элементом на трансекте.

Надземная фитомасса – хороший индикатор компонентов солонцового комплекса при работе с материалами дистанционного зондирования. В работе оценивались значения запасов надземной фитомассы на разных элементах микрорельефа и анализировалось их изменение в разные сезоны 2010 и 2011 гг.

Возможность использования того или иного вида растения в качестве показателя типа почвы определялась по таким характеристикам, как: 1 – присутствие вида на территории, что оценивалась через представленность этого вида на трансекте; 2 – верность, которая определялась через тесноту связи вида с разными типами почв; и 3 – фитоценотическая значимость. Представленность оценивалась как доля в процентах числа участков, на которых был встречен данный вид от общего числа участков (64) на трансекте; теснота связи определялась как доля в процентах числа совместных встреч типа почвы и вида растения от всего числа участков, на которых встречен данный тип почвы. Фитоценотическая значимость вида оценивалась в поле по шкале Друде на каждом участке, где был встречен вид, затем значения переводились в баллы (sol – 2, sp – 3, cop – 4).

Наземные данные сопоставлялись со спектральными параметрами и расчетным вегетационным индексом NDVI по детальному снимку Quickbird (разрешение 2.4 м, дата съемки 21.08.2007) с использованием дисперсионного анализа. Основной задачей проведенного сопоставления было оценить влияние пространственной структуры почвенного и растительного покрова на дистанционные показатели, что позволило использовать имеющуюся архивную космическую информацию, не синхронную проведенному наземному обследованию. Латинские названия растений приведены согласно сводке С.К. Черепанова (1995).

Результаты и их обсуждение

Микрорельеф. Как видим на рисунке 2, размах амплитуды высотных отметок на трансекте составляет 19 см, и рассматриваемый участок имеет подъем от начала к 14 метру, а затем – уклон к его концу. Разница в высотных отметках соседствующих точек метровых расстояний относительно друг друга на протяжении всего трансекта колеблется от 2 до до 8.8 см. Далее в тексте эти элементы микрорельефа названы «повышениями» и «понижениями», а соединяющие их отрезки – «склонами».

Самая высокая точка профиля (36-й метр, 19 см) располагается почти в его середине и образована выбросом из сусликовины. Его относительное превышение (точки 35-38) над прилегающими участками составляет 8.8 см. Самые пониженные точки располагаются в начале (точки 1, 2, 3) и конце трансекты (точки 60-64) в понижениях, заглубленных относительно самой высокой отметки соответственно на 14.5 и 19 см. Они относятся к элементу рельефа «микротападины».

Почвы. На трансекте были встречены следующие разновидности почв (рис. 2): лугово-каштановые (Кл), светло-каштановые несолонцеватые (К1), светло-каштановые солонцеватые (К1сн), солонцы корковые (СН0 – надсолонцовый горизонт – 0-5 см), мелкие (СН1 – 5-10 см), средние (СН2 – 10-15 см), глубокие (СН3 >15 см). Наиболее широко распространены светло-каштановые солонцеватые почвы, солонцы мелкие и светлокаштановые несолонцеватые почвы (табл. 1). На первой половине трансекты (рис. 2), до 35 м распространены преимущественно каштановые почвы (в том числе и солонцеватые), в то время как во второй половине до 51 м, – исключительно солонцы, а далее, начиная с 55 м, на пониженном участке, они вновь сменяются каштановыми солонцеватыми. Для солонцов Сарпинской равнины характерно преимущественно хлоридное и сульфатно-хлоридное засоление (Новикова и др., 2010). Гипс практически отсутствует.

Таблица 1. Распространение почв на трансекте: сопряженность с элементами микрорельефа и представленность.

Почва	Сопряженность с элементом микрорельефа, %*			Кол-во встреч (участков)	Представленность** на трансекте, %
	вершины	склоны	понижения		
Кл	25	0	75	4	6
К1	17	58	25	12	19
К1сн	21	58	21	19	30
СН3	0	0	100	2	3
СН2	75	0	25	4	6
СН1	34	33	33	18	28
СН0	20	60	20	5	8

Примечания к таблице 1: * – доля в процентах числа участков, где встречена почва на данном элементе микрорельефа от общего числа участков этой почвы на трансекте; ** – доля в процентах общего числа участков с данной почвой на трансекте, от общего числа участков (64) на трансекте.

Рассмотрение сопряженности почв с элементом микрорельефа (табл. 1) показывает, что каждая из них может быть встречена почти на любом элементе рельефа. Исключение составляют: лугово-каштановые почвы (Кл), не встречающиеся на склонах и приуроченные преимущественно к понижениям; глубокие солонцы (СН3), распространенные крайне редко и встречающиеся только в понижениях; средние солонцы (СН2), встречающиеся также редко, но преимущественно на повышениях. Подобная картина отмечалась и в работе Н.Б. Хитрова (2005) для солонцового комплекса Джаныбекского стационара.

Растительность. В ботанико-географическом отношении рассматриваемый район располагается в подзоне опустыненных степей (Лавренко, 2000; Сафронова, 2002) и основным типом растительности являются полынно-злаковые комплексы. Растительность, встреченная на профиле, была отнесена к 7 сообществам: 1 – белопопынно-типчаково-лессинговоковыльное (*Stipa lessingiana* – *Festuca valesiaca* – *Artemisia lerchiana*), 2 – ромашниково-типчаково-лессинговоковыльное

(*Stipa lessingiana*–*Festuca valesiaca*–*Tanacetum achilleifolium*), 3 – ромашниково-белопопынно-типчакое (*Festuca valesiaca*–*Artemisia lerchiana*–*Tanacetum achilleifolium*), 4 – чернопопынно-ромашниково-белопопынное (*Artemisia lerchiana*–*Tanacetum achilleifolium*–*Artemisia pauciflora*), 5 – чернопопынно-прутняковое (*Artemisia pauciflora*–*Kochia prostrata*), 6 – чернопопынное (*Artemisia pauciflora*), 7 – безлистноежовниково-луковичномятликовое (*Anabasis aphylla*–*Poa bulbosa*). Представление о распределении растительных сообществ на трансекте дает рисунок 2 (ряд А).

Как видно из таблицы 2, каждое из сообществ, как и почвы, может быть встречено на любом элементе микрорельефа. Исключение составляют 3 сообщества: ромашниково-белопопынно-типчакое встречается исключительно на склонах; прутняково-чернопопынное не встречается на повышениях и распространено преимущественно на склонах; безлистноежовниково-луковичномятликовое не встречено в понижениях. Подобные особенности связи сообществ с элементами рельефа характерны и для других территорий развития солонцовых комплексов. Отличие составляет чернопопынное сообщество, которое на территории Джаныбекского стационара Института леса РАН (левобережье Волги, север Прикаспийской низменности), как правило, приурочено к микроповышениям (Вышивкин, 2010).

Таблица 2. Распространение растительных сообществ на трансекте: сопряженность с элементами микрорельефа и представленность.

Растительное сообщество	Сопряженность с элементом микрорельефа*, %			Кол-во встреч (участков)	Представленность** на трансекте, %
	вершины	склоны	понижения		
<i>Stipa lessingiana</i> – <i>Festuca</i> – <i>Artemisia lerchiana</i>	29	29	42	7	11
<i>Stipa lessingiana</i> – <i>Festuca valesiaca</i> – <i>Tanacetum achilleifolium</i>	22	39	39	18	28
<i>Festuca valesiaca</i> – <i>Artemisia lerchiana</i> – <i>Tanacetum achilleifolium</i>	0	100	0	2	3
<i>Artemisia lerchiana</i> – <i>Tanacetum achilleifolium</i> – <i>Artemisia pauciflora</i>	33	40	27	15	23
<i>Artemisia pauciflora</i> – <i>Kochia prostrata</i>	36	36	28	14	22
<i>Artemisia pauciflora</i>	0	60	40	5	8
<i>Anabasis aphylla</i> – <i>Poa bulbosa</i>	33	67	0	3	5

Примечания к таблице 2: * – доля в процентах числа встреч растительного сообщества на элементе микрорельефа от общего числа участков с данным сообществом на трансекте; ** – доля в процентах числа участков с растительным сообществом от общего числа участков (64) на трансекте.

На учетных метровых площадках трансекты измерялись и оценивались основные характеристики сообществ: общее проективное покрытие растительности, проективное обилие каждого вида по шкале Друде, количество видов, высота растений, вес в воздушно-сухом виде живой (зеленой) фитомассы, ветоши и подстилки, и суммарное значение фитомассы.

Общее проективное покрытие на площадках и, в целом на трансекте низкое, среднее значение составляет 25%. Максимальные значения (на 5 площадках из 64) достигают 60-75%, минимальные значения (от 10% до 20%) отмечены более, чем на половине площадок (39 площадках или 61%).

Количество видов на метровых площадках изменяется в небольшом диапазоне – от 1 до 8. Среднее значение – 4 вида. Почти для трети площадок (20) характерно присутствие 3-х видов растений. На 10 площадках встречены 6 видов и максимальное число видов (8) встречено на двух площадках с лугово-каштановыми почвами в наиболее глубоких западинах в начале и конце трансекты.

Высота растений измерялась в 2010 г., поскольку травостой пока еще не был сработан. На половине участков высота травостоя менее 10 см, на второй половине – от 20 до 50 см. Обращает на себя внимание, что в наиболее глубоких западинах высота травостоя максимальная, минимальная –

близкая к нулю, отмечена на корковом солонце.

Фитомасса. Среднее значение надземной живой фитомассы составляет 12.6 ц/га, минимальное и максимальное значения ниже и выше среднего почти в 10 раз и составляют соответственно 0.5 и 124 ц/га. Среднее значение веса ветоши и подстилки составляет 4.9 ц/га, размах значений почти такой же, как и живой фитомассы (минимальное – около 0.6 ц/га, максимальное – около 29.5 ц/га).

Измеренное значение фитомассы в разные сезоны и годы сильно отличается на всех элементах рельефа (рис. 3). Как видим на рисунке 3, значения фитомассы на разных элементах микрорельефа в срок измерения довольно близки, за исключением более углубленных западин с лугово-каштановыми и светло-каштановыми почвами, где условия произрастания лучше, чем на других элементах рельефа.

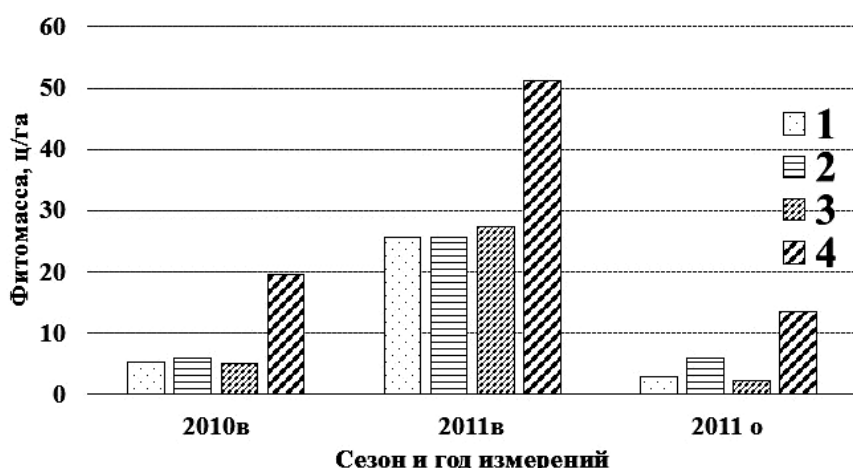


Рис. 3. Фитомасса на разных элементах микрорельефа весной и осенью. Условные обозначения: 1 – повышения, 2 – склоны, 3 – понижения, 4 – западины; время отбора образцов: в – весна, о – осень.

Здесь запасы фитомассы во все сезоны наблюдений и разные годы примерно в два раза выше, чем на остальных элементах микрорельефа солонцового комплекса. Необходимо учитывать, что измеренные запасы фитомассы зависят не только от природных факторов, но и от сбраживания. Высокие значения надземной фитомассы западин можно объяснить еще и тем, что произрастающий только здесь ковыль Лессинга – плохо поедаемый вид.

Рассмотрение взаимосвязей компонентов солонцового комплекса и их характеристик (табл. 3). Как было сказано выше, тесноту взаимосвязей определяли методом парной корреляции, не разделяя их по элементам рельефа. В списках растительные сообщества и почвы были расположены в порядке возрастания солонцеватости почв и устойчивости растений к этому фактору.

Таблица 3. Корреляция между компонентами солонцового комплекса.

Компоненты и их характеристики	Компоненты и их характеристики								
	Компоненты и характеристики	Почвы	Сообщества	ОПП	Кол-во видов	Высота	Живая фитомасса	Ветошь и подстилка	Общий вес
	Микрорельеф	0.42	0.32	-0.30	-0.59	-0.09	0.05	-0.51	-0.51
	Почвы		0.72	-0.71	-0.09	-0.57	0.27	-0.57	-0.55
	Сообщества			-0.59	-0.65	0.13	0.16	-0.42	-0.41
	Общее проективное покрытие на участке (ОПП)				-0.09	0.55	0.41	0.71	0.66
	Количество видов					0.33	0.04	0.29	0.31
	Высота						-0.13	0.29	0.27
	Живая надземная фитомасса							-0.25	-0.09
	Ветошь и подстилка								0.99
Общий вес									

Как видим из таблицы 3, связь микрорельефа с прочими компонентами солонцового комплекса (почвами, растительными сообществами), низкая, а с характеристиками растительных сообществ – низкая (не бывает выше 0.59) и отрицательная. Это вполне объяснимо: с повышением относительной высоты элементов микрорельефа значение общего проективного покрытия в сообществах (ОПП), высоты растений, количества видов, веса ветоши и подстилки снижается.

Почвы и растительные сообщества имеют наибольшую тесноту связи ($r=0.72$). Согласно имеющемуся опыту оценок (Дмитриев, 1995), эта связь может быть оценена как тесная, т.к. при этом коэффициенте вариации взаимосвязанная вариация почв и растительности соответствует 75-50%. Возможно, этому способствовало то, что классификация сообществ проводилась с учетом почвенной разности и элемента микрорельефа, однако на трансекте на метровой площадке сообщества выделялись независимо от почв, на основе видового состава. Тесная связь ($r=-0.71$) также выявлена для почв и общего проективного покрытия (ОПП) растительности. Отрицательное значение связано с тем, что при сопоставлении почвенный ряд начинался с лугово-каштановой почвы и заканчивался солонцом корковым. Вполне понятно, что при возрастании порядкового номера почв проективное покрытие растительности уменьшалось и на площадке с лугово-каштановой почвой оно выше, чем на солонцовых почвах. Аналогичная ситуация характерна и для связи почв с высотой растений, ветошью, подстилкой и общим весом фитомассы. Ветошь и подстилка накапливаются в большем количестве по наиболее заглубленным понижениям с лугово-каштановыми и каштановыми почвами, в то время, как на солонцах они практически отсутствуют. Отсутствие тесной связи почв и количества видов растений можно объяснить тем, что растительность нарушена выпасом и в составе сообществ присутствуют виды с широкой экологией, такие, как мятлик луковичный (*Poa bulbosa*), костер кровельный (*Anisantha tectorum*) и другие, распространение которых зависит от выпаса. Присутствие рудеральных видов снижает показатели связи видового богатства и почв.

Рассмотрение межкомпонентных взаимосвязей в солонцовом природном комплексе показывает, что связь микрорельефа с почвами и растительными сообществами в ландшафтном районе Северной Сарпинской низменной равнины отсутствует, а растительных сообществ и почв – тесная.

Для практических целей при индикационных исследованиях чаще всего используются взаимосвязи между наиболее широко распространенными видами растений, почвами и рельефом. В данном случае для анализа были выбраны постоянно присутствующие на трансекте (в разные годы и сезоны) виды, имеющие обилие по шкале Друде «sol» (2 балла) и более (рис. 2). Теснота связи вида с почвами проводилась на основе анализа сопряженных встреч вида растения и разновидности почвы на одном метровом участке. Оказалось (табл. 4), что некоторые виды растений (*Falcaria vulgaris*, *Limonium caspium*, *Bassia sedoides*) имеют узкий экологический ареал – произрастают только на одной разновидности почвы. Так, *Bassia sedoides* может использоваться в качестве индикатора, поскольку она произрастает только на корковых солонцах и встречена на всех участках их распространения (100%) с обилием 3 (sp), несмотря на то, что представленность ее на трансекте незначительная. *Falcaria vulgaris* и *Limonium caspium* не могут быть индикаторами, поскольку их связь с типом почвы, на котором они встречены, низкая (25%).

Черная полынь встречена на солонцах корковых и мелких, и имеет высокую сопряженность с обеими почвами. Однако на корковых солонцах она имеет более высокое фитоценологическое значение (sp) и это может быть дополнительным показателем, который следует учитывать при использовании этого вида в индикационных целях.

Ряд видов (*Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia lerchiana*, *Tanacetum achilleifolium*) имеют широкое распространение и широкий экологический ареал (табл. 4) – распространены на ряде почв и с некоторыми из них имеют высокую сопряженность в распространении (до 100%). Несмотря на это, они не могут использоваться в качестве надежных индикаторов почвы, с которой у них абсолютное совпадение в распространении из-за того, что распространены и на других типах почв.

Как видим, растений – верных индикаторов каких либо почв выявить не удалось, за исключением *Bassia sedoides*, которая может считаться верным индикатором корковых солонцов. Установлено, что ряд видов: *Falcaria vulgaris*, *Limonium caspium*, *Agropyron desertorum*, *Stipa lessingiana*, *Artemisia lerchiana*, *Festuca valesiaca*, *Tanacetum achilleifolium*, – никогда не встречается на корковых солонцах, первые четыре никогда не встречаются и на мелких солонцах, а первые два никогда не встречаются на солонцовых почвах. Еще ряд видов: *Kochia prostrata*, *Artemisia pauciflora*, *Anabasis aphylla*, *Bassia sedoides*, в своем

распространении приурочен преимущественно к мелким и корковым солонцам и почти не встречается на других типах почв.

Таблица 4. Связь доминирующих видов растений и почв, на трансекте, %.

Виды	Почва							Представленность вида, на трансекте, %	Фитоценоотическое значение вида, балл
	Кл	К1	К1сн	СН3	СН2	СН1	СН0		
<i>Falcaria vulgaris</i>	25/3							1.6	3.0
<i>Agropyron desertorum</i>	25/2	33/2		50/2				8.2	2.0
<i>Stipa lessingiana</i>	75/3	67/2.3	47/2.3	50/2	20/2			36.1	2.4
<i>Festuca valesiaca</i>	50/3	75/2-4	100/3	100/2.3	60/2.3	11/2.3		59.0	2.6
<i>Artemisia lerchiana</i>	75/3	58/3	65/2.3	100/3	60/2.3	83/2		68.9	2.5
<i>Tanacetum achilleifolium</i>	25/2	42/2.3	82/2	100/2	100/2	11/2.3		49.2	2.1
<i>Limonium caspium</i>		25/2						4.9	2.0
<i>Poa bulbosa</i>	25/2	42/2	76/2	100/2.3	80/2	94/2	83/2	77.0	2.0
<i>Anisantha tectorum</i>		8/2	24/2.3			6/2	33/2	13.1	2.3
<i>Kochia prostrata</i>	25/2					78/2-4	33/3	26.2	2.7
<i>Artemisia pauciflora</i>						72/2	100/3	27.9	2.4
<i>Anabasis aphylla</i>			18/2			6/2	100/2	13.1	2.0
<i>Bassia sedoides</i>							100/2	6.6	2.0

Примечания к таблице 4: в числителе – число встреч вида растения с типом почвы в % от числа участков с таким типом, в знаменателе – фитоценоотическое значение вида в баллах на разных участках на этой почве (2 – sol, 3 – sp, 4 – cop1); цветом выделены значения, равные и выше 60%, которые можно использовать в индикационных исследованиях.

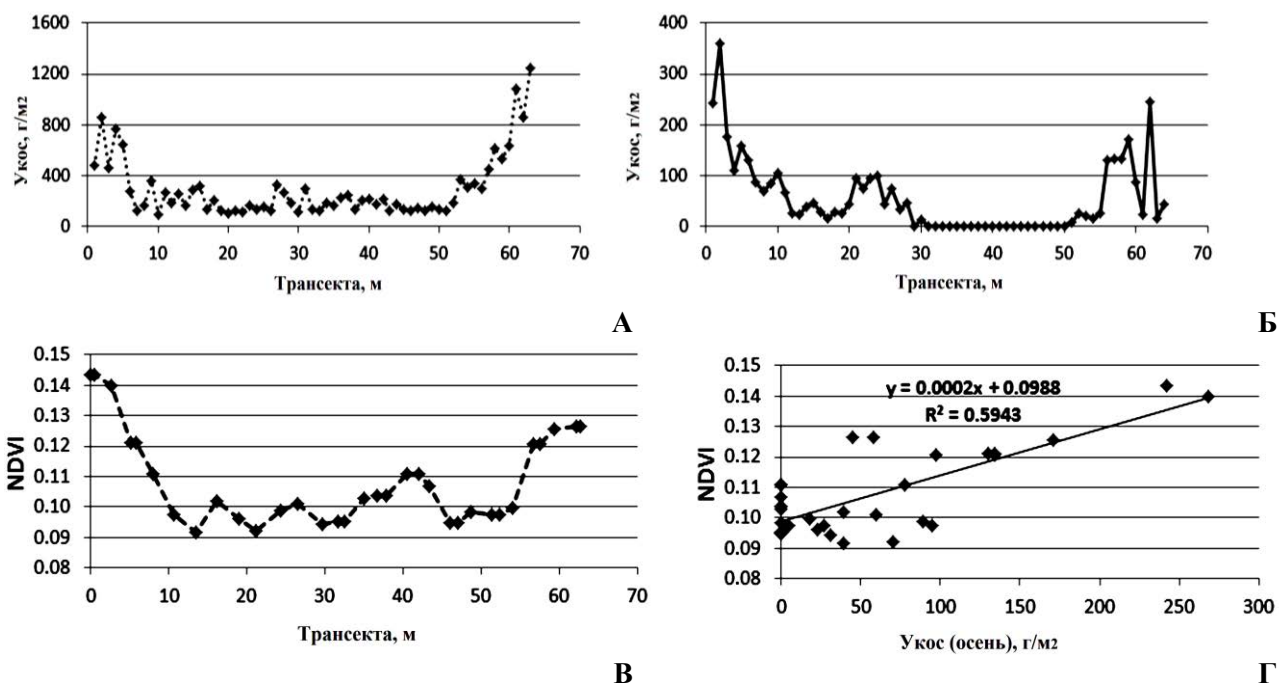


Рис. 4. Данные весенних (А) и осенних (Б) укосов, вегетационного индекса NDVI (В) вдоль 64-метровой трансекты и их сопоставление (Г).

Сопоставление наземных и дистанционных данных. Данные по укосам хорошо коррелируют со значениями вегетационного индекса NDVI, несмотря на разновременность наземной и дистанционной

информации, что подтверждает устойчивость пространственной структуры растительного покрова (рис. 4). Корреляция составляет 0.77 и может быть оценена как тесная. Высокие по сравнению с фоном значения вегетационного индекса (0.11-0.14) отмечаются в начале и конце трансекты. Здесь укосы составили 400-1200 г/м² весной и 100-400 г/м² осенью. Фоновые значения укосов составили 100-400 г/м² весной и 0-100 г/м² осенью, что соответствует фоновым значениям NDVI (август) 0.09-0.11.

Состояние растительности, отраженное на снимке через показатель NDVI, четко определяется эдафическими условиями, в первую очередь, почвенной разностью (рис. 5). Повышенные по сравнению с фоном значения вегетационного индекса (0.12-0.14) соответствуют лугово-каштановым почвам, фоновые значения (0.09-0.11) соответствуют солонцам и солонцеватым почвам, промежуточное положение (0.095-0.125) характерно для светло-каштановых несолонцеватых почв. Следует отметить, что для светло-каштановых почв характерен относительно широкий разброс значений NDVI по сравнению с другими почвенными разностями. Дисперсионный анализ подтвердил, что фактор почвы является значимым при варьировании значений NDVI ($p=0.00000$).

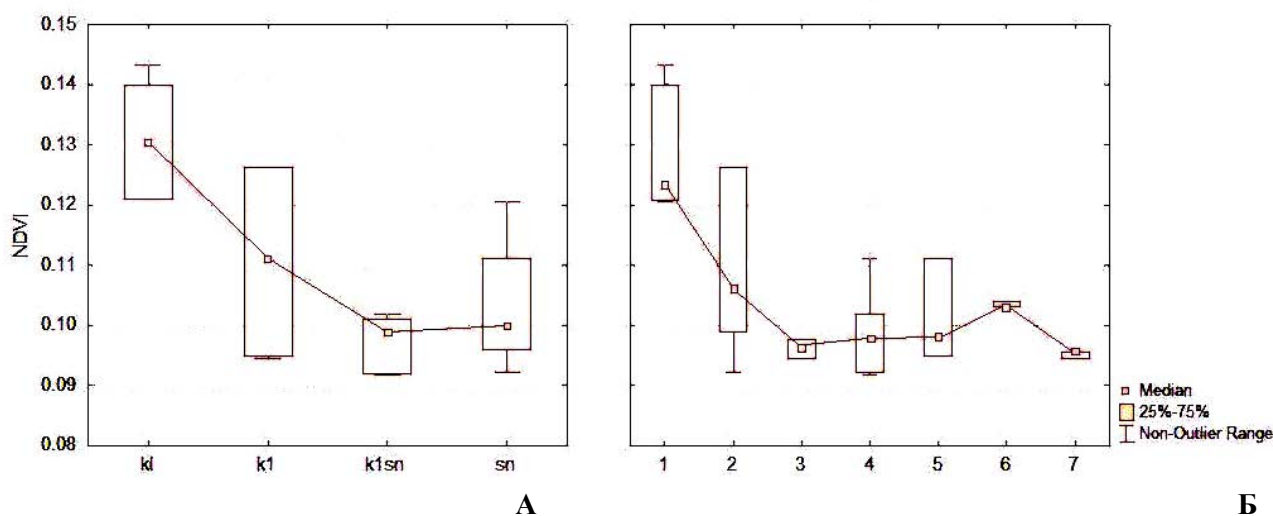


Рис. 5. Изменчивость значений вегетационного индекса NDVI (медиана, квартили, минимум, максимум) в зависимости от почвенной разности (А) и растительной ассоциации (Б). Условные обозначения: kl – лугово-каштановая почва, k1 – светло-каштановая почва, k1sn – светло-каштановая солонцеватая почва, sn – солонцы (без разделения); растительные сообщества (1-7) соответствуют рисунку 2.

Выводы

Для солонцового комплекса на территории ландшафтного района Северной Сарпинской низменной равнины Прикаспийской низменности, на участке с глубоко залегающими грунтовыми водами (ниже 9 м) характерна относительная сглаженность рельефа. Наибольшее количество (85%) превышений микроповышений над микропонижениями находится в пределах 3-5 см. Днища западин по отношению к этим участкам заглублены на 14-19 см.

На этой территории наиболее широко распространены светло-каштановые солонцеватые почвы (К1sn), солонцы мелкие (СН1) и светлокаштановые несолонцеватые почвы (К1), присутствуют светло-каштановые луговые (К1л), солонцы корковые (СН0), средние (СН2), глубокие (СН3). Растительность представлена сообществами с господством видов, характерных для солонцовых комплексов степной зоны (*Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Tanacetum achilleifolium*, *Artemisia lerchiana*, *Kochia prostrata*, *Artemisia pauciflora*).

Почвы и растительные сообщества имеют слабую связь с рельефом: коэффициенты корреляции равны 0.42 и 0.36 соответственно. С рельефом имеют относительно высокую связь такие характеристики растительных сообществ, как количество видов ($r=-0.59$), запасы ветоши и подстилки ($r=-0.51$). Отрицательный знак показывает, что с увеличением высотных отметок эти показатели имеют тенденцию к снижению. Наибольшая теснота связи ($r=0.72$) выявлена между почвами и растительными сообществами, почвами и общим проективным покрытием сообществ ($r=-$

0.71).

Растений – верных индикаторов каких либо почв выявить не удалось, за исключением *Bassia sedoides*, которая может считаться верным индикатором корковых солонцов. Установлено, что ряд видов: *Falcaria vulgaris*, *Limonium caspium*, *Agropyron desertorum*, *Stipa lessingiana*, *Artemisia lerchiana*, *Festuca valesiaca*, *Tanacetum achilleifolium*, – никогда не встречаются на корковых солонцах, первые четыре никогда не встречаются и на мелких солонцах, а первые два – никогда не встречаются на солонцовых почвах. Еще ряд фитоценотически значимых видов: *Kochia prostrata*, *Artemisia pauciflora*, *Anabasis aphylla*, *Bassia sedoides*, в своем распространении приурочены преимущественно к мелким и корковым солонцам и почти не встречаются на других типах почв.

Данные по укосам хорошо коррелируют со значениями вегетационного индекса NDVI ($r=0.77$). Состояние растительности, отраженное на снимке через показатель NDVI, четко определяется эдафическими условиями, в первую очередь, почвенной разностью.

Авторы считают нужным отметить, что выявленные особенности можно экстраполировать в пределах физико-географического района Северной Сарпинской низменной равнины, где были проведены исследования. Для подобной характеристики других ландшафтных районов требуется проведение аналогичных исследований.

Благодарности. Авторы выражают благодарность за помощь в работе И.Н. Семенкову, А.А. Контобойцевой, Исину Фэну, Н.М. Церенову, а также безвременно ушедшим от нас организатору и участнику этих исследователей, известному почвоведу и специалисту по солонцам, к.с.-х.н. Александр Федоровне Новиковой и участнику этих работ, известному исследователю аридных территорий геоботанику Марине Борисовне Шадринной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бананова В.А., Горбачев С.А.* 1977. Растительный мир Калмыкии. Элиста: Калмиздат 376 с.
- Борликов Г.М.* 2001. Природное районирование Российской Прикаспия и перспективы его освоения // Эколого-географический вестник Юга России. № 3-4. С. 33-41.
- Будина Л.П.* 1964. Типы солонцовых комплексов // Почвы комплексной равнины Северного Прикаспия и их мелиоративная характеристика / Ред. Е.Н. Иванова. М.: Наука. С. 196-258.
- Буяновский М.С., Доскач А.Г., Фридланд В.М.* 1956. Природа и сельское хозяйство Волго-Уральского междуречья. М.: Изд-во АН СССР. 229 с.
- Вышивкин А.А.* 2010. Изменение растительности солонцового комплекса Северного Прикаспия вследствие флуктуации климата и прекращения выпаса // География и природные ресурсы. № 1. С. 78-82.
- Генезис и мелиорация почв солонцовых комплексов. 2008 / Ред. Н.П. Панов. М.: Россельхозакадемия. 315 с.
- Дмитриев Е.А.* 1995. Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ. 320 с.
- Доскач А.Г.* 1979. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука. 142 с.
- Лавренко Е.М.* 2000. Степи // Растительность Европейской части СССР. Л.: Наука. С. 203-272.
- Мясников В.В.* 1974. Изменение свойств почв солонцового комплекса при культуре риса в Сарпинской низменности (на примере лимана Большой Царын): Дисс. ... к.с.-х.н. Москва. 191 с.
- Новикова А.Ф., Конюшкова М.В., Новикова Н.М., Климанов А.В., Вышивкин А.А.* 2010. Засоление почв и растительность солонцовых комплексов Северной Калмыкии // Аридные экосистемы. Т. 16. № 1 (41). С. 46-56.
- Сафронова И.Н.* 2002. О фитоценотическом разнообразии опустыненных степей Причерноморско-Казахстанской подобласти Евразийской степной области // Геоботаническое картографирование 2001-2002. Санкт-Петербург: БИН РАН. С. 44-65.
- Хитров Н.Б.* 2005. Связь почв солонцового комплекса Северного Прикаспия с микрорельефом // Почвоведение. № 3. С. 271-284.
- Хитров Н.Б., Рухович Д.И., Калинина Н.В., Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И.* 2003. Электронная версия карты засоления почв масштаба 1:2.5 млн. М: Почвенный институт им. В.В. Докучаева.
- Хитров Н.Б., Рухович Д.И., Калинина Н.В., Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И.* 2009. Оценка площадей засоленных почв на территории европейской части России (по электронной версии карты засоления почв масштаба 1:2.5 млн.) // Почвоведение. № 6. С. 627-637.
- Черепанов С.К.* 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. Санкт-Петербург: Мир и семья-95. 992 с.

УДК 631.671

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ НИЖНЕЙ ВОЛГИ ПРИ ЗАРЕГУЛИРОВАНИИ¹

© 2017 г. Ж.В. Кузьмина*, С.Е. Трешкин**

**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

Поступила 16.03.2017

Работа является продолжением комплексных экологических исследований в бассейне Нижней Волги (Кузьмина и др., 2015а), проведенных в 2014-2015 гг., с целью изучить современное состояние пойменных наземных экосистем в условиях изменяющегося климата (Кузьмина, Трешкин, 2014а) и полностью зарегулированного речного стока. Рассматриваются типичные изменения экосистем для 2-х из 4-х геолого-геоморфологических районов: для 4-го – Западных подстепных ильменей и для 2-го – центральной части Волго-Ахтубинской поймы, которые ранее не были охвачены (Кузьмина и др., 2015а). Для этих районов дана оценка изменений экосистем и установлены тенденции динамики ландшафтов в современных условиях.

Ключевые слова: уровень грунтовых вод, минерализация грунтовых вод, засоление и оглеение почв, пойменные экосистемы, динамика растительности.

Негативные последствия экологических проблем бассейна Нижней Волги, связанные с зарегулированием ее стока каскадами водохранилищ, в настоящее время могут серьезно усилиться не только с нарастанием локальной (урбанизация, рекреация, пожары и др.) и региональной (гидротехническое строительство) антропогенной деятельности (Отчет ..., 2002; Стратегия ..., 2009; Анализ ..., 2010), но и с существенным влиянием климатических изменений в регионе (Кузьмина, Трешкин, 2014а).

В настоящее время в изученности экологического состояния бассейна Нижней Волги существует много пробелов: отсутствует комплексность изучения различных факторов воздействия и компонентов экосистем и ландшафтов, различные районы Нижней Волги изучены неравноценно, нет сопоставимых сравнительных исторических и современных данных, не ведутся работы по выявлению современных тенденций динамики различных компонентов экосистем, отсутствует комплексный мониторинг в разных районах бассейна Нижней Волги (Бармин, 1993, 2002; Пилипенко, 2003; Пилипенко и др., 2006; Отчет ..., 2002; Стратегия ..., 2009; Анализ ..., 2010 и др.).

Современные климатические флуктуации, изменение стока Волги и колебания уровня Каспия, наряду с усилением антропогенной деятельности могут привести к утрате потенциала и разнообразия почв, растительности, животного населения, потере качества и количества грунтовых и поверхностных вод, к полному преобразованию ландшафтов и утрате сельскохозяйственного потенциала территорий, особенно в пойменной части бассейна Нижней Волги.

Проведенные комплексные исследования (почв, растительности, грунтовых вод/ГВ) в период летней межени 2014-2015 гг. имели целью выявить основные современные тенденции в развитии экосистем долины и дельты р. Волги под влиянием совокупного воздействия естественных (климатических) и региональных антропогенных (гидротехнических) факторов в бассейне Нижней Волги.

¹ Работа выполнена по теме НИР 1.3.8 за 2013-2017 гг. «Разработка оценочных показателей и критериев трансформации наземных экосистем в связи с изменением водного режима территорий» в рамках научно-исследовательской работы (НИР) 1.3. фундаментальных исследований ИВП РАН «Разработка научных основ теории формирования качества вод суши, методов исследования динамики водных и наземных экосистем, совершенствование комплексного мониторинга водных объектов», № государственной регистрации 01201357580.

Материалы и методы

Полевые комплексные исследования проводились по разработанной нами методике (Кузьмина, 2005; Кузьмина, Трешкин, 2008, 2011, 2012а, б; Кузьмина и др., 2011а, б, 2013), которую мы применяем для установления изменений в наземных экосистемах, связанных с естественными и антропогенными (зарегулирование стока) причинами. Нарушения в экосистемах выявлялись на основании ранее разработанного алгоритма оценки их трансформаций по совокупному воздействию изменений нескольких живых и неживых компонент экосистем: климата, поверхностных и грунтовых вод, почв и растительности (Кузьмина, 2005; Кузьмина, Трешкин, 2011, 2012а, б; Кузьмина и др., 2011а, б). Поскольку нарушение климатической и гидрологической компонент для региона Нижнего Поволжья было подробно установлено в наших более ранних работах (Кузьмина, Трешкин, 2014а; Кузьмина и др., 2015а), более подробному исследованию в полевые сезоны 2014-2015 гг. подвергались растительность, почвы, а также грунтовые воды на модельных точках по выбранным экологическим пространственным профилям, заложенным перпендикулярно исследуемым водотокам и отnivelированным относительно уреза воды на данный момент времени. На заключительном этапе работы нами был использован разработанный “Метод оценки нарушений в околосовхозных экосистемах по биологическим критериям и показателям при изменении обводненности территорий” (Кузьмина, Трешкин, 2012б, 2014б; Кузьмина и др., 2013, 2015б). Такая поэтапная оценка нарушений наземных пойменных, долинных и дельтовых экосистем очень актуальна и успешно применима в разных географических регионах в случае не только одностороннего антропогенного (гидротехнического) или естественного (климатического) влияния, но и при их совместном воздействии.

В ходе полевых работ проводились полные геоботанические описания, подробные описания почвенных шурфов, заложенных до глубины уровня грунтовых вод (УГВ), отбор почвенных проб по генетическим горизонтам для дальнейших химических анализов образцов на водную вытяжку, общее засоление, электропроводность и кислотность (рН).

Как отмечалось выше, тенденции климатических изменений для региона Нижнего Поволжья нами были выявлены ранее (Кузьмина, Трешкин, 2014а). Потепление для исследуемого региона в первую очередь будет сопровождаться значительно более теплыми, влажными и многоснежными зимами и холодным полугодием в целом. Наряду с этим будет отмечаться и усиливаться в будущем аридизация в основной период вегетации – летом и осенью.

Для всего региона повышение средней и абсолютной минимальной температуры воздуха при увеличении выпадения осадков в холодное время и годовое перераспределение их выпадения (увеличение увлажнения зимой и уменьшение летом) приведет к существенному изменению почво-грунтовых условий и в поймах и на водораздельных территориях. Можно ожидать подъема и стабилизации положения УГВ, переувлажнение территорий особенно в зимний период на нижних и средних пойменных уровнях и в дельте Волги, повышение оглеения почвенных горизонтов и рост оглеения вверх по почвенному профилю. Последнее будет способствовать гибели древесно-кустарниковой растительности и снижению биоразнообразия (Кузьмина, Трешкин, 2014а).

Поскольку для пойменных и дельтовых экосистем гидрологический фактор является лимитирующим, исследования проводились в меженный период с тем, чтобы установить максимальную глубину УГВ, наличие засоления, ожелезнения или оглеения в почвах, а также максимальное разнообразие в растительности.

Для определения динамических тенденций развития территории регион Нижней Волги по гидролого-геоморфологическим условиям был разделен на четыре района (рис. 1): 1-ый – Волго-Ахтубинская пойма в зоне активного влияния нижнего бьефа Волгоградского водохранилища (от г. Волгоград до пос. Черный Яр), 2-ой – собственно центральная часть Волго-Ахтубинской поймы (от пос. Черный Яр до г. Астрахань), 3-ий – непосредственно дельта р. Волги (южнее и юго-восточнее г. Астрахань до протоки Бахтемир), 4-ый – Западные подстепные ильмени (западная часть дельты р. Волги; западнее протоки Бахтемир). Выделенные районы характеризуются различными динамическими условиями среды. В первом районе наблюдается катастрофическое обсыхание и засоление поймы при заглужении грунтовых вод. Во втором районе наибольшую опасность несет сокращение высоты и сроков весеннего заливания поймы, а также нехарактерные ранее (до зарегулирования) зимние длительные затопления поймы в результате сброски водохранилища. В то

время как по мнению гидрологов этот район считается наименее измененным. Третий район – дельта характеризуется подтоплением во все сезоны года в связи с поднятием уровня Каспия. В четвертом районе в настоящее время полностью отсутствует поверхностное затопление волжскими водами, а подача воды на отдельные участки ериков, проток и каналов полностью антропогенно регулируется.



Рис. 1. Места заложения инструментальных экологических профилей в бассейне нижней Волги в период исследований 2014-2015 гг. в выделенных гидролого-геоморфологических районах. Условные обозначения: черные кружки – места заложения поперечных инструментальных экологических профилей в 2014 году; черные квадраты – места заложения профилей в 2015 году; 1-4 – гидролого-геоморфологические районы, 1 – Волго-Ахтубинская пойма в зоне активного влияния нижнего бьефа Волгоградского водохранилища (от г. Волгоград до пос. Черный Яр), 2 – собственно центральная часть Волго-Ахтубинской поймы (от пос. Черный Яр до г. Астрахань), 3 – непосредственно дельта р. Волги (южнее и юго-восточнее г. Астрахань до протоки Бахтемир), 4 – Западные подступные ильмени (западная часть дельты р. Волги, западнее протоки Бахтемир).

В меженный период (август) 2014-2015 гг. для каждого из выделенных четырех гидролого-геоморфологических районов Низовьев Волги было заложено по одному-два комплексных экологических инструментальных профиля с включением основных форм рельефа (верхней, средней и нижней поймы) протяженностью от 500 м до 2 км (рис. 1).

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим экологические профили для четвертого и второго гидролого-геоморфологических районов, которые не обсуждались в нашей предыдущей работе (Кузьмина и др., 2015а). Эти районы также очень контрастны в отношении основных динамических процессов, происходящих в экосистемах и ландшафтах.

Пятый комплексный экологический профиль (рис. 2) был выбран нами в четвертом гидролого-геоморфологическом районе Западных подступных ильменей на правом берегу Волги и располагался западнее пос. Тинаки-1, простираясь на 500 м в длину поперек средней части ильменя "Сухой" ($46^{\circ} 24' 01.5''$ с.ш., $47^{\circ} 56' 58.3''$ в.д. – $46^{\circ} 24' 14.7''$ с.ш., $47^{\circ} 56' 50.3''$ в.д.; рис. 2). Этот участок был выбран потому, что во время проведения работ никакой прямой антропогенной деятельности в этом ильмене зафиксировано не было.

Модельная территория полностью обсохла и перестала заливаться даже в периоды самых высоких половодий и паводков вследствие зарегулирования реки Волги каскадом водохранилищ.

На пятом экологическом профиле в районе Западных подступных ильменей было выполнено 10 геоботанических описаний (г-б оп.), один почвенный разрез (№12) и одно бурение до ГВ (рис. 2). Почвенный разрез (№ 12, 18.08.2015; $46^{\circ} 24' 07.5''$ с.ш., $47^{\circ} 56' 56.5''$ в.д.; рис. 2, Б-4) был заложен в днище межбугрового понижения ильменя "Сухой", который ранее (до зарегулирования р. Волги

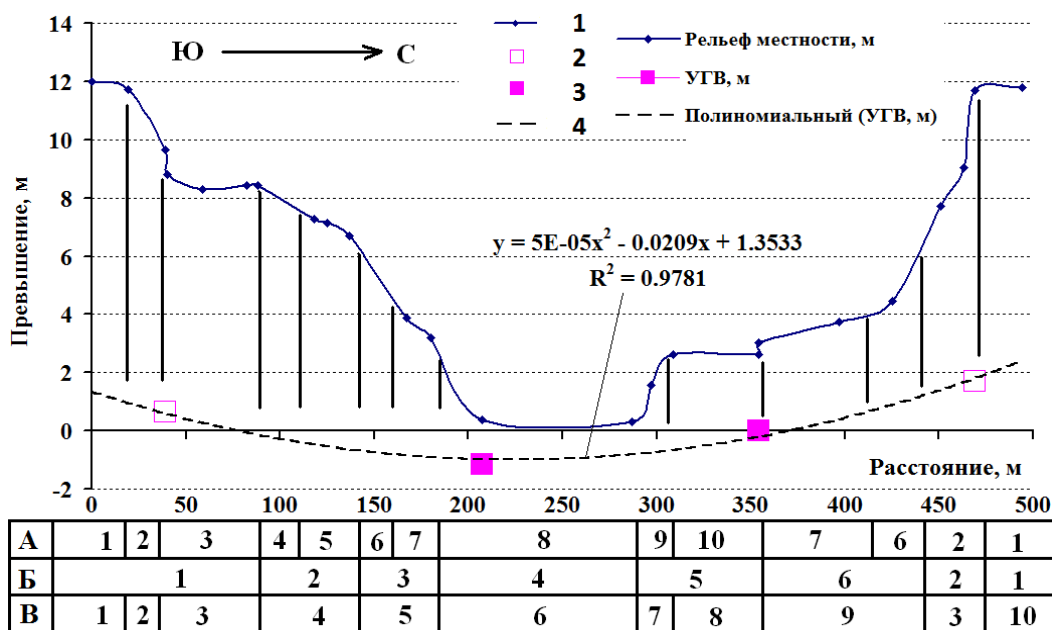


Рис. 2. Экологический инструментальный профиль №5 ильменя "Сухой" в 4-ом гидролого-геоморфологическом районе Западных подстепных ильменей на левобережье р. Волги, западнее пос. Тинаки-1. *Условные обозначения.* На графике: 1 – инструментальный рельеф экологического профиля, 2 – положение уровня грунтовых вод (УГВ) 18.08.2015 по косвенным признакам, 3 – инструментальное положение УГВ в почвенных разрезах № 12-12а 18.08.2015, 4 – линейный тренд УГВ в пойме 18.08.2015 (с его математической формулой). В таблице под графиком: А – рельеф – 1 – вершина бэровского бугра (уровень надпойменной террасы/УНТ), 2 – склон бэровского бугра (УНТ), 3 – абразионно-аккумулятивная терраса р. Волги (УНТ), 4 – склон абразионно-аккумулятивной террасы р. Волги (УНТ), 5 – уровень бывшей верхней пойменной террасы (до зарегулирования р. Волги) ныне обсохшего водотока, 6 – склон бывшей верхней пойменной террасы (до зарегулирования р. Волги), 7 – бывшая средняя пойма (до зарегулирования р. Волги) ныне обсохшего водотока, 8 – обсохшее днище межбугрового понижения, ранее залитое водой, 9 – склон бывшей нижней пойменной террасы ныне обсохшего водотока, 10 – бывшая нижняя пойма обсохшего водотока; Б – почвы – 1 – зональные бурые полупустынные бэровских бугров, 2 – лугово-бурые солончаково-солонцовые, 3 – солончак автоморфный сильнозасоленный отакыренный по остаточной аллювиальной луговой глинисто-суглинистой почве, 4 – солончак гидроморфный сильнозасоленный на аллювиальных суглинисто-глинистых речных отложениях, 5 – солончак полуавтоморфный на бывшей аллювиальной луговой суглинисто-глинистой почве, 6 – солончак типичный автоморфный по бывшей аллювиальной луговой суглинисто-глинистой почве; В – растительность (сообщество) – 1 – злаково-черноземельнопопынное с участием ковыля (*Ass. Artemisia pauciflora+Poaceae (Eremopyrum triticeum+Agropyron desertorum+Poa bulbosa+Stipa sareptana)*), 2 – мелкозлаково-бело- и чернопопынное (*Ass. A. pauciflora+Artemisia lercheana+Poaceae (P. bulbosa+A. desertorum)*), 3 – мелкозлаково-солянково-белопопынное (*Ass. A. lercheana+Salsola richteri+Poaceae (P. bulbosa+E. triticeum+A. desertorum)*), 4 – злаково-белопопынное (*Ass. A. lercheana+Poaceae (P. bulbosa+A. desertorum+Aeluropus pungens+Eremopyrum orientale)*), 5 – злаково-сведово-солянковое (*Ass. Climacoptera brachiata+Suaeda salsa+Poaceae (P. bulbosa+E. triticeum+E. orientale+Anisantha tectorum+Festuca valesiaca)*), 6 – сарсазановое разреженное усыхающее на месте выпавшего гребенщика (*Ass. Halocnemum strobilaceum*), 7 – марево-сведовая с участием тростника (*Ass. Suaeda prostrata+Chenopodium album+Atriplex tatarica-Phragmites australis*), 8 – ситниково-мелкозлаково-тростниковое с участием гребенщика (*Ass. Ph. australis+(Tamarix laxa)-Poaceae (Festuca arundinacea+A. pungens)+Juncus gerardii*), 9 – лоховник разреженный усыхающий ситниково-вейниковый (*Ass. Elaeagnus angustifolia-Calamagrostis epigeios-J. gerardii*), 10 – мятликово-верблюжьеколочковый бело-белоземельнопопынный (*Ass. Artemisia terrae-albae+A. lercheana+Alhagi pseudalhagi-P. bulbosa*).

каскадами водохранилищ) иногда заливался в период высоких половодий. Разрез заложен на практически оголенной затакыренной поверхности в очень разреженном сообществе сарсазана (*Ass. Halocnemum strobilaceum*). Он представляет собой сильно засоленный хлоридно-сульфатный кальциево-натриевый гидроморфный солончак с УГВ 1.55 м, суглинисто-глинистый очень сильной степени засоления со средневзвешенным засолением 3.5%² по всему профилю (155 см), с засолением грунтовых вод 63 г/л и рН=8.7. Лишь на глубине 42-64 см тип катионного засоления меняется на магниево-натриевый. В настоящее время ильмень никогда не заливается, произошли заметные изменения в составе его экосистем. Рядом с разрезом были найдены два сухих пня высотой 25-35 см над поверхностью дна ильменя, которые остались от погибших кустов гребенщика.

При том что очень сильная степень засоления в солончаке разреза №12 отмечается для всех горизонтов (от 2.4% до 5.6%), тем не менее в верхних 25 см заметно некоторое рассоление – 4.4% (от 4.5% до 4.9%) по сравнению с более глубокими горизонтами (25-64 см), для которых средневзвешенное засоление составило 5.4% (от 5.2% до 5.6%). Для глубины 42-64 см также отмечается смена типа засоления только для катионов с кальциево-нитриевого (характерного для всех остальных горизонтов) на магниево-натриевый. С глубиной засоление отдельных горизонтов немного снижалось с 3.4% (64-90 см) до 2.4% (90-125 см), вновь увеличиваясь у кромки УГВ до 3.1% (125-155 см), однако не настолько, чтобы понизилась их степень засоления. При этом водородный показатель водной вытяжки плавно снижался от 8.8 (рН) в самом верхнем горизонте (0-1 см), представлявшем собой отакыренную среднесуглинистую корочку, до 8.4 (рН) в самом нижнем (125-155 см) глинистом бесструктурном горизонте. В целом разрез представлял собой чередование тяжелосуглинистых и глинистых (от легкой до средней глины) слоев (за исключением наиболее легкой среднесуглинистой корочки вверху) с увеличивающимся с глубиной оглеением, которое уже на глубине 8 см было среднеконтрастным и распространялось до 75% по фону горизонта. С глубины 50 см встречались многочисленные целые раковины двустворчатого моллюска беззубки (род *Anodonta*), что абсолютно точно указывает на пресноводную фазу развития ильменя "Сухой" до зарегулирования стока Волги и образование здесь очень сильно засоленного солончака только в последние несколько десятилетий, после полного зарегулирования стока реки в 1978 г. (Пилипенко и др., 2006).

Сегодня на правом берегу ильменя "Сухой" на бывшей нижней пойменной террасе (рис. 2, В-8) и ее склонах (рис. 2, В-7) еще сохранились остаточные элементы естественных пойменных экосистем в виде ситиково-злаково-тростникового сообщества с проективным покрытием 70-75% и общей высотой травостоя 0.9-1.1 м с участием двух кустов невысокого (2-2.5 м) гребенщика (*Tamarix laxa*). В травостое наряду с довольно обильным (сop1) тростником (*Phragmites australis*) принимает участие относительно невысокая (0.45-0.5 м) фестука (*Festuca arundinaceae*) так же с высоким обилием (сop1) и еще более низкий (0.15-0.25 м) ажрек (*Aeluropus pungens*) с мелким (0.1-0.12 м) ситником (*Juncus gerardii*) в среднем обилии (sp gr). Всего в сообществе низкого уровня поймы ильменя зарегистрировано 14 видов растений, 6 из которых являются типичными галофитами и могут произрастать на солончаках (*Tamarix laxa*, *A. pungens*, *Phragmites australis*, *Climacoptera brachiata* (sol), *Suaeda prostrata* (sol), *Bassia hyssopifolia* (sol); г-б оп. № 46, 46° 24' 11.0" с.ш., 47° 56' 55.5" в.д.). Еще 6 видов характерны для солонцеватых почв (*F. arundinaceae*, *J. gerardii*, *Lactuca saligna* (sol gr), *Lepidium perfoliatum* (Un), *Gypsophila muralis* (Un), *Descurainia sophia* (Un)). Как видим, растительное сообщество нижней поймы ильменя на 86% представлено видами растений солончаково-солонцеватого комплекса, к которому относятся и все его доминанты и содоминанты. При этом в отношении к водному фактору 71% видов растений относятся к мезофитам или мезогигрофитам. И только 29% видов относятся к ксерофитам и мезоксерофитам, при этом все они встречаются в очень малом обилии – sol. Таким образом, экотопическая приуроченность видов растений полностью соответствует современному состоянию экосистемы нижней поймы ильменя, которая при неглубоко залегающих засоленных грунтовых водах (менее 3 м, рис. 2, В-8) деградирует в сторону увеличения засоления в почвах вследствие прекращения промывания их в отсутствие поверхностного затопления полыми водами р. Волги.

² Здесь и далее % засоления дается по сухому остатку водной вытяжки. Определение общего засоления, анионно-катионного состава и рН почвенных образцов было выполнено в ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия" (ВНИИОЗ).

В настоящее время бывший средний пойменный уровень правого берега (рис. 2, В-9) ильменя "Сухой" представлен опустынивающимся разреженным погибающим лоховником (*Elaeagnus angustifolia*) с участием гребенщика (*Tamarix laxa*) с общим проективным покрытием 65-70%. Девять небольших деревьев лоха высотой от 2.1 до 3.5 м суховершинили на 3/4 своей высоты и имели снизу порослевое возобновление высотой 0.7-1.2 м. Травяной покров сообщества состоял в основном из довольно высокого (0.25-0.85 м) вейника (*Calamagrostis epigeios*) и более низкого (0.2-0.25 м) ситника (*Juncus gerardii*) в довольно высоком обилии (cop1). В составе сообщества из 13 зарегистрированных видов растений по отношению к водному фактору более половины (62%) относились к мезофитам и мезогигрофитам, и лишь 38% – к мезоксерофитам и ксерофитам. При этом также высока была доля растений солончаковых (*Tamarix laxa* (2 экз.), *Alhagi pseudalhagi* (sol gr), *Phragmites australis* (sol)) и солонцеватых (*E. angustifolia* (9 экз.), *J. gerardii*, *Poa bulbosa* (sol), *Lactuca saligna* (sol), *Aeluropus pungens* (sol), *Descurainia sophia* (sol)) местообитаний, составившая 69% от всего видового состава сообщества (г-б оп. № 47, 46° 24' 12.5" с.ш., 47° 56' 54.6" в.д.). По данным бурения было установлено, что грунтовые воды находятся на данном участке на уровне около 3 м. В отсутствии постоянного поверхностного промывания бывшая луговая суглинисто-глинистая почва начинает постепенно засоляться в результате испарения засоленных грунтовых вод при капиллярном их поднятии к дневной поверхности. Преобладание видов растений солонцового комплекса указывают на то, что процесс солончакообразования не постоянен и сменяется периодически солонцовым процессом. Это также было характерно для солончака в днище межбугрового понижения (разрез № 12). Довольно малое количество ксерофитов и мезоксерофитов указывает на то, что несмотря на основной преобладающий здесь процесс обсыхания ильменя, грунтовые воды не имеют тенденции к постоянному снижению. На отсутствие снижения грунтовых вод в Волго-Ахтубинской пойме, ожидаемое после зарегулирования ее стока каскадами водохранилищ, обращал внимание также В.Н. Пилипенко с соавторами (Пилипенко и др., 2006). Это объяснялось возникновением частых и продолжительных зимних затоплений полностью антропогенного происхождения, чего ранее (до зарегулирования стока реки) не наблюдалось. Однако для четвертого гидролого-геоморфологического района Западных подстепных ильменей сложившуюся ситуацию с невысоким стоянием грунтовых вод и сменой солончакового и солонцового процесса в почвах обсыхающих территорий скорее всего можно объяснить частичным рассолением почв в холодный период, когда на этой территории происходит увеличение выпадения атмосферных осадков при повышении температуры (Кузьмина, Трешкин, 2014а), а также подъемом уровня Каспия (Ямнова и др., 2005).

Средний пойменный уровень левого берега (рис. 2, В-5) высыхающего ильменя Сухой представлен злаково-сведово-солянковым сообществом (г-б оп. № 49, 46° 24' 06.2" с.ш., 47° 56' 56.3" в.д.) с общим проективным покрытием 45% и высотой травостоя 0.1-0.2 м. Основными доминантами и содоминантами являются климакоптера (*Climacoptera brachiata*, cop1), сведа (*Suaeda prostrata*, sp gr) и мятлик луковичный (*Poa bulbosa*, sp). По отношению к влаге более половины видового состава растений относится к ксерофитам и ксеромезофитам (53%), остальные (47%) относятся к мезофитам и мезогигрофитам. Основные доминанты сообщества – климакоптера и сведа, встреченные также некоторые виды в малом обилии (*Halocnemum strobilaceum* (Un), *Limonium gmelinii* (Un), *Atriplex tatarica* (sol), *Eremopyrum triticeum* (sol gr), *E. orientale* (sol)) считаются облигатными или возможными галофитами, что составляет в сумме 34% состава сообщества. В то же время основной содоминант (*Poa bulbosa*) вместе с группой видов малого обилия (*Festuca valesiaca* (sol gr), *Descurainia sophia* (sol), *Gypsophyla muralis* (sol), *Gagea bulbifera* (Un), *Lepidium perfoliatum* (Un)) относятся к видам солонцеватого комплекса – это добавляет еще 32% от состава сообщества. Таким образом, виды солончаково-солонцовых местообитаний составляют 66%, их состав и обилие полностью подтверждают здесь наличие автоморфного отакыренного солончака, сформировавшегося на месте бывшей здесь ранее (до обсыхания ильменя) аллювиальной луговой глинисто-суглинистой почвы с уровнем грунтовых вод не более 3.5 м (рис. 2, Б-3). Внедрение в сообщество таких видов как: *Poa bulbosa*, *Artemisia terrae-albae* (sol), *F. valesiaca*, *E. triticeum* (sol gr), *E. orientale* (sol), *Anisantha tectorum* (sol gr) указывает на развитие процесса изменения экосистем в сторону зонального типа с понижением грунтовых вод. Различие в положении грунтовых вод на уровне бывшей средней поймы правого (УГВ выше) и левого (УГВ ниже) берега ильменя "Сухой" объясняется тем, что правый его берег испытывает подток ГВ из расположенного вблизи (850 м на С), в таком же межбугровом

понижении, искусственно поддерживаемого озера Тинаки. А поскольку с удалением от водного объекта ГВ постепенно заглубляются, то левый борт ильменя "Сухой", расположенный на 450 м южнее правого, будет меньше испытывать влияние озера.

Несмотря на практически одинаковую высоту двух вершин бэровских бугров правого (рис. 2, В-10) и левого (рис. 2, В-1-2) борта ильменя "Сухой", их экосистемы значительно различаются между собой. Так, вершина левого бугра покрыта разреженными злаково-чернополынными с участием ковыля (г-б оп. № 40, 46° 24' 01.5" с.ш., 47° 56' 58.3" в.д.; рис. 2, В-1) и злаково-бело-чернополынными сообществами (г-б оп. № 41, 46° 24' 02.8" с.ш., 47° 56' 59.2" в.д.; рис. 2, В-2) высотой 0.15-0.30 м и общим проективным покрытием 35-45%, в то время как вершина противоположного бугра занята более высокой (0.15-0.7 м) мятликово-верблюжьекочковково-белоземельнополынной растительностью (г-б оп. № 48, 46° 24' 14.7" с.ш., 47° 56' 50.3" в.д.; рис. 2, В-10) также довольно разреженной, с общим проективным покрытием 35%. Более половины (52%) видового состава сообщества вершины правого бугра, включая доминанты, относится к ксерофитам (*Artemisia terrae-albae* (sp), *Artemisia lercheana* (sp), *Eremopyrum triticeum* (sol), *E. orientale* (sol gr), *Ceratocarpus arenarius* (sol) и др.), еще 13% добавляют ксеромезофиты (*Poa bulbosa* (sp gr), *Gagea bulbifera* (Un), *Climacoptera brachiata* (sol)), в то время как мезофиты, встреченные в малом (sol) и единичном обилии (Un) составляли всего 35%. При этом 43% видов можно отнести к галофитам (*A. lercheana*, *Salsola orientalis* (sp), *S. pestifer* (sol), *Atriplex tatarica* (Un), *Alhagi pseudalhagi* (sol gr), *Peganum garmala* (Un) и др.) и 13% к видам солонцеватых местообитаний (помимо мятлика и гусяного лука, также *Argusia sibirica* (Un)). Таким образом, из довольно разнообразного сообщества (23 вида) к видам автоморфных территорий относятся 65% состава, а к засоленным в разной степени – 56%.

Состав сообществ вершины левого борта ильменя "Сухой" (рис. 2, В-1-2) в своей основной массе составляют только ксерофиты: 65% видов ксерофитов и 25% мезоксерофитов для злаково-чернополынного и 100% видов ксерофитов для злаково-бело-чернополынного сообщества. При этом виды растений солонцово-солончакового комплекса составляют 58% и 88% соответственно. Основные доминанты и содоминанты этих довольно маловидовых сообществ (12 и 8 видов) принадлежат к ксерофитам солонцово-солончакового комплекса и полностью подтверждают зональное направление развитие экосистем бугровых повышений. В тоже время сообщество вершины правого борта более разнообразно (23 вида), в нем на 25-35% меньше ксерофитов, и на столько же больше мезофитов, при достаточно равном количестве видов растений засоленных местообитаний. Некоторая большая мезофитность сообществ бугровых повышений правого борта по сравнению с более ксерофитным обликом сообществ левого борта ильменя "Сухой" полностью объясняется повышением здесь ГВ, в результате влияния расположенного севернее регулируемого озера Тинаки.

Таким образом, рассмотренные экосистемы обсыхающего ильменя "Сухой" на бывших пойменных уровнях по комплексной оценке изменения живых и неживых компонентов (Кузьмина, Трешкин, 2012б, 2014б; Кузьмина и др., 2015б) относятся к 4-ой и 5-ой (последней) степени нарушений от изменений водного режима территорий. В то время как на верхних надпойменных уровнях бэровских бугров экосистемы находятся в ненарушенном состоянии (при естественном развитии территории в современных условиях зарегулирования стока Волги) или в слабой степени (2-я степень из пяти возможных) нарушений (при постоянном гидротехническом вмешательстве в результате подтопления от искусственно поддерживаемых водоемов).

Шестой комплексный экологический профиль (рис. 3) был выбран на левобережье Волги в 6 км ВВЮ от г. Харабали Астраханской области (47° 22' 56.7" с.ш., 47° 09' 57.3" в.д. – 47° 23' 12.6" с.ш., 47° 10' 10.3" в.д. – 47° 23' 34.8" с.ш., 47° 10' 27.9" в.д.) на левом берегу Ахтубы во втором геолого-геоморфологическом районе – в центральной части Волго-Ахтубинской поймы (рис. 1). Профиль начинается от высокого берега реки Ахтубы и протягивается на 1200 м поперек Волго-Ахтубинской поймы через ерик "Грязный" в сторону г. Харабали и коренной террасы р. Волги, проходя через меандровые понижения и разные высотные уровни поймы, занятые типичными интразональными пойменными водно-болотными, луговыми, лесными и кустарниковыми экосистемами.

На шестом экологическом профиле по основным типам местообитаний было выполнено 12 геоботанических описаний и заложено два почвенных шурфа в понижениях верхнего (разрез № 13) и нижнего (разрез № 14) уровней поймы.

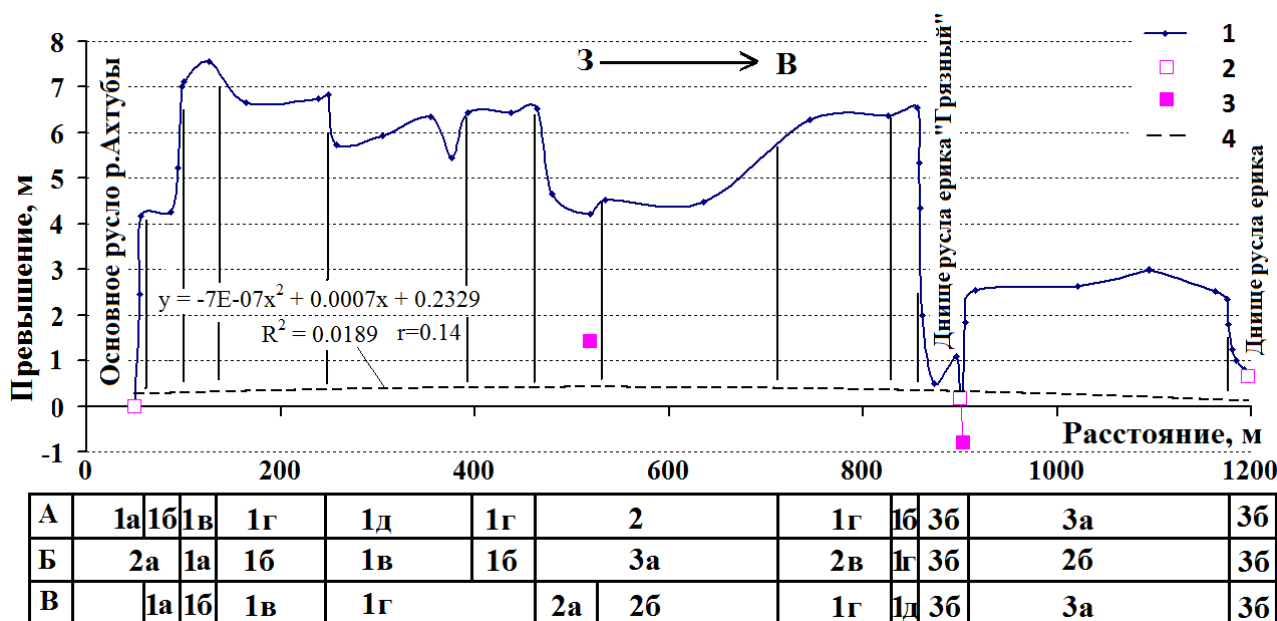


Рис. 3. Экологический инструментальный профиль №6 в пойме левого берега р. Ахтубы в центральном гидролого-геоморфологическом районе Волго-Ахтубинской поймы, на левобережье Воли, вблизи г. Харабали. *Условные обозначения.* На графике: 1 – инструментальный рельеф экологического профиля, 2 – уровень поверхностных вод в основном русле Ахтубы и ее ериках на 20.08.2015 г., 3 – УГВ на 20.08.2015 г., 4 – полиномиальный тренд положения УГВ на 20.08.2015 г. (с формулой и коэффициентом корреляции). В таблице под графиком: А – рельеф – уровни Волго-Ахтубинской поймы: 1 – верхний (высокая пойма, или верхняя пойменная терраса), 1а – обрыв склона среднего уровня, 1б – обрыв склона верхнего уровня, 1в – прирусловой вал основного и/или старичного русла реки, 1г – центральная часть верхней поймы, 1д – обсохшие старичные понижения на верхней пойме, 2 – средний (центральная пойма или 2-ая пойменная терраса), 3 – нижний (низкая пойма или 1-ая пойменная терраса), 3а – центральная часть нижней поймы, 3б – старичные понижения низкой поймы, днища которых периодически залиты водой; Б – почвы – 1а – аллювиальные дерновые насыщенные слоистые примитивные суглинисто-песчаные отакрывающиеся слабо- и средnezасоленные в средней части профиля, 1б – аллювиальные дерновые насыщенные слоистые супесчано-суглинистые, 1в – аллювиальные собственно дерновые насыщенные суглинисто-глинистые, 1г – аллювиальные собственно дерновые насыщенные солончаковатые суглинисто-глинистые, 2а – несформированный песчаный незасоленный аллювий обрыва, 2б – аллювиальные луговые насыщенные суглинисто-глинистые, 2в – аллювиальные луговые насыщенные и карбонатные незасоленные (по склонам) и солончаковатые (на повышениях – выположенных поверхностях террасы) суглинисто-глинистые, 3а – обсыхающие лугово-болотные слабозасоленные с поверхности глинистые, 3б – лугово-болотные оторфованные средnezасоленные с поверхности глинистые; В – растительность (сообщество) – 1а – разреженный тополевик с травяным покровом из солодки, пырея и вейника (*Ass. Populus nigra-Glycyrrhiza glabra+Elytrigia repens+Calamagrostis epigeios*), 1б – ясеневый лес мертвопокровный (*Ass. Fraxinus excelsior*), 1в – тополевик с участием подроста ясеня пырейно-тростниковый (*Ass. P. nigra-(F. excelsior)+Phragmites australis+E. repens*), 1г – осоковый пырейник с участием солодки на повышениях и бодяка в понижениях (*Ass. E. repens+Carex melanostachya+Glycyrrhiza echinata, Ass. E. repens+C. melanostachya+Cirsium incanum*), 1д – пырейно-дурнишниково-верблюжьеколючковое (*Ass. Alhagi pseudalhagi+Xanthium albinum+E. repens*), 2а – ивняк бодяково-дурнишниковый (*Ass. Salix pentandra-X. albinum+C. incanum*), 2б – разреженное усыхающее рогозово-клубнекамышевое (*Ass. Bolboschoenus maritimus+Typha angustifolia*), 3а – осоково-вейниковое с участием разнотравья (*Ass. Calamagrostis epigeios+C. melanostachya+Mixtheherbosa (Achillea ptarmica+Stachys palustris+X. albinum)*), 3б – осоки острой по повышениям (*Ass. Carex acuta*), ежеголовниково-сусаковая по днищам обсохших понижений (*Ass. Butomus umbellatus+Sparganium erectum*) и ежеголовниковая в воде (*Ass. Sparganium erectum*).

Почвенный разрез № 13 (20.08.2015; 47° 23' 12.3" с.ш., 47° 10' 07.9" в.д.; г-б оп. 57; рис. 3, В-2а) в понижении верхней поймы был представлен обсыхающими лугово-болотными слабозасоленными с поверхности глинистыми почвами с УГВ 2.8 м, на которых начал формироваться молодой бодяково-дурнишниковый ивняк. Только верхние горизонты почвы (0-20 см) имели слабую степень хлоридно-сульфатного кальциевого типа засоления – 0.42%. Все остальные почвенные горизонты были не засолены, их минерализация лежала в пределах 0.06-0.14%. Нейтральные ГВ (рН=7.08) имели также очень слабо минерализованную степень засоления (1.31 г/л). Отсутствие даже слабой минерализации в почвенных горизонтах ниже 20 см говорит о том, что на данном участке поймы происходит периодическое довольно частое затопление и промывание образующихся солей в почвах. Однако растительность на данном участке указывает на то, что экосистема сильно нарушена, а ее дальнейшее развитие идет в сторону обсыхания. На почвах развивается маловидовой (11 видов) двухъярусный молодой ивняк (*Salix pentandra*, 10 экз. на 1 м²) высотой 1.5-2.0 м с травяным покровом из дурнишника (*Xanthium albinum*, сор1) и бодяка (*Cirsium incanum*, sp gr) высотой 0.9-1.2 м и общим проективным покрытием 70%. И хотя из мезогидрофитов, гидрофитов и гигро-гидрофитов в нем осталось только 36% состава (*Typha angustifolia* (Un), *Bolboschoenus maritimus* (Un), *Lythrum salicaria* (sol), *Althaea officinalis* (sol)), все эти виды имеют малое обилие и более низкую жизненность (3 балла) чем виды мезофитной природы с более высокой жизненностью (4-5 баллов), среди которых присутствуют основные доминанты и содоминанты (*S. pentandra*, *X. albinum*, *C. incanum*, *Convolvulus arvensis* (sp), *Glycyrrhiza glabra* (sol), *Galium rubioides* (sol), *Populus nigra* (1 экз.)). На слабый процесс засоления почв указывает наличие в составе растительного сообщества 27% видов (в малом обилии), встречающихся на засоленных и солонцеватых почвах (солодка, алтей, клубнекамыш). Остатки изначальной экосистемы, бывшей на этом месте с доминированием клубнекамыша (сор1) и рогоза (sp) можно наблюдать в этом же понижении (рис. 3, В-2б; г-б оп. 54, 47° 23' 12.6" с.ш., 47° 10' 10.3" в.д.), где в довольно разреженном (с проективным покрытием 50%) сообществе помимо двух доминантов гидрофитной природы единично встречен также *Butomus umbellatus* (Un), причем у всех обнаруженных гигрофитов очень слабая жизненность (1-3 балла). В то время как у мезофитов с малым (sol-Un) обилием (*X. albinum*, *C. incanum*, *C. arvensis*, *Glycyrrhiza echinata*) жизненность гораздо выше (4-5 баллов). Таким образом, описанная экосистема гидрофитно-мезофитного характера (молодой ивняк бодяково-дурнишниковый) сменяет здесь первоначальную гидрофитно-гигрофитную экосистему (рогозово-клубнекамышевую). Обе экосистемы – формирующийся ивняк и погибающая рогозово-клубнекамышевая, по разработанной нами совокупной оценке изменения нескольких компонентов (Кузьмина, Трешкин, 2012б, 2014б; Кузьмина и др., 2015б), относятся к сильно нарушенным от гидротехнического воздействия экосистемам. Поскольку данная экосистема исследовалась только в 2015 г. основные показатели нарушений в них следующие: процесс засоления в почвах, уменьшение количества ярусов в сообществах, наличие в составе видов-индикаторов нарушений в среднем и большом обилии, наличие в составе сообществ более 50% видов иной экологической приуроченности – не характерной для данного местообитания, снижение жизненности видов типичной экологической приуроченности и повышение ее у не характерных видов, сниженный в целом видовой состав сообществ.

Почвенный разрез № 14 (20.08.2015; 47° 23' 22.4" с.ш., 47° 10' 19.0" в.д.; г-б оп. № 56; рис. 3, В-3б) в центральной части днища понижения первого пойменного уровня обсыхающего ерика "Грязный" был представлен лугово-болотными оторфованными глинистыми почвами средnezасоленными с поверхности (0.52% в верхних 0-20 см) с незасоленными (0.85 г/л) ГВ, имеющими рН=7.2 и глубину залегания 1 м. Верхние 20 см почвы имеют сульфатный кальциевый тип засоления, в то время как все нижележащие горизонты меняют свою минерализацию на карбонатно-сульфатный кальциевый тип. Распределение засоления в этом почвенном профиле очень схоже с предыдущим разрезом № 13. Здесь также во всех нижележащих горизонтах кроме верхнего, засоление практически отсутствует (0.07-0.17%), резко уменьшаясь глубже 20 см и продолжая постепенно падать вниз по профилю, подтверждая вывод о частом периодическом промывании почв при затоплении пресными Волжскими водами. Почвы развиваются под маловидовым (5 видов) сообществом типичных гигрофитов (*Sparganium erectum* (sol), *Sagittaria sagittifolia* (sol), *Scirpus lacustris* (Un)) достаточно хорошей жизненности (4 балла) со 100% проективным покрытием и основным доминантом – сусаком зонтичным (*Butomus umbellatus*, сор1; рис. 3, В-3б). Поскольку исследование проводилось только в 2015 г., и принимая во внимание, что в целом растительность

соответствует описанным почвам, по ранее разработанной нами методике (Кузьмина и др., 2015б) экосистему по своему состоянию можно отнести к слабо нарушенным в результате гидротехнического воздействия, в основном за счет выявления процесса засоления в почвах, небольшого снижения жизненности видов всех растений и пониженного видового состава сообщества.

Рассмотрим изменения в лесных экосистемах центральной части верхнего пойменного уровня шестого экологического профиля (рис. 3, В-1в; г-б оп. 52, 47° 23' 01.9" с.ш., 47° 10' 02.4" в.д.). Здесь в двухъярусном пырейно-тростниковом тополельнике с подростом ясеня с сомкнутостью крон 0.7, высотой травостоя 1.0-2.1 м и общим проективным покрытием 15% отмечается суховершинность 17 экземпляров тополя высотой 18-20 м со средним диаметром стволов 32 см (от 20 до 51 см). Весь тополь поражен сердцевинной гнилью и в недалеком будущем обречен на полное высыхание. В сообществе зарегистрировано 15 видов растений, из которых 6 видов встречены единично (Un), а 4 – в очень малом обилии (sol). Подрост ясеня состоял из экземпляров двух возрастов достаточно низкой жизненности (3 балла). Довольно мелкий подрост высотой 0.4-1.6 м был многочислен (51 экз.), более высокий (4.0-4.5 м) – составил 10 экземпляров. Несмотря на то, что основу сообщества (60%) еще составляют мезофиты и мезогигрофиты (*Populus nigra*, *Fraxinus excelsior*, *Tamarix laxa* (3 экз.), *Elytrigia repens* (cop1), *Chenopodium polyspermum* (Un), *Poa pratensis* (sol), *Medicago sativa* (Un), *Cannabis ruderalis* (sol), *Lythrum salicaria* (Un)), ксеромезофиты и ксерофиты достигли уже 33% от состава (*Asparagus officinalis* (Un), *Dodartia orientalis* (sol), *Acroptilon repens* (sol gr), *Cynanchum acutum* (sol), *Conyza canadensis* (sol)). При этом 20% видов относится к солончаково-солонцовому комплексу (*T. laxa*, *A. repens*, *C. acutum*). На первый взгляд, можно было бы предположить, что погибающий тополельник может смениться ясеневым мертвопокровным лесом, аналог которого был обнаружен нами на прирусловом валу (рис. 3, В-1б). Однако, плохое состояние подроста, очень глубокое положение грунтовых вод (более 6 м) и начинающийся процесс засоления почв указывают на невозможность такого варианта. Вероятнее всего лесная экосистема после своей гибели сменится на опустыненную луговую с засоленными остаточными луговыми автоморфными почвами. Рассмотренная лесная экосистема пырейно-тростникового тополельника по методике оценки нарушений водного режима территорий от гидротехнического воздействия относится к 4-ой степени нарушений – к сильно нарушенным экосистемам, поскольку здесь помимо обсыхания и засоления почв с заглублением ГВ, отмечается снижение ярусности сообщества, наличие более 30% видов растений из его состава не характерных для данного биотопа, а также снижение жизненности (до 1-3 баллов) для всех без исключения видов сообщества.

Луга центральной части верхнего пойменного уровня на шестом экологическом профиле достаточно однообразны и маловидовы (рис. 3, В-1г), они представлены осоково-пырейными сообществами (*Ass. Elytrigia repens+Carex melanostachya*) с участием солодки (*Glycyrrhiza echinata*, sol gr) в понижениях и бодяка (*Cirsium incanum*, sol gr) на повышениях. Некоторое (не солончаковое) засоление почв этих уровней поймы диагностируют виды солончаково-солонцового комплекса (от 30 до 40% состава сообществ). Эти луга как правило на 50% состоят из ксерофитов и мезоксерофитов (*Acroptilon repens* (sp), *Asparagus officinalis* (sol), *Euphorbia virgata* (sol gr), *Lotus corniculatus* (sol-Un), *Cynanchum acutum* (sol gr), *Convolvulus arvensis* (sol), *Tragopogon orientalis* (sol)) и на 50% – из мезофитов и мезогигрофитов (*E. repens* (cop1-2), *C. melanostachya* (sp gr), *G. echinata*, *Althaea officinalis* (sol), *C. incanum*, *Lythrum salicaria* (Un), *Galium ruthenicum* (sol)). При этом виды мезофитной природы являются доминантами и содоминантами сообществ, в то время как ксерофиты встречаются в малом обилии. При однократном обследовании основными показателями нарушений в данной экосистеме следует считать: засоление почв, уменьшение количества ярусов, пониженное видовое разнообразие, наличие 50% видов из состава не характерной экологической приуроченности, снижение жизненности видов растений у 86% состава сообщества до 2-3 баллов. По выявленным показателям такие экосистемы верхнего пойменного уровня на шестом экологическом профиле следует относить к сильно нарушенным (4-ой степени).

Центральные части первого (низкого) пойменного уровня заняты разнотравно-осоково-вейниковыми лугами (рис. 3, В-3а; г-б оп. 59, 47° 23' 23.4" с.ш., 47° 10' 19.5" в.д.) с высоким проективным покрытием (95%) и также довольно низким видовым разнообразием (14 видов). Более половины (53%) состава сообщества представляют мезогигрофиты (*Carex melanostachya* (sp), *Achillea ptarmica* (sp), *Stachys palustris* (sol gr), *Lythrum salicaria* (sol), *Calystegia sepium* (sol), *Althaea officinalis*

(sol), *Lysimachia vulgaris* (sol), *Fraxinus excelsior* (1 экз.)), к ним прибавляется 27% мезофитов (*Calamagrostis epigeios* (cop1), *Thalictrum minus* (sol), *Xanthium albinum* (sol gr), *Vicia villosa* (Un)) и 7% гигрофитов (*Carex acuta* (sol gr)). Ксерофиты и мезоксерофиты редки и малочисленны – 13% (*Asparagus officinalis* (Un), *Convolvulus arvensis* (sol)). Отсутствие значимого процесса засоления почв подтверждает малый процент видов солонцеватого комплекса (13%). Среди основных биологических показателей, диагностирующих изменения в данной экосистеме следует отметить: нарушение ярусной структуры, снижение жизненности (до 2-3 баллов) у 73% видов растений, включая доминанты и содоминанты, а также общее сниженное видовое разнообразие. По методике оценки нарушений от гидротехнических воздействий (Кузьмина, Трешкин, 2012б, 2014б; Кузьмина и др., 2015б), луга нижнего уровня на шестом профиле относятся к слабо нарушенным экосистемам (2-ая степень).

Оценив экосистемы шестого экологического профиля по степени нарушений в результате изменения водного режима территории можно сказать, что слабо нарушенными являются луговые экосистемы нижних пойменных уровней. Естественными (ненарушенными) или слабонарушенными, оказались водно-болотные экосистемы старичных понижений первого пойменного уровня, залитые водой. Большая часть луговых и лесных экосистем второго и третьего пойменных уровней на шестом экологическом профиле оказались в сильной степени нарушений (4-ая степень). Для своего восстановления эти экосистемы (находящиеся в 3-ей и 4-ой степени нарушений) требуют не только локальных гидро- и лесотехнических мероприятий, но и специальных региональных гидротехнических мероприятий по изменению гидрологического режима реки (Кузьмина, Трешкин, 2012б).

Выводы

Для второго геолого-геоморфологического района Центральной части Волго-Ахтубинской поймы (рис. 1) были выявлены две основные причины ухудшения состояния пойменных экосистем лугов и лесов, связанные с гидротехническим воздействием. Помимо выявленной ранее тенденции ухудшения качества лугов и утраты лесов в связи с подтоплением и оглеением почв в результате сбросов воды Волгоградского водохранилища, т.е. зимних паводков (нехарактерных в естественном состоянии) и образования глеевой интоксикации в почвах и вымокания корневых систем растений (Кузьмина и др., 2015б), была установлена также очень негативная тенденция обсыхания и деградации пойменных экосистем, которая активно развивается в основную часть годового цикла, а для самых высоких пойменных уровней – круглогодично. Эта тенденция обсыхания особенно проявлена на втором и третьем пойменных уровнях, она сопровождается заглублением ГВ и засолением почв, что ведет к исчезновению лесных и кустарниковых сообществ и к опустыниванию лугов. Среди основных биологических показателей нарушений в этих экосистемах отмечается: нарушение структуры (уменьшение ярусности), наличие и достаточная композиция в составе сообществ видов-индикаторов изменения водного режима территории, сокращение видового состава, наличие видов не характерной биотопической приуроченности, снижение жизненности видов и сообществ. Уже сегодня большую часть луговых и лесных экосистем этого района можно относить к сильно нарушенным (4-ая степень, предпоследняя) вследствие изменения водного режима территорий. Пока еще немного лучше чувствуют себя только экосистемы самого нижнего пойменного уровня этого района. Их можно относить к слабо нарушенным, имеющим 2-ю степень нарушений.

В четвертом геолого-геоморфологическом районе Западных подстепных ильменей также выявлены две основные тенденции развития экосистем и ландшафтов. Первая тенденция – это обсыхание территории (после зарегулирования стока реки) без сильного постоянного падения ГВ, т.е. при их первоначальном падении с последующей относительной стабилизацией. Этот процесс ведет к засолению бывших ранее незасоленных аллювиальных почв всех пойменных уровней межбугровых понижений, т.е. к формированию гидроморфных и полугидроморфных солончаков сперва с галофитной растительностью, а потом и без нее (после гибели от очень сильного засоления). Солончаковый процесс на более повышенных бывших пойменных уровнях периодически ненадолго может сменяться солонцовым, с частичным рассолением верхних почвенных горизонтов, что скорее всего, связано с климатическими изменениями в зимний период (Кузьмина, Трешкин, 2014а). Вторая

тенденция развития в районе Западных подстепных ильменей – это обсыхание ильменей при постоянном падении ГВ, что ведет через образование солончаков (сперва гидроморфных, затем – полугидроморфных и в заключении автоморфных) к развитию зонального процесса на всех элементах рельефа. Первый вариант динамики бывших пойменных экосистем возможен только при дальнейшем антропогенном вмешательстве (при подтоке ГВ из искусственно поддерживаемых водоемов), в то время как второй вариант – это естественное развитие экосистем после значительного регионального гидротехнического вмешательства в современных климатических условиях.

Оценка состояния экосистем района Западных подстепных ильменей показала, что в межбугровых понижениях, вышедших из поемного режима после полного зарегулирования реки Волги, обсыхающие экосистемы (там, где отсутствует регулируемое затопление) находятся на стадиях сильного нарушения или полной деградации, т.е. на последних стадиях нарушений (4-ой и 5-ой) от изменения водного режима территорий. В тоже время повышенные (надпойменные) участки бэровских бугров вне зависимости от антропогенной гидротехнической деятельности остаются ненарушенными или слабо нарушенными.

Благодарности. Авторы выражают глубокую благодарность за помощь в организации и проведении полевых работ в регионе Нижней Волги: академику РАН К.Н. Кулику, академику РАН В.П. Зволинскому, члену-корреспонденту РАН В.В. Мелихову, д.с.-х.н. М.Ю. Пучкову, к.г.н. Т.Ю. Каримовой, к.с.-х.н. С. А. Шинкаренко 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». Москва. 675 с.
- Бармин А.Н.* 1993. Динамика травянистой растительности дельты р. Волги в условиях возросшего водного стока. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Воронеж. ВГУ. 16 с.
- Бармин А.Н.* 2002. Волго-Ахтубинская пойма и дельта реки Волги: динамика травянистого растительного покрова в меняющихся природных и антропогенных условиях. Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Волгоград. 47 с.
- Кузьмина Ж.В.* 2005. Оценка последствий изменения режима речного стока для пойменных экосистем при создании малых гидротехнических сооружений на равнинных реках // Метеорология и гидрология. № 8. С. 89-103.
- Кузьмина Ж.В., Каримова Т.Ю., Трешкин С.Е., Феодоритов В.М.* 2011а. Влияние климатических изменений и зарегулирования речного стока на динамику растительности долин рек // Использование и охрана природных ресурсов в России. Научно-информационный и проблемно-аналитический бюллетень. № 2 (116) С. 34-40.
- Кузьмина Ж.В., Каримова Т.Ю., Трешкин С.Е., Феодоритов В.М.* 2011б. Воздействие антропогенного регулирования речного стока и климатических изменений на динамику растительности долин рек // Антропогенная динамика растительного и почвенного покровов лесной зоны. Сборник научных трудов кафедры земледелия и растениеводства. М.: Государственный университет по землеустройству. С. 125-147.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е.* 2008. Методика определения и оценки нарушений пойменных экосистем при гидротехническом воздействии // Аридные экосистемы. Том 14. № 35-36. С. 94-110.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е.* 2011. Метод оценки гидротехнического воздействия и климатических изменений на экосистемы // Антропогенная динамика растительного и почвенного покровов лесной зоны. Сборник научных трудов кафедры земледелия и растениеводства. М.: Государственный университет по землеустройству. С. 148-163.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е.* 2012а. Влияние климатических и гидрологических изменений на трансформацию естественных и антропогенно нарушенных в результате мелиорации экосистем зоны южной тайги // Рекультивация и использование залежных земель в нечерноземной зоне России: теория и практика. Материалы международной научно-практической конференции ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии, г. Тверь, ноябрь 2012 года. Тверь. С. 89-109.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е.* 2012б. Оценка последствий гидротехнического воздействия на экосистемы пойменных гидроморфных и полуавтоморфных территорий // Вопросы географии. Вып. 134. Актуальная биогеография. М.: Издательский дом «Комус». С. 282-297.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е.* 2014а. 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. 2014б. Обусловленные режимом водных объектов биологические показатели, отражающие структурно-функциональные изменения околоводных наземных экосистем // Изменение состава и структуры ландшафтов в условиях техногенеза. Сборник научных трудов кафедры земледелия и растениеводства, посвященный 90-летию кафедры / Ред. Л.П. Груздева. Государственный университет по землеустройству. Москва. С. 87-115.

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 мелиоративных земель и повышения их плодородия. Материалы международной научно-практической конференции ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии, г. Тверь, 27-28 июня 2013 г. Тверь. С. 253-272.

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

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Каримова Т.Ю. 2015б. Критерии климатического и антропогенного заболачивания наземных экосистем в долинах рек // Болота и биосфера: материалы Всероссийской с международным участием IX школы молодых ученых (14-18 сентября 2015 г., г. Владимир). Иваново: ПресСто. С. 219-224.

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

Пилипенко В.Н. 2003. Современная флора и динамика растительности дельты Волги. Автореф. дисс. докт. биол. наук. Астрахань: АГУ. 24 с.

Пилипенко В.Н., Федотова А.В., Перевалов С.Н., Сагалаев В.А. 2006. Экологические последствия влияния зарегулирования стока реки Волги на флору, растительность и почвенный покров дельты Волги // Вестник Оренбургского государственного университета. № 2-2 (52). С. 22-29.

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.

Ямнова И.А., Черноусенко Г.И., Сотнева Н.И. 2005. Засоление почв дельты р. Волга и района западных ильменей // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. С. 31-42.

УДК 631.44

ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОВИНЦИИ СОЛЕНАКОПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА¹

© 2017 г. Г.Т. Исанова* ** ***, Ц. Абудувайли* **, Ж.У. Мамутов****,
А. А. Калдыбаев****, *****, Г.А. Сапаров** ***, Т.А. Базарбаева****

**Синьцзянский институт экологии и географии АН КНР*

Китай, 830011, г. Урумчи, ул. Бейжунлангу, д. 818. E-mail: gul_nur.777@mail.ru

***Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды Центральной Азии*

Казахстан, 050060, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, д. 75в. E-mail: jilil@ms.xjb.ac.cn

****Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова*

Казахстан, 050060, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, д. 75в. E-mail: saparov.g@mail.ru

*****Казахский национальный университет им. аль-Фараби*

Казахстан, 050040, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, д. 71. E-mail: azamat.kaldybayev@gmail.com

******Институт ионосферы Национального центра космических исследований и технологий*

Казахстан, 050020, г. Алматы, Каменское плато, Садоводческое товарищество «Ионосфера», д.117

E-mail: agamprit@gmail.com

Поступила 23.04.2017

Засоленные почвы широко распространены в южных и центральных районах Казахстана. В этих засушливых районах, годовое количество осадков составляет 100-150 мм, а испарение превышает количество осадков. Почвы района являются средне и сильнозасоленными. В данном исследовании были рассмотрены и изучены многочисленные картографические материалы по засоленным почвам Казахстана и Центральной Азии. На основе обобщения и анализа имеющихся материалов были определены четыре почвенно-гало-геохимических провинции соленакопления на территории Казахстана. Провинции различаются между собой по своему генезису, составу и переносу солей. Программное обеспечение Arc Map было использовано в качестве основного инструмента для анализа почвенно-гало-геохимических провинций и построения карты соленакопления на территории Казахстана. Изучение геохимии соленакопления в почвах, горных породах, подземных водах, типов соленакопления и закономерностей миграции солей в биосфере является основой для оценки районов с ирригационной деятельностью. Поэтому изучение засоленных почв и процессов соленакопления имеет большое практическое значение.

Ключевые слова: засоление почв, провинции соленакопления, Казахстан.

Проблемы, связанные с засолением почв широко распространены в аридных и полуаридных районах. При этом процессы засоления почв также происходят экстенсивно в районах с влажным климатом, особенно в береговых регионах, где морская вода поступает через лиманы, реки и с грунтовыми водами, что и вызывает засоление почв на больших территориях. Засоление почв также серьезная проблема в районах, где грунтовые воды с высоким содержанием соли используются для ирригации (Ковда, 2008).

Засоленные почвы обязательный компонент степи и пустынных ландшафтов (Боровский, 1978; 1982), они широко распространены в аридных и полуаридных регионах мира. Согласно данным Международного Института окружающей Среды и Развития и Института Мировых Ресурсов, около 10% поверхности континентов покрыто засоленными почвами. Они большей частью расположены в засушливых территориях, а также в зонах сухих и пустынных степей (Ковда, 2008; Лопатовская,

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Национального фонда естественных наук Китая (U1603242; 41471098) и фонда президента АН КНР по Международной стипендии для постдокторантов-исследователей (2017PC0023).

Сугаченко, 2010). Засоленные почвы являются токсичными, т.к. имеют высокую концентрацию легкорастворимых солей (более 0.25%) в любом почвенном слое и воздействуют на рост растений (Munns, 2009). Образование засоленных почв в аридных областях зависит от многих факторов и причин таких как: геологическая структура и состав пород (засоленная материнская порода), топография местности и отрицательные формы рельефа, глубина залегания и засоленность (минерализация) грунтовых вод, расстояние от моря (эоловый перенос солей от моря к суше), гидрологический режим, осадки, вода с высокой минерализацией при ирригации, состав растительности (галофиты), способ использования территории для хозяйственных целей (неэффективная ирригация), ветровой режим территории (эоловый перенос).

В целом, засоленные почвы занимают 20% всех освоенных земель мира, а половина всех орошаемых земель подвержены засолению высокой степени. Более того, тенденция роста засоления почв сохраняется, при этом 900 млн. га в мире оцениваются как земли, подвергающиеся засолению, что составляет приблизительно 6% от всех почв мира, или около 20% всех освоенных территории мира (Flowers, 2004; Gamalero et al., 2009). Засоленные почвы стали растущей проблемой в орошаемых землях сельскохозяйственного назначения (Ковда, 2008).

Засоленные почвы в основном распространены в Центральной Азии и Казахстане, они есть также в Западной Сибири и Западном Китае. Большая часть засоленных почв – 70% СНГ сосредоточена в Казахстане. По исследованию происхождения, развития и условий образования засоленных почв на территории Казахстана были проведены многочисленные работы (Глинка, 1931; Гедройц, 1955; Боровский, 1982). Засоление почв является одним из самых общеизвестных процессов деградации земель. Антропогенное воздействие на почвенный покров и экосистемы Казахстана во всех географических зонах год от года возрастает. Нерациональное использование природных ресурсов приводит к экологическому нарушению.

Общая площадь Казахстана составляет 272 млн. га, и из них в настоящее время 180 млн. га находится под угрозой деградации, что составляет 60% от общей территории страны. Деградация сопровождается интенсивным засолением почвы, которое приводит к увеличению территории солончаковых пустынных районов во внутренних бессточных бассейнах и засолению орошаемых земель (Орлова, Сапаров, 2009). Прогрессируют процессы деградации земель, также как эрозия и дефляции почв (более 30 млн. га), засоление почв, химическое загрязнение и осолонцевание почвы (60 млн. га), дегумификация пахотных земель (более 10 млн. га; Медеу, 2010). Таким образом, наше исследование по засоленным почвам Казахстана имеет большое значение в области оказания помощи в прогнозировании и мониторинге процесса засоления почв.

Основной целью данной работы является изучение провинций соленакопления на территории Казахстана и картографирование их территории. Кроме того, данное исследование помогает решать некоторые вопросы галогенеза и миграции веществ в педосфере.

Материалы и методы исследований

Республика Казахстана одна из молодых и быстро развивающихся независимых стран в мире. Казахстан находится между Сибирской тайгой на севере и пустынями Центральной Азии на юге, окаймляется Каспийским морем на западе и горными хребтами Тянь-Шаня и Алтая на востоке (UNDP, 2002). Около 60% территории Казахстана занимают равнины. Пустыни и полупустыни занимают приблизительно 50% территории, большинство из них расположено в Туранской низменности. Засушливые территории распространяются от Каспийского моря к предгорным равнинам Жетысу, Джунгарского Алатау и горам Тянь-Шаня. Эти обширные территории имеют различные геологические структуры и особенности ландшафтов. Северные части Казахстана покрыты степями и лесостепью (Danayev, 2008).

Климат Казахстана резко континентальный с неравномерным распределением осадков в пределах территории. Равнинные территории в основном сухие, здесь осадков ежегодно выпадает от 100 мм на юго-западе до 400 мм на севере. На равнинах широко распространены засоленные почвы. В горных регионах, осадков выпадает от 400 мм до 1600 мм в год (Almaganbetov, Grigouk, 2008). Средняя температура в течение января бывает -18°C и -3°C на севере и юге соответственно. Средняя температура в июле достигает постепенно от 19°C на севере до 28-30°C на юге. Климатический

режим имеет большое влияние на процесс миграции солей в почвах.

Казахстан относится к засушливым регионам. Географические зоны Казахстана характеризуются существенным избытком испарения по отношению к осадкам. На обширной территории Казахстана (кроме некоторых горных областей) испарение намного превышает (на севере – в 2-3 раза, на юге – в 10-20 раз) выпадение осадков, что вызывает длинное, жаркое и сухое лето (Утешев, 1959). Засушливость климата высока и, соответственно, испарение грунтовых вод выше, поэтому вероятность засоления почв также высока (Боровский, 1982).

Засоленные почвы в Казахстане распространены почти повсеместно. Огромные территории в Центральной, Южной и Западной части Казахстана заняты засоленными почвами. При этом, они широко представлены в пустынных степях и пустынях (Фаизов, 1980). Аридные области являются областями соленакопления, а соли поступают поверхностным и подземным стоками через эоловый перенос (Боровский, 1978). Кроме того, засоленные почвы занимают Каспийскую низменность и Приаралье, покрытые морскими и аллювиально-дельтовыми почвообразующими породами, которые близко залегают к поверхности с минерализованной грунтовой водой. Они относятся к интразональным почвам (Боровский, 1978). Интразональные почвы встречаются как в горизонтальном, так и вертикальном простираии географической зональности. Засоленные почвы занимают весьма большую область в структуре почвенного покрова Казахстана из-за высокой засушливости территории.

В данной статье использованы многочисленные картографические материалы и картосхемы (Боровский, 1978, 1982) в целях создания карты по почвенно-гало-геохимическим провинциям Казахстана. Согласно полученной карте можно определить области выноса и транзита солей, а также районы тотального соленакопления по территории Казахстана.

Программное обеспечение Arc Map было использовано в качестве основного инструмента для анализа почвенно-гало-геохимических провинций и построения карты по соленакоплению на территории Казахстана.

Результаты и обсуждение

Засоленные почвы Казахстана. Засоленные почвы по территории Казахстана распределены неравномерно. По данным агентства по управлению земельными ресурсами Республики Казахстан, засоленные почвы, солонцы и солончаки (особенно в засушливых степных и пустынно-степной зонах) покрывают более 41% от общей площади (табл. 1; Асанбаев, Фаизов, 2007; Фаизов и др, 2006). Как правило, засоленные почвы сосредоточены в зонах бурых, серо-бурых, такыровидных и светло-каштановых почв (рис. 1). Кроме того, засоленные почвы имеются среди черноземов, каштановых почв и других почв степной зоны Казахстана.

Территориально-географически засоленные почвы распределены неравномерно. Среди обыкновенных и выщелоченных черноземов они занимают 29-30% площади, 37% от черноземов южных, а в более засушливых условиях светло-каштановых почв они достигают 51%, в бурых пустынных почвах – составляют 55%. В наиболее засушливых и пустынных условиях среди серо-бурых и такыровидных почв, засоленные почвы достигают лишь 46% от общей площади подзоны (табл. 1). К засоленным почвам относятся солончаки, солонцы и солоди.

Типы засоленных почв в Казахстане. Солончаки наиболее засоленные почвы, в которых соли накапливаются непосредственно на поверхности. Солончаки покрывают более 85 тыс. км² территории Казахстана. Они сосредоточены в зонах бурых и серо-бурых почв (Боровский, 1978; Ковда, 2008). Большую часть равнинной территории Казахстана занимают солончаки, которые распространены в пустынных зонах (Фаизов, 1980; Асанбаев, Фаизов, 2007).

Солончаки занимают небольшую часть от 0.3 до 1.0% черноземов и каштановых почв и 1.6% светло-каштановых почв в степной зоне. Тем не менее, доля солончаков в бурых и серо-бурых почвенных зонах возрастает в несколько раз и достигают 7.9% и 5.0% соответственно. Доля солончаков от площади всех засоленных почв в степных зонах колеблется от 1 до 3%, в пустынной зоне – 13.2-7.2%. Как видим, солончаки в основном сосредоточены в пустынной зоне Казахстана. Соотношение между солончаками и солонцами в степной зоне составляет 1:50, в пустынной зоне – около 1:3 (табл. 2).

Таблица 1. Площади засоленных почв Казахстана и их распределение по почвенным зонам и подзонам (тыс. га).

Типы засоленных почв	Серые лесные черноземы выщелоченные	Черноземы обыкновенные	Черноземы южные	Темно-каштановые	Каштановые	Светло-каштановые	Бурые	Серо-бурые и такыровидные	Предгорные пустынно- степные	Всего засоленных почв
Солончаки	3.2	31.2	64.2	245.3	238.1	615.6	4524.2	2085.8	700.0	8507.6
Комплексы с солонцами более 50%	27.8	929.9	1635.3	2495.5	3620.1	7761.8	8688.5	1789.2	-	26948.1
Комплексы с солонцами 30-50%	-	334.1	511.4	1816.5	1369.8	2125.3	1168.5	83.2	-	7408.8
Комплексы с солонцами 10-30%	28.4	1614.5	2662.9	6011.3	4169.6	8315.5	6117.0	5417.3	-	34336.5
Солоди	56.3	451.9	71.8	7.3	-	1.8	-	-	-	589.1
Луговые и пойменно-луговые в комплексе с солонцами и солончаками луговыми	0.8	25.6	45.2	242.7	364.6	686.8	989.3	1367.9	-	3722.9
Лугово-болотные с солончаками	5.3	12.9	11.0	18.9	14.3	47.2	568.1	1075.7	-	1752.5
Бурые солонцеватые и солончаковатые	-	-	-	-	-	-	11008.5	-	-	11008.5
Серо-бурые солонцеватые и солончаковые	-	-	-	-	-	-	-	11114.4	-	11114.4
Такыры с комплексами такыровидных солончаков	-	-	-	-	-	-	165.9	173.6	-	339.5
Такыровидные солончаковые и солонцеватые в комплексе с солончаками остаточными	-	-	-	-	-	-	57.7	5764.2	-	5821.9
Всего	121.8	3400.1	5001.8	10837.5	9775.6	19554.0	34287.2	28871.6	700.0	11550.1
% от площади подзоны/зоны	30	29	37	40	40	51	55	46	5	41
Общая площадь зон и подзон	400	11700	13600	27700	24300	38400	57400	61900	16800	252200*

Примечание к таблице 1: * – без площади горных почв, которая составляет 20.1 млн. га (вся площадь территории Казахстана – 272.3 млн. га).

Солончаки различных типов особенно широко распространены на юге Казахстана в пустынной зоне в дельтах рек Сырдарии, Таласа, Ассы, Или и нижнего течения реки Урал (Жайык). Обширные площади солончаков расположены по берегам небольших и крупных водоемов, таких как Мертвый

Култук (восточная часть Каспийского моря), Аральское море и оз. Балхаш. Содержание растворимых солей в корково-пухлых слоях солончаков колеблется от 15000 до 40000 т/км² в верхнем метровом слое почвы (Орлова, Сейфуллина, 2006).

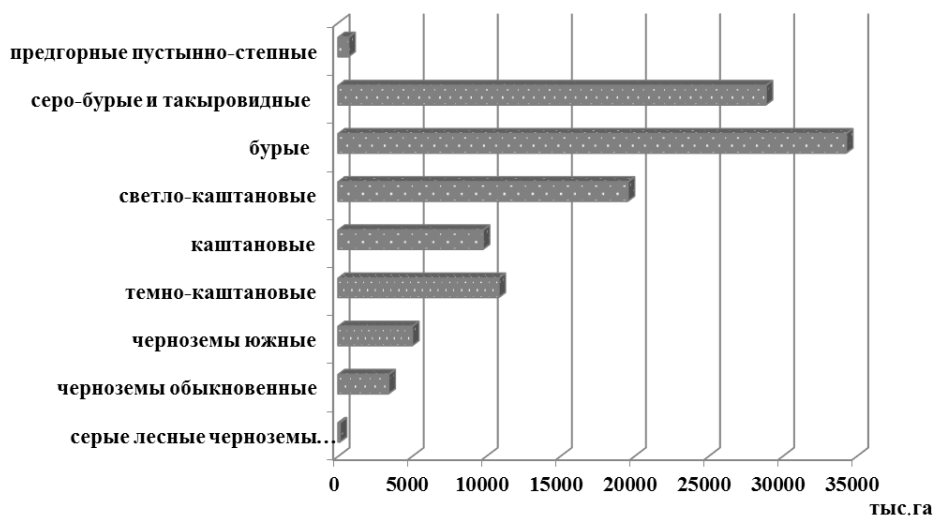


Рис. 1. Распределение засоленных почв по почвенным зонам и подзонам Казахстана.

Таблица 2. Доля засоленных почв в структуре почвенного покрова Казахстана.

Почвенные зоны и подзоны	Солончаки, % от площади			Солонцы, % от площади		Луговые и лугово-болотные засоленные почвы, % от площади	
	Зон, подзон	Засоленных почв	Солонцов	Зон, подзон	Засоленных почв	Зон, подзон	Засоленных почв
Выщелоченных черноземов и серых лесных почв	0.8	2.6	5.7	14.0	25.6	1.5	5.0
Обыкновенных черноземов	0.3	0.9	1.1	24.3	84.5	0.3	1.1
Южных черноземов	0.5	1.3	1.3	35.4	97.2	0.4	1.1
Темно-каштановых почв	0.9	2.2	2.3	36.3	95.0	2.3	2.4
Каштановых почв	1.0	2.4	2.6	37.6	94.5	1.6	3.9
Светло-каштановых почв	1.6	3.1	3.4	46.2	91.9	1.9	3.7
Бурых почв	7.9	13.2	28.4	27.8	46.5	2.6	4.5
Серо-бурых и такыровидных почв	5.0	7.2	28.6	17.4	25.2	5.8	5.8
Среднее	3.2	7.6	12.3	29.3	60.6	2.3	4.9

Кроме солончаков, в Казахстане распространены и солонцы, они содержат водорастворимые соли не в самом верхнем горизонте, а на некоторой глубине, чем отличаются от солончаков. Они широко распространены в степной зоне, особенно в западной части пустынной зоны и в меньшей степени в пустыне, но редко – среди сероземов в северных и центральных районах Казахстана. Обычно солонцы встречаются в сочетании с зональными и интразональными почвами, реже всего массивами. Солонцы и солонцовые почвы занимают более 700 тыс. км² (особенно в сухих степных и пустынно-степных зонах). Комплексы с солонцами (10-30%) преобладают в сероземах. Площади солонцов и солонцовых комплексов в степной зоне увеличиваются к югу, и занимают 1/4 среди обыкновенных черноземов и почти половину площади в подзоне светло-каштановых почв. Солонцы и солонцовые комплексы охватывают более 90% от всех засоленных почв Казахстана. Согласно

данном, степи Казахстана можно назвать царством солонцов (Боровский, 1982).

Провинции соленакопления на территории Казахстана. Согласно гало-геохимическим структурам почв на территории Казахстана выделяются четыре провинции засоленных почв. Все эти области различаются друг от друга по генезису, составу и переносу солей (рис. 2). Три из них относятся к южной части Казахстана: (1) бассейн стока Каспийского моря с преобладанием сульфато-хлоридного и хлоридных соленакопления, (2) бассейн стока Аральского моря – хлоридно-сульфатного соленакопления, (3) бассейн стока оз. Балхаш содово-сульфатного соленакопления. Все эти три провинции имеют бессточные озера, являющиеся резервуаром воды и соленакопления. И эти три провинции соленакопления характеризуются увеличением засоленности почв и грунтовых вод по направлению продвижения геохимического стока к конечному солеприемнику (морям и озеру). Провинция бассейна стока Карского моря (4) с преобладанием хлоридно-сульфатного соленакопления охватывает весь Северный Казахстан и часть Центрального и Восточного Казахстана, при этом основная территория провинции расположена в Западной Сибири.

На карте почвенно-галогеохимических провинций выделены области полного и частичного накопления и переноса солей (рис. 2).

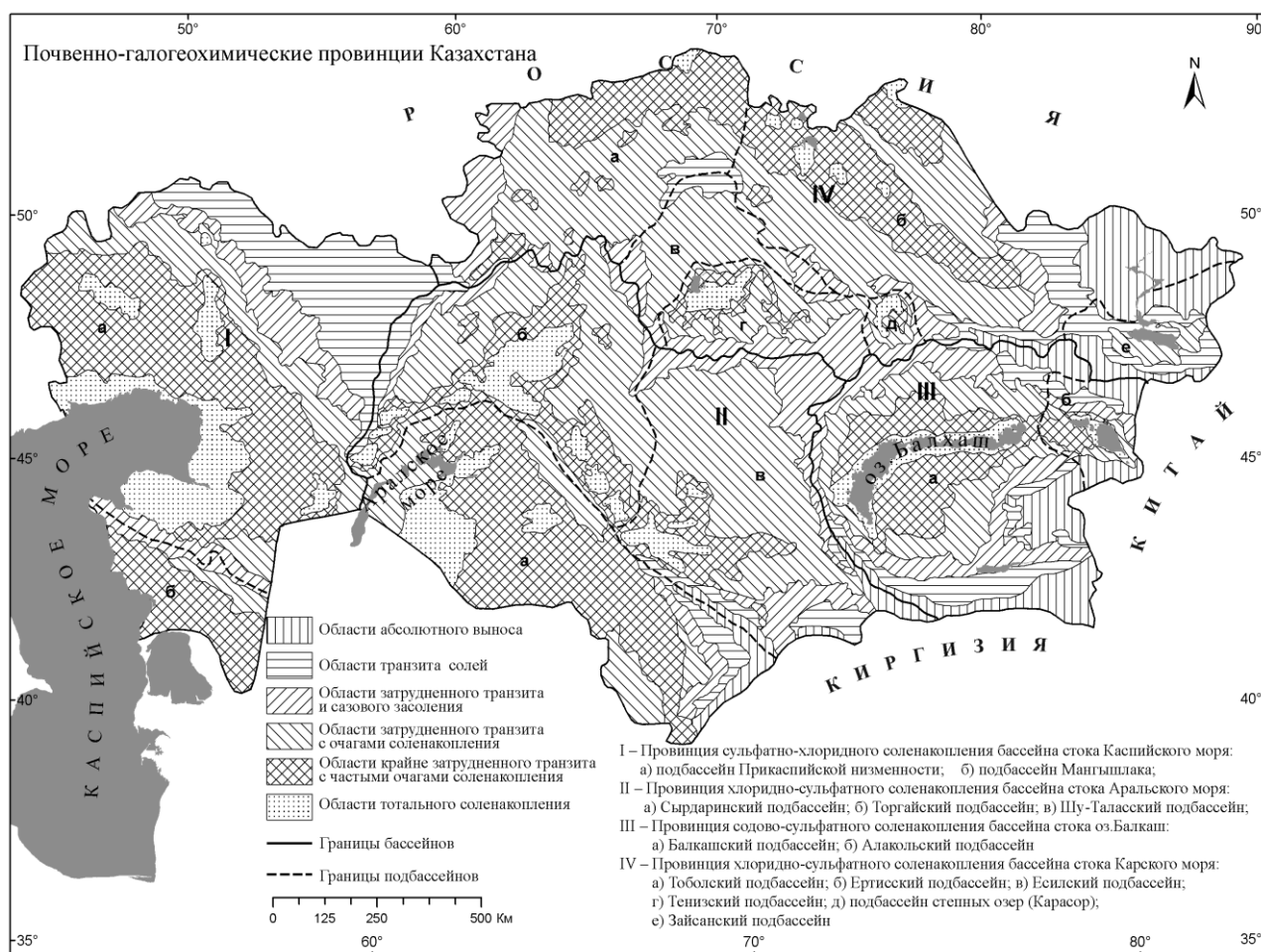


Рис. 2. Провинции соленакопления – почвенно-галогеохимические провинции Казахстана.

Провинция сульфатно-хлоридного соленакопления бассейна Каспийского моря. Прикаспийская низменность является областью процессов соленакопления в течение длительного геологического времени. Рыхлые отложения различного возраста являются основной массой солевых мигрантов в бассейне. В хлоридной провинции бассейна стока Каспийского моря, в почвах и грунтовых водах по мере роста засоленности происходит прогрессирующее накопление хлоридов (преимущественно хлоридов натрия), а также фиксируются соли бора в токсичной концентрации. Для оценки процессов соленакопления в Прикаспийской низменности важными являются соленосные породы пермского

периода. Они распространены на всей ее территории (Бочкарева, Сыдыков, 1973). В пустынной зоне, сульфатно-хлоридные и хлоридные типы почв преобладают во впадинах, в районе побережья моря и берегов соленых озер. Многочисленные гидрологические анализы показывают, что вода поверхностного стока, поступающей в Прикаспийскую низменность принадлежат по химизму к хлоридному типу (Ковда, 1950; Беркалиев, 1959; Паничкина и др., 1975). Летом и осенью в поверхностном стоке хлоридов содержится больше в несколько раз чем всех остальных солей. Стоком бессточных рек приносятся ежегодно до 350 тонн соли при этом не менее 50% хлоридов (Ковда, 1950). Соли, растворенные в водах Каспийского моря содержат 62.15% NaCl, а ежегодное поступление солей в море с речным стоком составляет 7.93×10^7 тонн (Страхов и др., 1954). Перенос ветром солей с моря на сушу имеет важное значение в солевом балансе бассейна Каспийского моря. В результате эолового процесса переносится очень большое количество солей (2×10^7 тонн) на прилегающие территории к Каспийскому морю, в котором хлориды доминируют среди прочих солей (Страхов и др., 1954).

Таким образом, существуют три основных источника соленакопления: а) растворение солей, содержащихся в морских отложениях соленосных пород пермского периода; б) приток солей путем поверхностного и подземного стока (гидрохимического стока); в) процесс импัลверизации (перенос солей с акватории моря на сушу). Все три источника имеют хлоридный состав и несут на территорию низменности, главным образом, хлориды натрия и частично магния (Боровский, 1982).

Провинция хлоридно-сульфатного соленакопления бассейна Аральского моря. Бассейн Аральского моря расположен в южной части умеренного пояса/зоны и почти в самом центре Евразии. Значительная часть бассейна покрыта возвышенными равнинами и плато. Западные берега моря окаймляет пустынное плато Устюрт, которое покрыто супесями, щелочными, серо-бурыми почвами с преобладающей полынно-солянковой растительностью. В северной части Аральского моря простираются Мугоджары – южное расширение Уральских гор. Эти горы играют важную роль в формировании атмосферных течений холодных фронтов. Значительные колебания среднегодовых температур характерны для климата региона бассейна Аральского моря. Средняя годовая температура колеблется от 8.4°C до 18°C. Средняя температура января от -9.7 до 3.6°C, а июля 25.4-32.4°C. Осадки выпадают интенсивно в основном в зимне-весенний период, от 90 до 450 мм/год на равнинах, включая низкие предгорья. Климат региона способствует сохранению и частичному накоплению солей в почвах и грунтовых водах (Панкова и др., 1996).

Бассейн Аральского моря занимает огромную территорию, от Устюрта на Западе до Чу-Илийских гор и Прибалхашья на востоке и простирается от Арало-Сибирского водораздела на севере до юга за пределами южной границы Казахстана. К нему относится почти весь Северный и Южный Тянь-Шань, пустыня Кызылкум, часть Каракумов, Алайский хребет, северные части Памира и Афганистана, где берут начало притоки Амударьи. Эта огромная площадь является главной базой орошаемого земледелия Республики. Площадь орошаемых земель в Казахстане достигает 23 тыс. км², из которых 16 тыс. км² находятся в южных регионах Республики, из них более 30% заняты растениеводством Казахстана (Almagambetov, Grigoruk, 2008).

По мере развития соленакопления в хлоридно-сульфатной провинции соленакопления бассейна Аральского моря прослеживается увеличение содержания хлоридов (преимущественно хлоридов натрия) в грунтовых водах, в почвах – сульфатов. В процессе минерализации грунтовых вод этого бассейна в основном происходит накопление хлоридов натрия и грунтовые воды имеют типичный хлоридный состав.

Сульфаты являются доминирующими, по сравнению с хлоридами в полупустынной и сухой степи, и характеризуются более или менее солончаковыми и солонцовыми почвенными комплексами. Почвы бассейна Аральского моря чрезвычайно разнообразны: от альпийских луговых почв нивальных зон высокогорья Тянь-Шань до сероземов предгорий. А на равнинных территориях распространены такыры, серо-бурые песчаные почвы пустыни с широким диапазоном гидроморфных почв в затопленных речных долинах и дельтах рек. Северная часть бассейна состоит из каштановых и бурых почв Южного склона Мелкосопочника (Центрально-Казахстанская бугристая область) и серо-бурых почв Палеоген-Мелового плато, непосредственно прилегающие к долинам рек Шу и Сырдарии (Боровский, 1982).

Провинция содо-сульфатного соленакопления бассейна оз.Балхаш. Бассейн оз. Балхаш имеет

обширную территорию, в юго-восточной части Казахстана граничит с Мелкосопочником (Центрально-Казахстанская бугристая область) и Тарбагатайским хребтом на севере и западе, Шу-Илийскими горами на юго-западе, Иле Алатау на юге, а на востоке с Жетысуским (Джунгарским) Алатау. В провинции Балхаш наблюдается подобная дифференциация хлоридов и сульфатов, как и в бассейне Аральского моря, но в провинции оз. Балхаш в засолении участвуют растворимые соли бора с повышенным содержанием бикарбоната соды (Боровский, 1982).

В бассейне Карского моря почвы наиболее засолены сульфатами (сульфаты натрия), а грунтовые воды – хлоридом натрия, но по мере продвижения геохимического стока к Карскому морю почвы и грунтовые воды опресняются.

На основе сопоставления почвенных, геологических и гидрогеологических материалов были выделены четыре провинций соленакопления на территории Казахстана. Эти провинции отличаются между собой генезисом, составом и переносом солей. Три провинции, которые принадлежат к бассейнам Каспийского, Аральского морей и оз. Балхаш характеризуются увеличением засоленности почв и грунтовых вод по направлению продвижения геохимического стока в сторону морей и озер (к конечному солеприемнику). Постепенное накопление хлоридов (большинство из них хлориды натрия) в почвах и грунтовых водах происходит в провинции хлоридного соленакопления Каспийского моря, а также в этой же провинции фиксируется токсическая концентрация солей бора. Содержание хлорида натрия (в основном натрия) растет в грунтовых водах, а сульфаты (преимущественно сульфаты натрия) – в почвах провинции хлоридно-сульфатного соленакопления бассейна Аральского моря.

При анализе данных этих провинций на основе наиболее распространенных оценок токсичности солевых сочетаний с засолением наблюдается особая токсичность в Прикаспийской низменности. В Прибалхашье большую опасность представляет возможное содовое засоление и бор.

Выводы

Засоленная почва является распространенным компонентом аридных ландшафтов. Засоление почв является одним из признаков деградации почв и значительно уменьшает их плодородие. Геологическое развитие территории, состав и структура отложений играет существенную роль в формировании различных видов солей и накоплений ее в провинциях. На основе обобщения и анализа многочисленных картографических материалов и в соответствии с гало-геохимической структурой почвы определены и выявлены четыре области соленакопления или почвенно-гало-геохимические провинции на территории Казахстана: 1 – провинция сульфатно-хлоридного и хлоридного соленакопления бассейна Каспийского моря, 2 – провинция хлоридно-сульфатного соленакопления бассейна Аральского моря, 3 – провинция содово-сульфатного соленакопления бассейна оз. Балхаш, 4 – провинция хлоридно-сульфатного соленакопления бассейна Карского моря. Каждая провинция имеет собственный тип засоленности почв и химические особенности, отличающихся по своему генезису, составу и переносу солей.

Особенности геологического строения, состава пород и современные физико-геологические процессы влияют на минерализацию почв и миграцию солей в почвах. Низменности Аральского моря и Прикаспийская впадина являются областями древних и современных регионов соленакопления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Асанбаев И.К., Фаизов К.Ш. 2007. Почвоведение с основами экологии и географии почв. Алматы: Казахский государственный университет. 218 с.
- Беркалиев З.Т. 1959. Гидрологический режим рек Центрального, Северного и Западного Казахстана. Алма-Ата. 278 с.
- Боровский В.М. 1978. Геохимия засоленных почв Казахстана. М.: Наука. 191 с.
- Боровский В.М. 1982. Формирование засоленных почв и галогеохимические провинции Казахстана. Алматы: Наука КазССР. 253 с.
- Бочкарева В.А., Сыдыков Ж.С., Джангириянц Д.А. 1973. Грунтовые воды Каспийской равнины и ее восточных побережий. Алма-Ата. 52 с.
- Гедройц К.К. 1955. Избранные труды. Т. 3. Применение удобрений, мелиорация почв и вегетационные опыты.

М.: Сельхозгиз. 560 с.

- Глинка К.Д.* 1931. Почвоведение. Москва-Ленинград: Сельхозгиз. 612 с.
- Ковда В.А.* 1950. Почвы Каспийской равнины. Москва: Издательство Академии наук СССР. 256 р.
- Ковда В.А.* 2008. Проблемы опустынивания и засоления почв в засушливых территориях мира. М.: Наука. 415 с.
- Лопатовская О.Г., Сугаченко А.А.* 2010. Мелиорация почв. Засоленные почвы. Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета. 101 с.
- Медеу А.Р.* 2010. Республика Казахстан. Ч. 3. Окружающая среда и экология. Алматы: Print-S. 520 с.
- Орлова М.А., Сейфуллина С.М.* 2006. Основные закономерности переноса пыли и соли в пустынной зоне Казахстана. Том II: Западная и Центральная Азия. С. 121-128.
- Орлова М.А., Сапаров А.С.* 2009. Глобальный саморегулируемой круговорот солей в природе. Алматы: Полиграфия-SERVIS К°. 209 с.
- Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А., Новикова А.Ф., Благоевлин Н.С.* 1996. Природное и антропогенное засоление почв в бассейне Аральского моря: География, генезис и эволюция. Москва: Институт почвоведения им. В.В. Докучаева. 187 с.
- Пачикина Л.И., Осина А.Н., Колесникова Н.Т.* 1975. Водный и солевой режим засоленных почв в низовьях реки Урал. Алма-Ата. 138 с.
- Страхов Н.М., Бродская Н.Г., Князева Л.М., Разживина А.Н., Турчаев М.А., Сапойников Д.Г., Шишова Е.С.* 1954. Образование осадков в современных водоемах. Москва: АН СССР. 791 с.
- Утешев А.С.* 1959. Климат Казахстана. Л.: Гидрометеиздат. 360 с.
- Фаизов К.Ш.* 1980. Почвы пустынной зоны Казахстана. Алма-Ата. 134 с.
- Фаизов К.Ш., Кененбаев С.Б., Мамутов Ж.У., Есимбеков М.Б.* 2006. География и экология почв Казахстана. Алматы: Қазақ Университеті. 348 с.
- Almaganbetov N., Grigoruk V.* 2008. Degradation of soil in Kazakhstan: Problems and Challenges // Soil Chemical Pollution. Risk Assessment. Remediation and Security. P. 309-320.
- Danayev E.* 2008. Feasibility of Wind Energy Development in Kazakhstan. Technical-Economical Analysis of Wind Farm Construction in the Almaty Region. MSc Thesis, Energy Systems and the Environment. Strathclyde University, United Kingdom. P. 1-134.
- Flowers T.* 2004. Improving crop salt tolerance // Journal of Experimental Botany Vol. 55. P. 307-319.
- Gamalero E., Berta G., Bernard R.G.* 2009. The use of Microorganisms to Facilitate the Growth of Plants in Saline Soils // Microbial Strategies for Crop Improvement. Berlin Heidelberg. Springer. P. 1-22.
- Munns R.* 2009. Strategies for Crop Improvement in Saline Soils. Salinity and Water Stress. Vol. 11. P. 99-110.
- UNDP.* 2002. Human Development Report, Kazakhstan. URL: <http://hdr.undp.org/> (дата обращения 02.02.17).

**ИНТЕНСИВНОСТЬ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ В АРИДНОЙ ЗОНЕ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА
МИНГЕЧАУРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)**

© 2017 г. Э.А. Гурбанов, С.А. Ганиева

*Азербайджанский архитектурный и строительный университет
Азербайджан, Аз. 1073, г. Баку, ул. А.Султанова, д. 11. E-mail:eldar_qurbanov_54@mail.ru*

Поступила 18.09.2016

Впервые на территории бассейна Мингечаурского водохранилища, находящегося в аридной зоне изучены рост и развитие оврагов. Выявлена степень податливости почв к размывающему действию дождевых вод. Проведены первые опытные работы по засыпке просадочных ям и оврагов. Получены количественные и качественные показатели овражной сети. Овражная эрозия охватывает всю площадь бассейна. На 68.3% площади расчлененность составляет 2.0-7.0 км/км² и более. Высока и плотность оврагов, местами она доходит до 15.6 шт./км². Среднегодовой рост оврагов составляет в длину 0.34-7.48 м, в ширину 0.20-2.48 м и в глубину 0.10-1.16 м. На интенсивность развития оврагов оказывает влияние их водосборная площадь.

Ключевые слова: аридная зона, овражная эрозия, интенсивность эрозии, деградация почв, смыв почв.

Аридная зона в Азербайджане занимает довольно большую площадь и используется в качестве зимних пастбищ, почвы здесь по своей природе очень податливы к эрозии, а условия рельефа благоприятны для ускоренного развития эрозионных процессов. Бессистемное использование пастбищ привело к повсеместному развитию плоскостного смыва, оголению склонов, интенсификации процессов размыва и смыва почв. Поэтому сохранение почв и повышение продуктивности зимних пастбищ в зоне недостаточного увлажнения является чрезвычайно важным для кормопроизводства в республике.

Особенно опасны процессы деградации для отгонного животноводства несоблюдение сроков выпаса способствует ухудшению физико-химических свойств почв, активизации эрозии почв, деградации органических веществ в почвах (Баламирзоев и др., 2012; Залибеков, 2000).

Территория аридной зоны относится к наиболее эрозионноопасным регионам Азербайджанской Республики. Основными причинами активного развития овражной эрозии многие ученые считают сильно расчлененный аридно-денудационный рельеф и преобладание склоновых земель, интенсивное использование пастбищ, значительное уменьшение содержания гумуса, высокая карбонатность почв и уменьшение противозерозионной стойкости почв. Эродированные в разной степени почвы занимают в аридной зоне 48% площади, в том числе 26.5% пашни и 62.3% пастбищ (Мусеибов, 2006).

Овражная эрозия, имеющая широкое распространение на аридных землях Азербайджана наносят огромный экономический ущерб и ежегодно сокращает площадь сельскохозяйственных угодий, в том числе и пастбищ. Исходя из этого, необходимо в первую очередь изучить ареалы распространения и интенсивность развития овражной эрозии, выявить факторы вызывающие ускоренную эрозию и разработать комплекс мероприятий по борьбе с овражной эрозией почв объекта исследований.

Материалы, методы и район исследований

Исследования проводились на почвах территории бассейна Мингечаурского водохранилища в период 2008-2014 гг. Изучение почв, их эродированности и интенсивности развития эрозионных процессов проводились сравнительно-географическим, экспериментальным и полустационарным методами. Изучались распространение типов, подтипов, видов и разновидностей почв по степени подверженности плоскостному смыву.

В целях установления влияния рельефа на развитие эрозии были составлены карты поверхности глубин

местных базисов эрозии, степени расчлененности территории овражно-балочной сети.

Изучение роста оврагов проводили путем замера их длины, ширины и глубины. Рост оврагов в длину был изучен путем сопоставления съемки 1985 года с аэрофотоснимками залета 2012 года. Измеряли длину основного ствола. Среднегодовой рост оврагов вычислен по формуле

$$L = \frac{l_2 m_2 - l_1 m_1}{n} \quad \text{м/год} \quad (1),$$

где l_1 – длина оврага, измеренная в 1985 г., l_2 – длина оврага, измеренная в 2012 г., m_1 , m_2 – показатели масштабов съемки, n – количество лет, прошедших между залетами (Методические рекомендации ..., 1986).

Засыпку просадочных ям и оврагов проводили на наклонной равнине путем среза почвогрунта с прилегающего участка и перемещения его в ямы и овраги. Ширина срезанного участка в зависимости от глубины просадок варьировала в пределах от 7 до 10 м с обеих сторон.

Бассейн Мингечаурского водохранилища расположен в западной части Азербайджанской Республики. Территория находится на третичном плато и занимает площадь в 72 тыс. га (без водной поверхности).

В геологическом строении объекта исследований принимают участие верхнеплиоценовые морские, континентальные и четвертичные континентальные образования. Отложения верхнего плиоцена дислоцированы и представлены в основном глинами и песчаниками. Мощность их варьируется в пределах 400-1400 м. Четвертичные отложения состоят из песков, песчаников, конгломератов и галечников.

Участки с наибольшей глубиной местных базисов эрозии (по 300 м и более) приурочены к антиклинальным низкогорным хребтам Коздаг и Ходжашен, сравнительно мелкие глубины (около 100 м) отмечаются в западной части бассейна и прибрежной полосе водохранилища.

Величины уклонов поверхности в районе исследования меняются в больших пределах – от 0 до 45°. Участки с уклонами менее 3°, где плоскостной смыв почв отмечается местами, занимают 37.7% всей площади бассейна. Для таких участков характерно наличие просадок и образование современных размывов. Склоны со сравнительно большой крутизной (3-10°) охватывают 29.2% всей площади и распространены преимущественно в шлейфовой части. На остальной части территории крутизна склонов составляет 10-45° и более, здесь высоко развиты плоскостной смыв и овраги.

Среднегодовое количество атмосферных осадков составляет 290-300 мм, выпадающие временами интенсивные дожди способствуют сильным смывам и размывам. В этой зоне дожди интенсивны, 2 мм/мин могут выпадать в течение 5 минут, а интенсивность 0.9 мм/мин – в течении 30 минут.

Растительность представлена сообществами солодки, эфемеров и полыней, её скудное развитие на крутых склонах не обеспечивает защиту почв и грунтов от действия дождевых вод.

Бассейн находится целиком в аридной зоне, где повсюду распространены почвы полупустынного типа почвообразования. Более ранними исследованиями, здесь выявлены и закартированы горные серо-коричневые светлые и серо-бурые почвы различной степени солонцеватости и мощности мелкозернистого слоя, гранулометрического состава, степени эродированности.

В бассейне Мингечаурского водохранилища горные серо-коричневые почвы отличаются в основном тяжелым гранулометрическим составом. Это обусловлено широким развитием акчагыльских и апшеронских глинистых материнских пород. На менее крутых склонах с наличием растительности и с меньшей эрозией встречаются и супесчаные почвы, а на наклонной равнине, где отсутствует эрозия – суглинистые.

В серо-коричневых светлых почвах в зависимости от степени смываемости и гранулометрического состава содержание гумуса варьирует в пределах от 0.41 до 2.52%. Описываемые почвы бедны также питательными веществами. Содержание подвижного фосфора в несмытых почвах меняется в пределах от 2.5 до 12.6 мг/кг. По всему профилю они карбонатные, содержание достигает 12.8%. Только в верхних слоях несмытых почв, развитых на наклонной равнине, содержание водопрочных агрегатов >1.0 мм доходит до 43.8%, а в смытых почвах варьирует в пределах 1.6-34.2%.

В районе распространения серо-бурых почв в составе растительного покрова преобладают полынно-эфемерные ассоциации. Почвообразующие породы в основном состоят из лессовидных суглинков. Характерной особенностью серо-бурых почв является монотонность профиля. Сильносмытые почвы отличаются светло-серой окраской и бесструктурностью верхнего горизонта. Содержание гумуса небольшое – 1.78% в верхнем горизонте, валовой азот составляет 0.10%. Эти величины в эродированных разностях уменьшаются, доходя в сильносмытых почвах до 0.67% гумуса и 0.005% азота.

Серо-бурые почвы весьма податливы размывающему действию воды. Установлено, что даже в несмытых почвах сумма водопрочных агрегатов размером >1 мм по профилю варьирует в пределах 1.4-27.4%.

Результаты и их обсуждение

В последние 30-50 лет в аридных регионах на территории СНГ получило широкое распространение исследование овражной эрозии (Алиев и др., 1987; Баламирзоев и др., 2012; Залибеков, 2000; Мусейбов, 2006; Зорина, 2003; Махсудов, 1989).

Многие исследователи аридных регионов отмечали формирование современного рельефа, созданного эрозией временных водотоков в условиях очень сухого климата с малым количеством осадков (Маккавеев, 1955; Любимов, 2002; Мусейбов, 2006). Еще Н.И. Маккавеев в 1955 году убедительно доказал, что хорошая сохранность эрозионных форм в аридном климате следствие, во-первых, коротких и редких, но сильных ливней и во-вторых, малой интенсивности денудации склонов, что и создает эффект свежести как бы законсервированных в первозданном виде эрозионных форм (Маккавеев, 1955).

Овраги аридной зоны различаются условиями и механизмом образования (Асоев, 2012; Ахмедов, 1977; Нигматов, 1993).

Оврагообразование в аридной зоне происходит неравномерно. В момент ливней отмечается заметный, иногда даже бурный рост, а затем наступает этап длительной консервации эрозионных форм. При этом в периоды консервации сохраняются все признаки «свежести» вреза: крутые отвесные стенки в вершине и вдоль бортовых откосов оврагов. Процесс естественного отмирания оврага аридной зоны, как правило, сопровождается аккумуляцией материала, поступившего на днище из верхних частей водосборов и делювия со склонов (Любимов, 2002; Любимов, Ковалев, 2006).

В аридных условиях под эрозией на пастбищах обычно понимают процессы разрушения верхних слоев почвы при выгоне скота или под действием поверхностного стока воды, который образуется при атмосферных осадках.

После пастбы скота даже в местах, остающихся покрытыми травяной растительностью верхний слой почвы на глубину 2-3 см оказывается распыленным. В оголенной, не защищенной растительностью и дерниной почве, резко снижается водопроницаемость. Капли дождя на этих участках разрушают структуру и заиливают поры почвы, в результате происходит струйчатые размывы.

Овражная эрозия на пастбищах обычно развивается при неумеренном выпасе, что связано со следующими обстоятельствами: уплотнением поверхностного слоя почвы и соответствующим снижением водопроницаемости почв, увеличением поверхностного стока, распылением копытами животных верхнего слоя почвы и дернины, снижением поверхностного покрытия в результате стравливания надземных частей растений и их изреживания, а также выпадения из ценозов лишайников и водорослей.

В регионе исследования в стадии развития оврагов отмечаются некоторые сходства и различия, обусловленные особенностями природных условий аридной зоны. В подгорной и наклонной равнине, сложенной из однородных рыхлых пород, переход от 2-ой стадии развития оврага – врезания висячего оврага в третью стадию развития оврагов – стадию выработки «профиля равновесия» – идет ускоренным темпом. Здесь отсутствует «ступенчатый продольный профиль русла оврага». Поэтому в одном и том же овраге расстояние между вершинами перепадов (2-ая стадия) и «профилем равновесия» (3-я стадия) незначительно. В дальнейшем переход третьей стадии оврага в 4-ю и 5-ю затягивается ввиду большого углубления, связанного с изменением уровня воды в водохранилище и податливости пород к размыву. В данной местности в 4-ой стадии развития оврага угол устойчивости откоса не может превышать $5-7^\circ$, поэтому в местах, где овраги имеют глубину 5-10 и более метров, переход из 3-ей стадии в 4-ю продолжается долго.

Длительное время занимает и переход 4-ой стадии в 5-ю вследствие сухости климата, повлекшей за собой развитие той растительности, которая не может закреплять поверхность почвы. Поэтому в аридных регионах первостепенное значение имеет предупреждение развития оврагов.

Проведенными исследованиями установлено, что овражная эрозия в Азербайджане наиболее широкое распространение получила в аридно-денудационных предгорьях, куда входит и бассейн Мингечаурского водохранилища. Интенсивное развитие овражной эрозии в сочетании с суффозионно-просадочными явлениями и глинистым псевдокарстом привели к развитию в целом ряде зон и участков бедленда, непригодного для освоения. Вымываемый со склонов твердый материал поступая в Мингечаурское

водохранилище, ускоряет процесс его заиления. Степень расчлененности территории овражной сетью весьма различна. Данные о степени расчлененности площадей приводятся в таблице 1, из которой видно, что лишь 8.3% площади бассейна расчленено в слабой степени ($<0.5 \text{ км/км}^2$). Основная часть территории (83.1%) характеризуется средней и сильной расчлененностью, где ее величина варьирует в пределах от 0.5 до 5.0 км/км^2 , имеет место в бассейне и очень сильная расчлененность превышающая 5.0 км/км^2 , она занимает небольшую площадь – 8.6% от общей площади. На территории бассейна различна и плотность оврагов – их величина изменяется в пределах от 0.1 до 15.5 шт./км^2 (табл. 2).

Таблица 1. Распределение территории бассейна Мингечаурского водохранилища по степени расчлененности.

Группы расчлененности территории оврагами	Степень расчлененности, км/км^2	Площадь каждой градации расчлененности		Площадь групп расчлененности	
		га	%	га	%
Слабая	<0.3	3950.0	5.4	6007.5	8.3
	0.3-0.5	2057.5	2.9		
Средняя	0.5-1.0	3477.5	4.8	16900.0	23.4
	1.0-2.0	13522.5	18.6		
Сильная	2.0-3.5	15572.5	21.4	43435.0	59.7
	3.5-4.0	18480.0	25.4		
	4.0-5.0	9382.5	12.9		
Очень сильная	5.0-6.0	3212.5	4.3	6342.5	8.6
	6.0-7.0	2282.5	3.1		
	>7.0	847.5	1.2		

Таблица 2. Плотность оврагов на различной степени расчлененных участков.

Группы расчлененности территории оврагами	Степень расчлененности, км/км^2	Плотность оврагов, шт. км^2	
		средняя	варьирует
Слабая	<0.5	0.44	0.1-0.8
Средняя	0.5-2.0	1.00	0.1-5.0
Сильная	2.0-5.0	2.86	0.2-15.5
Очень сильная	5.0-7.0 и более	7.91	3.6-14.3

Данные средней плотности оврагов хорошо согласуются с данными степени расчлененности – при слабой степени расчленения в среднем на 1 км^2 площади приходится 0.44 оврага, а при расчлененности $5.0-7.0 \text{ км/км}^2$ и более – $2-7.91 \text{ шт./км}^2$.

Первая степень расчлененности ($<0.5 \text{ км/км}^2$) имеет большое распространение на наклонной равнине по берегам водохранилища, а в горной части бассейна участки с такой расчлененностью встречаются редко. Участки с расчлененностью от 0.5 до 5.0 км/км^2 встречаются везде, особенно в горной части, но они имеют место и в прибрежной полосе водохранилища. Наиболее расчлененные ($>5 \text{ км/км}^2$) участки отмечены в основном в районе Бабаелдаг и Боздаг, а также на северо-восточных склонах хребта Палантокен, обращенных крутыми склонами непосредственно к водохранилищу.

Определенный интерес представляет расчлененность территории отдельными овражными системами, порядками их разветвления, поскольку от этого в большой степени зависит интенсивность разрушения почвогрунта. В пределах исследуемой территории, площадь которой составляет 720 км^2 , имеются 750 овражных систем. Степень расчленения территории этих овражных систем меняется в пределах от 0.30 до 16.66 км/км^2 .

Интенсивность развития отдельных оврагов зависит от их водосборной площади. Но степень расчленения территории отдельных овражных систем в зависимости от площади их водосбора не установлена.

Исследованиями установлено, что из 79 овражных систем, имеющих небольшую водосборную площадь – от 0.02 до 0.47 км^2 только 4-я степень расчленения составляет менее 1.0 км/км^2 , а в 36 системах она доходит до $3.00-5.00 \text{ км/км}^2$, в 19-ти овражных системах – от 5.00 до 7.5 км/км^2 , в 12-ти – от 7.5 до

10.0 км/км². Расчлененность от 10.0 до 15.0 и более км/км² наблюдается в 5-ти овражных системах. В овражных системах, имеющих водосборную площадь 3.0-5.0 км², а таковых в бассейне имеется 20, степень расчленения в 9-ти овражных системах составляет 1-3 км/км², лишь в 3-х расчлененность доходит до 5-7.5 км/км². В овражных системах, имеющих наибольшую водосборную площадь в пределах от 5.0 до 7.0 км² и более (до 28.8), степень расчленения невелика, варьирует в основном в пределах от 1 до 3 км/км², реже от 3 до 5 км/км² (табл. 3).

Как видно из вышеизложенного, степень расчленения отдельных овражных систем не находится в зависимости от их водосборной площади. Более того, наибольшая расчлененность отмечается в овражных системах, имеющих наименьшую площадь, что связано с условиями их нахождения.

На территории бассейна овраги относятся в основном к I и II порядкам разветвления, но имеет место разветвления III и IV порядков. Наибольшие порядки разветвления имеют распространение в верхней части крутых склонов. Из имеющихся в бассейне 750 овражных систем лишь 111 врезаны на наклонную равнину и доходят до водохранилища, вынося с гор огромное количество продуктов эрозии. В ряде таких овражных систем даже густо произрастающей на сформированных руслах, гребенчик высотой до 8-10 м и диаметром ствола у корневой шейки до 10 см не может удержать селевые потоки и вынесенный с гор материал полностью доходит до водохранилища.

Таблица 3. Количество овражных систем с различной площадью водосбора и степенью расчлененности.

Площадь водосбора отдельных овражных систем, км ²	Степень расчлененности овражных систем							Количество овражных систем, шт.
	<1	1-3	3-5	5-7.5	7.5-10	10-15	>15	
до 0.5	4	3	36	19	12	4	1	79
от 0.5 до 1.0	-	3	22	7	-	-	-	32
от 1.0 до 3.0	-	14	27	4	1	-	-	46
от 3.0 до 5.0	-	9	9	2	-	-	-	20
от 5.0 до 7.0	-	4	3	-	-	-	-	7
>7.0	-	5	1	-	-	-	-	6

Таблица 4. Группировка современных оврагов по интенсивности роста (по аэрофотоснимкам).

Группы	Среднегодовой рост, м	Количество измеренных оврагов	
		шт.	%
Средняя	<2	2	5
Сильная	2-5	12	32.4
Очень сильная	5-15	23	62.6
Всего		37	100

В изучаемом регионе рост оврагов ускоряется в местах образования трещин и просядок, особенно широко развитых на правобережной равнине. Если эти трещины и просядки образуются вдалеке от существующих оврагов и крутого берега водохранилища, то их рост впоследствии затухает, а там, где трещины и просядки доходят до оврага, они, развиваясь, переходят в эрозионные формы и ускоряют расчленение территории. Протяженность таких трещин и просядок, выстроенных в одну линию, иногда доходит до 100-180 м. Ширина трещин в начальной стадии составляет около 3-5 см, местами даже меньше. Размер просядок также различен, наибольший диаметр воронок доходит до 3.7 м, а глубина – до 8.0 м.

Интенсивность развития овражной эрозии в аридной зоне обусловлена резкими гидрометрическими контрастами, легким механическим составом почв и грунтов (в основном супесчаным и легкосуглинистым), большой крутизной склонов, сильной изреженностью растительного покрова. Наблюдения над ростом оврагов показали, что в бассейне Мингечаурского водохранилища овраги развиваются весьма интенсивно.

При исследовании водной эрозии почв важно определить интенсивность развития оврагов с помощью аэрофотосъемки (Методические рекомендации ..., 1986; Рожков и др., 1987).

С целью изучения интенсивности роста оврагов проведено сопоставление съемки 1985 года со снимками залета 2012 года. Замеры длины оврагов проводились в 37 овражных системах. Выяснилось, что и в прошлые годы интенсивность роста оврагов была высокой – за 27 лет в этих овражных системах

среднегодовой рост варьирует в пределах от 1.48 до 14.8 м. Изученные таким путем овраги по интенсивности роста сгруппированы в таблице 4.

Как видно из этой таблицы, в 62.6% современных оврагах интенсивность роста очень сильная (среднегодовой рост равен 5-15 м). Лишь в 37.8% оврагах она средняя и слабая (до 5 м в год).

В процессе сопоставления аэрофотоснимков залета 2012 г. со съемками 1985 г. выявлены и новообразующиеся овраги. Хотя длина таких оврагов различна и доходит до 720 м, установить среднегодовой их рост невозможно, так как начало их развития неизвестно.

Наблюдения над ростом современных оврагов показывают, что в бассейне Мингечаурского водохранилища овражная эрозия развивается интенсивно, появляются новые овраги, охватывая новые пастбищные земли, а водохранилище заливается ежегодно выносимым из оврагов желтоземом, исчисляемым тысячами кубометров.

Выводы

В аридной зоне природные (рельеф, литология, растительность, климат, почва и др.) и антропогенные факторы благоприятствуют оврагообразованию. Высока потенциальная опасность врагообразования на пастбищных землях – подгорных делювиально-пролювиальных равнинах, сложенных четвертичными отложениями с их серо-бурыми почвами и изреженной растительностью.

На интенсивность развития оврагов также оказывает влияние их водосборная площадь. Овражная эрозия охватывает всю площадь бассейна. На 68.3% площади расчлененность составляет 2.0-7.0 км/км² и более. Высока и плотность оврагов; местами она доходит до 15.6 мм/км².

Впервые проведено сравнение интенсивности роста в длину и по площади оврагов по материалам аэрофотосъемки двух сроков залета. В среднем, за 27 лет интенсивность роста оврагов является высокой, среднегодовой рост варьирует в пределах от 1.48 до 14.8 м.

В целях ослабления эрозионных процессов и уменьшения интенсивности его расширения необходимо вести организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия. Организационно-хозяйственные и агротехнические меры борьбы должны быть осуществлены на всей территории бассейна, а лесомелиоративные и гидротехнические в оврагах и приовражной площади на наклонной равнине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алиев А.Г., Аббасов Н.А., Искандарова Р.Г.* 1987. Изучение интенсивности роста оврагов по аэрофотоснимками // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. М.: Изд-во МГУ. С. 110-111.
- Асоев Н.М.* 2012. Эрозия и противоэрозионные мероприятия в зоне орошаемого земледелия Таджикистана. Автореф. дисс. ... док. с/х. наук. Душанбе. 40 с.
- Ахмедов Х.* 1977. Овражная эрозия в Таджикистане // Геоморфология. № 3. С. 24-28.
- Баламирзоев М.А., Раджабова П.А., Аличаев М.М.* 2012. Особенности почвообразования и развитие почвенно-эрозионных процессов в условиях горного Дагестана // Почвоведение в России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции к 85-летию Почвенного Института им. В.В. Докучаева. Москва. С. 466-471.
- Залибеков З.Г.* 2000. Процессы опустынивания и их влияние на почвенный покров. М.: Наука. 219 с.
- Зорина Е.Ф.* 2003. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. Москва, Изд-во ГЕОС. 168 с.
- Любимов Б.П.* 2002. Геоморфологические особенности овражной эрозии в аридной зоне // Геоморфология. № 2. С. 18-25.
- Любимов Б.П., Ковалев С.Н.* 2006. Особенности развития овражной эрозии во времени в различных условиях // Геоморфология. № 3. С. 66-77.
- Мусеилов М.А.* 2006. Физическая география Азербайджана. Баку: Изд-во Маариф. 446 с.
- Маккаев Н.И.* 1955. Русло реки и эрозия в ее бассейне. Москва: Изд-во МГУ. 348 с.
- Махсудов Х.М.* 1989. Эрозия почв аридной зоны Узбекистана. Ташкент: Изд-во ФАН. 168 с.
- Методические рекомендации по применению материалов аэрофотосъемок для исследования и расчета характеристик водной эрозии почв. 1986. Ленинград: Изд-во Гидрометеиздат. 109 с.
- Нигматов А.Н.* 1993. Овражная эрозия и техногеннонарушенные земли Узбекистана, географические аспекты их мелиорации и рекультивации. Автореф. дисс. ... док. географ. наук. Москва. 43 с.
- Рожков А.Г., Ельцова Н.Н., Гайворон Т.Д.* 1987. Применение космических и аэрофотоснимков для дешифрирования овражной эрозии // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. Москва: Изд-во МГУ. С. 107-108.

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК: 581.6+631.6(574.54)

ОЦЕНКА ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ДИНАМИКИ БЕЛОЗЕМЕЛЬНОПОЛЫННИКОВ
(*ARTEMISIA TERRAE-ALBAE*) В СЕВЕРНОМ ПРИАРАЛЬЕ¹

© 2017 г. Л.А. Димеева, В.Н. Пермитина, Б.М. Султанова, К. Усен, В.В. Лысенко

Институт ботаники и фитоинтродукции
Министерства образования и науки Республики Казахстан
Казахстан, 050040, г. Алматы, ул. Тимирязева, д. 36-Д. E-mail: l.dimeyeva@mail.ru

Поступила 29.01.2016

В статье обсуждается восстановительная динамика растительного покрова и почв после коренной фитомелиорации белоземельно-полынных пастбищ (*Artemisia terrae-albae*) на бурых пустынных солонцеватых почвах Северного Приаралья. Эксперимент был заложен в конце 70-х годов прошлого века. Для создания сеяного пастбища использовали житняк (*Agropyron desertorum*). Вспашка привела к разрушению природных растительных сообществ и почв. Низкая всхожесть семян житняка способствовала распространению сорных однолетников, которые затормозили демутацию естественной растительности на 10 лет. В настоящее время развитие растительного покрова залежи достигло позднесукцессионной стадии, для которой свойственна пространственная и синузильная структура зональных растительных сообществ. Почвы находятся на стадии восстановления морфогенетических признаков и свойств по типу пустынного почвообразования.

Ключевые слова: Республика Казахстан, Северное Приаралье, растительность, почвы, фитомелиорация, демутация.

Исследования проводились в регионе Северного Приаралья на территории Приаральского стационара «Терескент» Института ботаники и фитоинтродукции МОН РК в Шалкарском (ранее Челкарском) районе Актюбинской области. Стационар был организован в 1965 г. под руководством академика Национальной академии наук Республики Казахстан (НАН РК) Б.А. Быкова. На его территории осуществлялись комплексные эколого-геоботанические исследования пустынных экосистем, в том числе и по Международной биологической программе «Человек и биосфера» ЮНЕСКО/МАБ, проводились экофизиологические исследования и опыты по фитомелиорации (Пустынные стационары ..., 1988). Существенные результаты были достигнуты по улучшению деградированных пастбищ – созданию так называемых «агропустынь». Были проведены эксперименты по коренному, полукоренному и поверхностному улучшению пастбищ. Агропустыни, созданные по методу «полукоренного» улучшения, продемонстрировали перспективность подхода для северных пустынь (Быков, Бедарев, 1968), при котором на пастбищах чередуются полосы с естественным травостоем и кулисы кормовых трав, кустарников или полукустарников по распашке. В качестве фитомелиорантов были испытаны саксаул (*Haloxylon aphyllum*²), терескен (*Krascheninnikovia ceratoides*), изень (*Kochia prostrata*) и житняки (*Agropyron fragile*, *A. desertorum*). Этот метод был рекомендован для выбитых пастбищ, когда коренные виды несколько лет подряд не плодоносили, и в почве истощился запас семян. На 2-3 год после проведения фитомелиорации продуктивность пастбищ увеличилась в 2-2.5 раза по сравнению с исходной (Продуктивность ..., 1971; Быков, Савинкин, 1978). Для поверхностного улучшения проводили щелевание и боронование, что повысило урожайность пастбищ на 25-30% (Береснев, 1967).

Эксперимент по коренному улучшению был проведен в 1978 г., но его результаты не обсуждались. В настоящем сообщении мы рассматриваем два аспекта этого вопроса. Во-первых, каковы закономерности вторичной сукцессии и восстановительной динамики почвенно-

¹ Исследования проводились при финансовой поддержке гранта «Устойчивое функционирование и возможности реабилитации зональных экосистем Северного Приаралья» Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

² Латинские названия растений даны по работе С.К. Черепанова (1995).

растительного покрова после вспашки участка с коренной растительностью, во-вторых, насколько перспективно использование коренной фитомелиорации в Северном Приаралье.

Объекты и методы исследования

Северное Приаралье – обширный регион, расположенный севернее Аральского моря, занимающий площадь 66500 км² (Биоэкологические ..., 1968). По физико-географическому районированию Актюбинской области эта территория относится к геоморфологическому району Тургайского плато (Природные условия ..., 1969). Аридно-денудационное плато Северного Приаралья расчленено на останцовые столовые возвышенности, чередующиеся с глубокими бессточными солончаковыми впадинами в виде соров и такыров. Склоны останцов (чинков) обрывистые, высотой 40-60 м, в них обнажаются соленосные третичные глины. На денудированной равнине располагаются песчаные массивы – Большие и Малые Барсуки.

Климат региона очень сухой, умеренно жаркий, ГТК³ <0.4, ТК⁴ – 0.96-1.98 (Бедарев и др., 1971; Агроклиматические ресурсы ..., 1974; Долгих, 2010). Атмосферная засуха⁵, рассчитанная по ГТК, составляет 0.4-0.6; сумма осадков за год – 100-150 мм; сумма температур выше +10°C – 3000-3020°C, что характеризует положение территории в подзоне северных пустынь. Январь – самый холодный месяц, средняя температура составляет -13°C (станция Саксаульская), абсолютный минимум -42°C. Лето сухое и жаркое. Средняя температура июля достигает +26.8°C, абсолютный максимум +44°C. Продолжительность безморозного периода – 226 дней. Период с температурой выше 10°C длится около 173 дней. Переход через 10°C происходит 17 апреля и 23 октября. В течение года выражено преобладание весенних и раннелетних осадков. Относительная влажность воздуха в зимний период составляет 77%, в летний период – 24%. Средняя скорость ветра в течение года – 3.5 м/сек. В холодное время года преобладает северное направление ветра. Для лета характерно передвижение воздушных масс северо-западного, западного и южного направлений.

В Северном Приаралье нет постоянных рек, поверхностные воды имеют временный характер, они накапливаются за счет весенних талых вод и редких дождей в сорах и такырах. Столовые останцы имеют сеть сезонных водотоков, впадающих в близлежащие соровые депрессии. Грунтовые воды дренированных равнин находятся на значительной глубине (50-100 м), слабо минерализованы (1-2 г/л; Сергеев, 1937).

Северное Приаралье относится к пустынной зоне, подзоне северной пустыни с развитием подтипа бурых пустынных почв (Природные условия ..., 1969; Новикова и др., 1968). По природному районированию территория входит в состав Приаральской области северо-пустынного котловинно-останцового плато с бурыми почвами и массивами песков. Господствующее место занимают бурые нормальные почвы плакоров. Широкое распространение получили бурые пустынные солонцеватые почвы, которые занимают волнистые равнины, встречаются по периферии бессточных впадин. На столовых плато формируются бурые пустынные малоразвитые почвы. Холмистые возвышенности с крутыми склонами, подверженными эрозии, характеризуются распространением бурых пустынных эродированных почв. Понижения рельефа заняты солонцами луговыми и луговыми солонцеватыми почвами. В бессточных депрессиях развиваются солончаки обыкновенные.

По ботанико-географическому районированию территория относится к Челкарскому округу Западно-Северотуранской подпровинции, Северотуранской провинции, Ирано-Туранской подобласти, Сахаро-Гобийской пустынной области, в пределах северных пустынь (Рачковская, Сафронова, 1994; Ботаническая география ..., 2003).

Растительность Северного Приаралья представлена двумя типами: полукустарничковыми и полукустарничково-кустарничковыми (песчаными) пустынями (Быков, 1968). Полукустарничковые пустыни развиваются в условиях волнистой делювиально-элювиальной равнины на зональных бурых пустынных почвах. На плакорной части равнины господствует эфемероидно-итсигеково-

³ ГТК – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова.

⁴ ТК – индекс биологической эффективности климата Н.Н. Иванова.

⁵ Атмосферная засуха – засуха, возникающая вследствие отсутствия осадков в сочетании с высокой температурой и пониженной влажностью воздуха, вызывающая угнетение или гибель растений.

белоземельнополынная (*Artemisia terrae-albae*+*Anabasis aphylla*+*Rheum tataricum*+*Poa bulbosa*+*Catabrosella humilis*) ассоциация (Быков, 1968). На останцовых плато встречаются сообщества *Arthrophytum pulvinatum* с участием *Asparagus breslerianus*, *Zygophyllum macropterum*, *Ferula nuda*, *Thalictrum isopyroides*, *Leontice incerta*. Эродированные пологие склоны характеризуются развитием комплексов эфемероидно-полынных (*Artemisia terrae-albae*, *Poa bulbosa*) и биюргуновых (*Anabasis salsa*) сообществ. Полукустарничково-кустарниковые песчаные пустыни занимают грядовые и бугристые пески массивов Большие и Малые Барсуки, доминируют кустарники (*Ammodendron bifolium*, *Calligonum commune*, *C. minimum*, *C. murex*, *Eremosparton aphyllum*) и полукустарнички (*Artemisia tomentella*, *A. arenaria*, *Kochia prostrata*).

В исследованиях применялись традиционные геоботанические и почвенные методы (Полевая геоботаника, 1959-1976; Быков, 1957; 1978; Почвенная съемка ..., 1959). На пробных площадках размером 100 м², фиксированных на местности прибором GPS Garmin EtrexTouch 25, проводились детальные геоботанические описания растительных сообществ. Описание растительности выполнялось на специальных бланках, включающих разделы, отражающие основные компоненты ландшафта (рельеф, почвы), условия увлажнения, пространственную структуру, взаимосвязь с экологическими факторами, факторы воздействия на растительность (природные и антропогенные) и т.п. Выявлялся флористический состав сообщества, для каждого вида определялась: высота, ярус, обилие (по шкале Друде), жизненное состояние видов (по шкале А.А. Гроссгейма), фенофаза, а также общее и частное проективное покрытие видами почвы, характер распределения видов (группами, диффузно). Сбор гербария проводился при описании растительных сообществ. Определение видов растений осуществлялось при камеральной обработке собранного материала с использованием «Иллюстрированного определителя растений Казахстана» (1969, 1972) и «Флоры Казахстана» в 9 томах (1956-1966) с учетом последних таксономических изменений (Черепанов, 1995).

Участок коренного улучшения был заложен в 1978 г. на слабонаклонной равнине с белоземельнополынными пастбищами, развивающимися на бурых пустынных солонцеватых почвах. Площадь участка 1 га. Методы фитомелиорации: вспашка с оборотом пласта на глубину 20-22 см с подзимним посевом семян житняка пустынного (*Agropyron desertorum*). Описание почвенно-растительного покрова того периода не сохранилось, поэтому мы применили метод аналогий. На территории, прилегающей к мелиорированному участку, заложена пробная площадка 100 кв. м с естественной растительностью, на которой не проводились мероприятия по уходу. Эта площадка использована в качестве контроля.

Для оценки восстановительной динамики растительного покрова были заложены по 3 площадки размером 4 м² (2×2 м) на мелиорированном (экспериментальном) участке и естественном (фоновом), расположенном в 150 м. На каждой площадке определялась численность доминантов, субдоминантов и наиболее обильных членов сообщества. Проводились измерения длины, ширины и высоты каждого экземпляра полыни, после чего вычислялись средние показатели, на основе которых определялось проективное покрытие. Для оценки количества всходов полыни закладывались по 5 площадок площадью 1×1 м².

Почвенный покров изучался на примере двух разрезов: на экспериментальном участке (залежь) и на участке фонового состояния (целина). В методическом отношении исследовались почвы до уровня 50 см, что обусловлено глубиной нарушения при вспашке (20-22 см) и возможными изменениями при восстановлении в этом диапазоне глубин.

Результаты и их обсуждение

Сравнительный анализ морфогенетических свойств бурых пустынных почв участков разного использования. Бурые почвы территории обследования формируются в условиях глубокого залегания грунтовых вод, отличаются относительно небольшой мощностью гумусового горизонта, малой гумусностью и низким содержанием элементов зольного питания, малой емкостью поглощения. Эти особенности почв являются следствием биоклиматических условий почвообразования (малое количество осадков, высокие летние и низкие зимние температуры), определяющие преобладание в растительном покрове ксерофитных полукустарничков и солянок при незначительном участии злаков и разнотравья.

Фоновый участок. Бурые солонцеватые почвы ненарушенного участка отличаются небольшой

мощностью гумусового горизонта ($A+B_1=30$ см), вскипанием от соляной кислоты с 26 см при наличии видимых выделений карбонатов в профиле с глубины 30 см, отсутствием выделений водорастворимых солей. Для морфологического строения почв характерно наличие слабо уплотненной пористой корки (A_0 0-2 см) палево-серой окраски, разбитой на полигональные отдельности, под которой выделяется гумусово-элювиальный горизонт (A_1 2-8 см) рыхлого сложения, слоеватой структуры. Ниже залегает гумусово-иллювиальный горизонт (B_1 8-20 см) темной палево-бурой окраски, уплотненного сложения, трещиноватый, комковатой структуры. Глубже располагается иллювиальный карбонатный горизонт (B_k 20-30 см) неоднородно окрашенный, желтовато-бурый с белесыми пятнами карбонатов, плотного сложения, комковато-ореховатой структуры.

Почвы содержат незначительное количество гумуса (0.72%; табл. 1) и азота (0.070%) в поверхностном горизонте, которое постепенно снижается с глубиной и узким отношением углерода к азоту ($C:N=4.8:6.0$). Количество карбонатов в верхней части профиля низкое, максимум обнаружен в иллювиально-карбонатном горизонте. Реакция почвенного раствора слабощелочная с увеличением щелочности вниз по профилю. Сумма поглощенных оснований невелика (12.5-17.9 мг-экв. на 100 г почвы). В составе поглощенных оснований преобладают катионы кальция (32-50% от суммы поглощенных оснований) и магния (47.5-68% от суммы). На долю обменного натрия приходится 0.9-2.5% от суммы. Полуметровый слой почв не засолен легкорастворимыми солями. По гранулометрическому составу почвы глинистые с преобладанием фракций крупной пыли (31.87%) и ила (28.24%). Формирование коркового горизонта почв глинистого гранулометрического состава обусловлено эрозийными процессами, переносом и отложением продуктов разрушения с чинка.

Экспериментальный участок. Бурые солонцеватые почвы экспериментального участка (залежи) отличаются мощностью гумусового горизонта ($A+B_1$) равной 29 см, вскипанием от соляной кислоты с 29 см при наличии видимых выделений карбонатов в профиле с глубины 32 см, отсутствием выделений водорастворимых солей. Для морфологического строения почв характерно наличие хрупкой пористой корки (A_0 0-2 см) палево-серой окраски, разбитой на слабо сформированные полигональные отдельности, под которой выделяется гумусово-элювиальный горизонт (A_1 2-8 см) рыхлого сложения, пылеватой структуры. Ниже залегает гумусово-иллювиальный горизонт (B_1 8-19 см) палево-бурой окраски, уплотненного сложения, пылевато-комковатой структуры. Глубже располагается иллювиальный карбонатный горизонт (B_k 19-21 см) желтовато-бурой окраски с крупными белесыми пятнами карбонатов, плотного сложения, комковато-ореховатой структуры.

Почвы содержат незначительное количество гумуса (0.75%; табл. 1) и азота (0.070%) в поверхностном горизонте, которое постепенно снижается с глубиной и узким отношением углерода к азоту ($C:N=3.6:6.2$). Количество карбонатов в верхней части профиля низкое, максимум обнаружен в иллювиально-карбонатном горизонте. Реакция почвенного раствора слабощелочная с увеличением щелочности вниз по профилю. Сумма поглощенных оснований невелика (8.9-15.5 мг-экв. на 100 г почвы). В составе поглощенных оснований преобладают катионы кальция (47.5-61% от суммы поглощенных оснований) и магния (32-44.7% от суммы). На долю обменного натрия приходится 2.2-6.0% от суммы. Полуметровый слой почв не засолен легкорастворимыми солями. По гранулометрическому составу почвы легкосуглинистые с преобладанием фракций мелкого песка (70.08%) и крупной пыли (12.09%).

Как показали исследования, почвы участков характеризуются морфологическим строением профиля, характерным для пустынного типа почвообразования. Дифференциация на генетические горизонты исследуемой части профиля почв ясно выражена. Выделяются поверхностный корковый, гумусово-элювиальный, гумусово-иллювиальный, иллювиальный карбонатный, совмещенный с солонцеватым горизонты. Сравнительный анализ показал, что почвы залежи имеют гумусовый горизонт ($A+B_1$) мощностью 29 см, который на 1 см меньше мощности гумусового горизонта фоновых почв. Корковый горизонт нарушенных в прошлом почв имеет менее плотное сложение, чем горизонт фоновых почв. В гумусово-элювиальном горизонте отсутствует слоеватость, присущая природным аналогам. Структура гумусово-иллювиального горизонта не сформированная, пылеватая в отличие от комковатой структуры горизонта ненарушенных почв. Иллювиально-карбонатный горизонт нарушенных почв сохраняет морфологические признаки исходных почв по цвету, сложению и структуре.

Данные аналитического исследования показали, что в верхнем корковом горизонте бурых почв многолетней залежи, количество гумуса и общего азота соответствует фоновым значениям (табл. 1). В обоих случаях верхняя часть профиля почв выщелочена от карбонатов, максимум которых наблюдается в карбонатном горизонте. Горизонты сохраняют слабощелочную реакцию при увеличении щелочности с глубиной. Сумма обменных оснований в верхних горизонтах снижена на 2-4 мг-экв. на 100 г почвы по сравнению с ненарушенными аналогами, но в обоих вариантах наблюдается постепенное увеличение значений с глубиной. Полуметровый слой почв в обоих вариантах не засолен легкорастворимыми солями. В почвах экспериментального участка выражено обеднение илистой фракцией верхних горизонтов, возникшее после вспашки и начавшихся процессах дефляции с выносом мелкоземистого материала.

Таблица 1. Сравнительные показатели бурых пустынных почв исследованных участков.

Глубина, см	Гумус, %	Углекислота, %	pH	Сумма поглощенных оснований, мг-экв	Натрий обменный, %	Сумма солей, %	Сумма частиц <0.01 мм, %
Экспериментальный участок							
0-2	0.75	0.22	7.5	10.14	3.0	0.050	16.93
2-10	0.68	0.11	7.8	8.94	3.6	0.037	16.12
10-29	0.44	0.10	8.1	12.69	2.2	0.032	25.41
29-40	0.38	2.39	8.3	15.35	3.4	0.056	33.79
40-50	0.44	3.51	8.6	15.54	6.0	0.077	36.44
Фоновый участок							
0-2	0.72	0.25	7.6	12.66	2.4	0.028	60.52
2-10	0.68	0.05	7.7	12.46	2.5	0.018	25.13
10-30	0.58	0.57	8.1	15.84	0.9	0.023	35.26
30-50	0.38	5.31	8.3	17.89	1.7	0.031	41.92

Характеристика растительного покрова участков разного использования. Последовательность вторичной сукцессии на экспериментальном участке после проведения коренной фитомелиорации была восстановлена на основе дневниковых записей и фотографий.

1-2 год: разреженные всходы житняка (*Agropyron desertorum*);

3-10 годы: сорнотравная стадия (*Lappula semiglabra*, *Gyrgensohnia oppositiflora*, *Salsola tamariscina*, *Polycnemum arvense*) с единичным житняком (*Agropyron desertorum*);

11-12 годы: поселение единичных особей изеня (*Kochia prostrata*);

13-17 годы: формирование изеневого (*Kochia prostrata*) сообщества;

18-20 годы: появление единичных особей полыни белоземельной (*Artemisia terrae-albae*);

21-24 годы: формирование изенево-белоземельнополынного (*Artemisia terrae-albae*, *Kochia prostrata*) сообщества;

с 25 года – развитие растительного покрова по зональному типу (белоземельнополынные – *Artemisia terrae-albae*).

На сорнотравной стадии преобладала липучка (*Lappula semiglabra*), в весенний период формировался густой покров, использующий почвенную влагу после таяния снега и осадков, ограничивающий прорастание других видов. На 10 год слой липучки был снят боронованием, после чего появились всходы изеня, что ускорило формирование зонального белоземельнополынного.

Обследование мелиорированного (экспериментального) и естественного (фонового) участков проводилось 14 июня 2015 г. и 30 мая 2016 г., когда большинство эфемеров и эфемероидов уже высохли и осыпались, поэтому, возможно, некоторые из них не учтены (фото 1, табл. 2).

Анализ таблицы 2 показал, что флористическое богатство мелиорированного участка ненамного больше (30 видов) по сравнению с естественным (26 видов). Только на экспериментальном участке отмечены: полукустарник (*Krascheninnikovia ceratoides*), многолетние травы (*Psathyrostachys lanuginosa*, *Tanacetum achilleifolium*, *Agropyron desertorum*), эфемероиды (*Iris songarica*, *Carex pachystylis*), эфемеры (*Eremopyrum orientale*, *Chorispora tenella*), однолетние солянки (*Salsola australis*,

Petrosimonia brachiata). Для обоих участков фиксируется переходная от слабой к умеренной степени антропогенной трансформации, которая связана с выпасом и индицируется тропинчатостью, следами пребывания скота, обилием эфемеров.

Таблица 2. Видовой состав безоземельнопопынных сообществ на сопоставляемых участках.

Виды	Мелиорированный		Естественный	
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
	Обилие по шкале Друде			
1	2	3	4	5
Полукустарники и полукустарнички				
<i>Artemisia terrae-albae</i>	sp-cop ₁	cop ₁	sp-cop ₁	cop ₁
<i>Anabasis salsa</i>	sol	sol	sol	sol
<i>Anabasis aphylla</i>	sol	sol	sol	sol
<i>Krascheninnikovia ceratoides</i>	sol	Un-sol	-	-
<i>Kochia prostrata</i>	-	-	sol	sol
Длительно вегетирующие многолетние травы				
<i>Stipa sareptana</i>	sol	sol	sol-sp	sol-sp
<i>Psathyrostachys lanuginosa</i>	sol	sol	-	-
<i>Tanacetum achilleifolium</i>	sol	sol	-	-
<i>Agropyron desertorum</i>	-	sol	-	-
Коротко вегетирующие многолетние травы (эфемероиды)				
<i>Rheum tataricum</i>	sol-sp	sol-sp	sol	sol
<i>Iris songarica</i>	sol	sol	-	-
<i>Megacarpa megalocarpa</i>	sol	sol	sol	sol
<i>Carex pachystilis</i>	sol	sol	-	-
<i>Prangos odontalgica</i>	sol	sol	sol	-
<i>Tulipa buhseana</i>	-	sol	sol-sp	sol-sp
<i>Takhtajaniantha pusilla</i>	-	-	sol	sp
<i>Leontice incerta</i>	-	-	sol	-
<i>Catabrosella humilis</i>	-	sol	sol	-
<i>Poa bulbosa</i>	-	sol-sp	-	sol
<i>Geranium transversale</i>	-	-	-	sol
<i>Allium decipiens</i>	-	Un-sol	sol	-
Длительно вегетирующие однолетники				
<i>Climacoptera brachiata</i>	sp-cop ₁	sol	sol	-
<i>Gyrgensohnia oppositiflora</i>	sol	sol	sp (cop ₁)	-
<i>Polycnemum arvense</i>	sol (sp)	Un-sol	sp (cop ₁)	sp (cop ₁)
<i>Ceratocarpus arenarius</i>	sol	sol	sol-sp	sol
<i>Salsola australis</i>	sol	Un-sol	-	-
<i>Polygonum acetosum</i>	sol-sp	-	-	-
<i>Bassia sedoides</i>	-	-	sol	-
<i>Petrosimonia brachiata</i>	-	sol	-	-
Коротко вегетирующие однолетники (эфемеры)				
<i>Alyssum turkestanicum</i>	sp	sol	sp-cop ₁	sp
<i>Lappula semiglabra</i>	sol	-	sp	cop ₁
<i>Ceratocephala testiculata</i>	sol	sol	sp-cop ₂	sp
<i>Descurainia sophia</i>	sol-sp	sol	sol	sol

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5
<i>Goldbachia laevigata</i>	sol	-	sol	-
<i>Eremopyrum orientale</i>	sol	sol	-	-
<i>Chorispora tenella</i>	sol	-	-	-
<i>Filago arvensis</i>	sol	Un-sol	-	sol
Лишайники				
<i>Parmelia vagans</i>	sol	sol	-	-
Общее проективное покрытие сообщества / проективное покрытие полыни белоземельной (%)	56/49	55/50	47/46	60/40
Число видов в сообществе	27	28	22	18
Всего видов (2015-2016 гг.)	30		26	

В травостое белоземельнополынных сообществ выделяются 2 основных яруса – верхний, высотой 15-30 (40) см, состоит из полыни белоземельной и нижний, высотой 5-15 см – из эфемеров. Весной в верхний ярус поднимаются генеративные побеги эфемероидов (мятлика, тюльпана, крупноплодника), а цветоносы ревеня превышают его. В горизонтальной структуре можно отметить микрогруппировки климакоптеры, которые образуют пятна площадью от 400 до 1700 см², а число особей в них варьирует от 10 до 43. В весенний период обильна синюзия эфемеров и эфемероидов. Анализ размеров, проективного покрытия, численности доминанта сообщества – полыни белоземельной выявил следующее. Средняя высота на естественном участке – 31 см, на мелиорированном – 27.6 см. Средние размеры растений на естественном участке больше – 28.2 см² по сравнению с экспериментальным (23.3 см²). Численность особей на 100 м² выше на экспериментальном участке (625 экземпляров по сравнению с 508 – на фоновом). Также отличается проективное покрытие полыни, которое выше на мелиорированном участке. Были выявлены различия в количестве всходов и иматурных особей полыни белоземельной (табл. 3, фото. 2). Всходов на фоновом участке больше в 1.5-4 раз. Подсчет иматурных особей (всходов прошлого года) показал, что их было больше на мелиорированном участке в 2015 г., а в 2016 г. – на естественном. Выживаемость всходов полыни 2015 года в 2 раза выше на фоновом участке.



Фото. 1. Панорама белоземельнополынных сообществ.

Исследования, проводившиеся на стационаре в конце 60-х годов прошлого столетия (Биоэкологические ..., 1968) показали, что основной причиной гибели всходов полыни является пересыхание поверхности почвы, нередко число выживших семян составляло менее 1% от числа весенних всходов.

Таблица 3. Количественные показатели возобновления популяций полыни белоземельной.

Число всходов на 1 м ²		Число иматурных особей на 1 м ²		Выживаемость всходов 2015 г., %
2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г. / 2016 г.
Мелиорированный				
7	71	36	1	14
Естественный				
30	108	6	9	30

Обсуждение результатов

Распашка земель относится к сильной степени антропогенного нарушения, т.к. происходит разрушение целостности структуры и сложения верхней части гумусового горизонта, перемешивание горизонтов, уменьшение поступления органического вещества при уничтожении растительности и снижение содержания гумуса и питательных веществ.

На основе проведенных исследований можно предположить, что за период после вспашки в 1978 году, бурые пустынные почвы при обследовании в 2016 году:

- восстановили дифференциацию на генетические горизонты; верхние горизонты, нарушенные вспашкой, в настоящее время отличаются менее плотным сложением и менее сформированной структурой по сравнению с почвами фонового участка;
- химический состав близок показателям фоновых почв по содержанию гумуса, валового азота, углекислоты карбонатов и их перераспределению по профилю;
- сумма поглощенных оснований в верхней части профиля снижена по отношению к фоновым почвам, что коррелирует с изменением гранулометрического состава;
- гранулометрический состав почв экспериментального участка изменен в результате возникших процессов дефляции и водной эрозии с выносом мелкоземистой части и опесчаниванием нарушенных горизонтов.



А



Б

Фото. 2. Всходы полыни белоземельной. Участки: (А) мелиорированный, (Б) естественный.

В растительном покрове обоих участков преобладает полынь белоземельная, которая позволяет судить о том, что растительность нарушенного участка находится на заключительной стадии демуляции. В составе сообщества на этом участке принимают участие полукустарники (*Krascheninnikovia ceratoides*), полукустарнички (*Anabasis salsa*), дерновинные злаки (*Stipa sareptana*) и однолетние солянки (*Climacoptera brachiata*, *Salsola australis*), характерные для исходных зональных сообществ. На обоих участках единично встречается биоргун (*Anabasis salsa*), который указывает на солонцеватость почв. Участие в сообществах ковыля сарептского, или тырсика (*Stipa sareptana*) характерно для подзоны северных пустынь. На естественном участке произрастают также эфемероиды (*Takhtajiantha pusilla*, *Leontice incerta*, *Geranium transversale*) – показатели

заполненности экологических ниш. Варьирование видового состава и проективного покрытия однолетних солянок (*Climacoptera brachiata*, *Gyrgensohnia oppositiflora*, *Polycnenum arvense*, *Salsola australis*) связано с процессами локальных антропогенных нарушений. Отсутствие изеня на экспериментальном участке определяется последовательностью вторичной сукцессии, сменой видового состава и фитоценотической роли, заполнением экологических ниш полынью белоземельной. Участие изеня в естественных сообществах обусловлено локальными нарушениями средней степени. В условиях Северного Приаралья этот вид сообществ не образует. Изень доминирует только в серийных ассоциациях в песчаных пустынях (Курочкина, 1966).

Развитие белоземельнополынных обусловлено формированием почвенных условий, определяемых оптимальной плотностью сложения, выраженной структурой, наличием гумуса. Опесчанивание верхних горизонтов почв залежи объясняет присутствие таких видов, как: *Krascheninnikovia ceratoides*, *Psathyrostachys lanuginosa*, *Carex pachystilis*, которые индицируют более легкий гранулометрический состав.

Увеличение фракций мелкого песка в поверхностных горизонтах эбелеково-белоземельнополынно-житняковых (*Agropyron desertorum*, *Artemisia terrae-albae*, *Ceratocarpus arenarius*) агроценозов стационара отмечалось ранее (Лысенко, Шабанова, 1990), также было выявлено, что влажность почвы в агроценозах выше, чем на целине. Это объясняет появление на экспериментальном участке большего числа видов эфемеров и единично встречающегося эфемероида *Iris songarica*.

Рассматривая последовательность восстановительной сукцессии, можно констатировать, что за период 38 лет после вспашки участка, занятого белоземельнополынным, достигнута позднесукцессионная стадия, для которой характерна пространственная и синузальная структура зональных растительных сообществ.

Без детальных измерений и проведения почвенных анализов было бы трудно выявить различия. Визуально оба участка практически не отличаются. Все различия укладываются в вариационный ряд в пределах параметров свойств бурых пустынных солонцеватых почв с соответствующими растительными сообществами – эфемерово-белоземельнополынными (*A. terra-albae*, *Alyssum turkestanicum*, *Ceratocephala testiculata*, *Eremopyrum orientale*, etc.), эфемероидно-итсигеково-белоземельнополынными (*A. terra-albae*, *Rheum tataricum*, *Catabrosella humilis*, etc.), ковыльно-белоземельнополынными (*A. terra-albae*, *Stipa sareptana*). Субдоминирование обусловлено, главным образом, более легким гранулометрическим составом и меньшим количеством водорастворимых солей поверхностных горизонтов (Лысенко, Шабанова, 1990), которые определяются положением в ландшафте, микрорельефом, локальными нарушениями антропогенного характера.

Другой аспект исследований – возможность использования методов коренного улучшения для восстановления малопродуктивных пастбищ. Необходимость проведения коренной фитомелиорации связана с деградацией кормовых угодий и невозможностью их самовосстановления. В северных пустынях главными затруднениями коренного улучшения пастбищ является недостаточное количество осадков и неблагоприятные для произрастания фитомелиорантов физико-химические свойства бурых пустынных солонцеватых почв. Для Северного Приаралья Б.А. Быков и А.П. Савинкин (1978) указывали на неприемлемость коренного улучшения белоземельнополынных пастбищ из-за сильной ветровой эрозии и рекомендовали полукоренной, или полосной, способ с шириной полос 3-6 м, между которыми оставляют 20 м целины. Однако эксперимент был поставлен, и только теперь мы можем проиллюстрировать его последствия.

Необходимости в проведении коренного улучшения нет. Возможности естественного восстановления сильно деградированных пастбищ имеются в потенциале устойчивости самих растительных сообществ. Мы провели почвенно-геоботанические исследования на деградированном пастбище на окраине аула Шоқысу, в 7 км от стационара, на участке, аналогичном для фонового участка со слабой пастбищной нагрузкой. Растительный покров представлен эфемерово-белоземельнополынным итсигечником (*Anabasis aphylla*+*Artemisia terrae-albae*+*Ceratocephala testiculata*+*Eremopyrum triticeum*). Общее проективное покрытие сообщества – 50%. Полынь белоземельная занимает только 5%, итсигек – 10%, рогоглавник и мортук – 20%, эбелек (*Ceratocarpus arenarius*) – 10%. В сообществе также присутствуют *Peganum harmala*, *Climacoptera brachiata*, *Londesia eriantha*. Отличия в растительном покрове по сравнению с фоновыми сообществами довольно резкие. Доминантная роль полыни белоземельной переходит к итсигеку

(*Anabasis aphylla*) – индикатору нарушений. Общее проективное покрытие сообщества снижается на 5-10%, проективное покрытие доминанта – на 35-40% (в 7-8 раз). Нарушенные почвы не имеют поверхностной сформированной корки, содержание гумуса, валового азота, углекислоты карбонатов в верхних горизонтах в два раза меньше по сравнению с фоновыми почвами.

Учитывая, что даже при сильном нарушении участие полыни белоземельной в сообществах сохраняется, можно ожидать, что при соблюдении режима охраны, восстановление доминантной роли полыни возможно в течение 5 лет, для полного восстановления потребуется от 15 до 20 лет (Кириченко, 1982). Для ускорения демулационной сукцессии и увеличения продуктивности следует проводить мероприятия по полукоренному улучшению пастбищ и нормированию пастбищной нагрузки.

Выводы

Анализ восстановительной динамики почвенно-растительного покрова после проведения мелиоративных мероприятий, включающих вспашку на глубину 20-22 см с оборотом пласта, показал, что за период 38 лет достигнута поздне-сукцессионная стадия, близкая к климаксу. Ранне-сукцессионная (сорнотравная) стадия длилась 10 лет. Переходным к средне-сукцессионной стадии стало поселение изеня, в дальнейшем сформировалось изеневое сообщество, не характерное для зональных экосистем. Первые особи полыни белоземельной появились на 18-20 годы демулационной смены. Поздне-сукцессионная стадия наступила через 25 лет после нарушения и продолжается в настоящее время. Признаками, общими со зрелой стадией климаксного сообщества, являются: для растительного покрова – совпадение видового состава, горизонтальной и вертикальной структуры фитоценоза, ритмов развития, для почвенного покрова – дифференциация на генетические горизонты, содержание гумуса, валового азота, углекислоты карбонатов. Отличия проявляются в особенностях возобновления полыни (меньшем числе всходов и их выживаемости), незначительно большем видовом богатстве. Для почв, находящихся на продолжительной стадии восстановления, наблюдается слабо сформированная структура верхних горизонтов, нарушенных вспашкой и их опесчанивание.

Анализ опыта коренной фитомелиорации белоземельно-полынных на бурых пустынных солонцеватых почвах показал, что этот метод улучшения пастбищ нужно осторожно применять в зональных растительных сообществах Северного Приаралья. Вспашка привела к разрушению природных растительных сообществ и деградации почв. Посев житняка по вспашке не дал положительных результатов, а вторичная сукцессия 10 лет оставалась на стадии сорных однолетников. Для создания сеяного пастбища была выбрана монокультура – житняк пустынный. Низкая всхожесть семян могла быть вызвана неблагоприятными погодными условиями, а также плохим качеством семенного материала. Наиболее успешные результаты по созданию «агропустынь» были достигнуты в опытах с посевом смеси семян кустарников, полукустарничков и трав (Шамсутдинов, 1979; Нечаева и др., 1978; Нечаева, 1989; Теоретические основы ..., 1973), позволяющих более полно использовать ресурсы экосистем и создавать продуктивные пастбища в разные по климатическим условиям годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агроклиматические ресурсы Актюбинской области Казахской ССР. 1974. Л.: Гидрометеиздат. 153 с.
- Бедарев С.А., Герасименко Г.Ю., Коробова Е.Н. 1971. Климатическая характеристика Северного Приаралья // Продуктивность пастбищ Северного Приаралья. М.: Гидрометеиздат. С. 5-22.
- Береснев Е.Н. 1967. Основные приемы агротехники возделывания гороха в условиях сухостепной зоны карагандинской области. Автореферат дис. ... к. с./х. н. Алма-ата : Казахский научно-исследовательский институт земледелия. 18 с.
- Биоэкологические основы использования и улучшения пастбищ Северного Приаралья. 1968. / Ред. Б.А. Быков. Алма-Ата: Наука. 135 с.
- Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). 2003. СПб.: Бостон-Спектр. 424 с.
- Быков Б.А. 1968. Растительность // Биоэкологические основы использования и улучшения пастбищ Северного

- Приаралья. Алма-Ата: Наука. С. 25-34.
- Быков Б.А. 1957. Геоботаника. Алма-Ата: Изд.-во АН Каз ССР. 382 с.
- Быков Б.А. 1978. Геоботаника. Алма-Ата: Наука. 288 с.
- Быков Б.А., Бедарев С.А. 1968. О рациональном использовании и улучшении пастбищ Северного Приаралья // Биоэкологические основы использования и улучшения пастбищ Северного Приаралья. Алма-Ата: Наука. С.127-133.
- Быков Б.А., Савинкин А.П. 1978. Улучшение полынных и биюргуновых пастбищ // Структура и продуктивность растительности пустынной зоны Казахстана. Алма-Ата: Наука КазССР. С. 126-129.
- Долгих С.А. 2010. Анализ основных климатических показателей, влияющих на процессы опустынивания // Республика Казахстан. Алматы: Print-S. Т. 3. С. 206-210.
- Иллюстрированный определитель растений Казахстана. 1969. Алма-Ата: Наука. Т. 1. 644 с.
- Иллюстрированный определитель растений Казахстана. 1972. Алма-Ата: Наука. Т. 2. 571 с.
- Кириченко Н.Г. 1982. Антропогенные смены на пастбищах глинистых пустынь // Смены пустынной и субальпийской растительности при пастбищном использовании. Алма-Ата: Наука. С. 34-48.
- Курочкина Л.Я. 1966. Растительность песчаных пустынь Казахстана // Растительный покров Казахстана. - Алма-Ата: Наука. Т. 1. С. 191-592.
- Лысенко В.В., Шабанова Л.В. 1990. Функционирование и динамика фоновых сообществ // Комплексная характеристика пастбищ пустынной зоны Казахстана. Алма-Ата: Наука. С. 97-138.
- Нечаева Н.Т. 1989. Экологические основы сохранения и обогащения пастбищ аридной зоны СССР // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 3-13.
- Нечаева Н.Т., Шамсутдинов З.Ш., Мухамедов Г.М. 1978. Улучшение пустынных пастбищ Средней Азии. Ашхабад: Ылым. 64 с.
- Новикова А.Г., Стороженко Д.М., Бикмухаметов М.А., Тюрменко А.Н. 1968. Почвы Казахской ССР. Почвы Актюбинской области. Алма-Ата: Наука. Выпуск 11. 374 с.
- Полевая геоботаника. 1959-1976. М.- Л.: Наука. Т. 1. 1959. 498 с., Т. 2. 1960. 493 с., Т. 3. 1964. 287 с., Т. 4. 1972. 336 с., Т. 5. 1976. 320 с.
- Почвенная съемка. Руководство по полевым исследованиям и картированию почв. 1959. М.: Изд-во АН СССР. 340 с.
- Природные условия и естественные ресурсы СССР. Казахстан. 1969. М.: Наука. 482 с.
- Продуктивность пастбищ Северного Приаралья. 1971. М.: Гидрометиздат. 289 с.
- Пустынные стационары Казахстана и Средней Азии. 1988. Алма-Ата: Наука КазССР. 68 с.
- Рачковская Е.И., Сафронова И.Н. 1994. Новая карта ботанико-географического районирования Казахстана и Средней Азии в пределах пустынной области // Геоботаническое картографирование 1992. С. 33-49.
- Сергеев В.А. 1937. Грунтовые воды Прикаспийских и Приаральских пустынь. Л.: Изд-во ЛГУ. 43 с.
- Теоретические основы и методы фитомелиорации пустынных пастбищ Юго-Западного Кызылкума. 1973. / Ред. И.Ф. Момотов. Ташкент: Фан. 144 с.
- Флора Казахстана. 1956. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР. Т. 1. 354 с., Т. 2. 1958. 292 с., Т. 3. 1960. 460 с., Т. 4. 1961. 548 с., Т. 5. 1961. 515 с., Т. 6. 1963. 465 с., Т. 7. 1964. 497 с., Т. 8. 1965. 447 с., Т. 9. 1966. 640 с.
- Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. Санкт-Петербург: Мир и семья. 992 с.
- Шамсутдинов З.Ш. 1979. О теории и практике фитомелиорации пустынных пастбищ // Проблемы освоения пустынь. № 6. С. 27-37.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦЕНОТИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ
ASTRAGALUS CENTRALIS SHELDT. В УСЛОВИЯХ ХРЕБТА КУЛЬДЖУКТАУ
(ПУСТЫНИ КЫЗЫЛКУМ)**

© 2017 г. Ш.У. Сармбаева, Х.Ф. Шомуродов

Институт растительного и животного мира АН РУз

Узбекистан, 100053, г. Ташкент, ул. Богу-шамол, д. 232 Б. E-mail: h.shomurodov@mail.ru

Поступила 16.03.2017

Статья посвящена оценке современного состояния ценотических популяций редчайшего эндемика останцовых гор Кызылкума *Astragalus centralis*. Установлено, что исследованные ценопопуляции *A. centralis* нормальные и неполноценные. В разнотравно-боялышево-полынном и лактуково-полынном сообществах ценопопуляция молодая, в петрофитной растительной группировке – переходящая. По сумме баллов организменных и популяционных признаков все обследованные ценопопуляции находятся в пессимальном состоянии.

Ключевые слова: *Astragalus centralis*, кустарничек, пустыни Кызылкум, хребет Кульджуктау, онтогенетическая структура, ценопопуляция.

Astragalus – крупный голарктический род, насчитывающий свыше 2300 видов, распространенных преимущественно в области Древнего Средиземноморья, а также в Палеарктике и Неотропиках, где по горным хребтам виды рода проникают даже в южное полушарие. По данным Р.В. Камелина (1973), господство этого рода в области Древнего Средиземья лишней раз свидетельствует с одной стороны о древности рода, а с другой – о наличии здесь нескольких мощных центров современного видообразования, особенно в Горносреднеазиатской провинции, где произрастает не менее 400 видов астрагалов. При этом предковые типы астрагалов здесь подвергались сильной систематической и экологической дифференциации, связанной с их распространением почти по всем вертикальным поясам гор Средней Азии, в частности и в рассматриваемой Туранской флористической провинции.

Систематикой рода *Astragalus* занимались П.А. Федченко (1880), А. Бунге (1869) и другие. Во Флоре СССР (1946) приведено 849 видов, которые распределены в 9 подродов, 103 секции и 16 подсекций. Исследуемый нами вид – *Astragalus centralis* E. Sheld. – здесь представлен под названием *Astragalus kyzylkumi* Boriss. и включен в подрод *Calycocystis* Bunge, секцию *Laguropsis* Bunge и подсекцию *Microcystis* Popov. Это почти бесстебельное, рыхлодернистое многолетнее растение, высотой 5-10 см, опушенное белыми волосками. Произрастает этот эндемичный вид по трещинам скал, реже на мелкоземисто-щебнистых склонах останцовых гор Юго-Восточного Кызылкума. А. Бунге (1869) описал новый вид астрагала – *A. microcystis* Bunge, не указав при этом типовой экземпляр и точное места сбора.

Т.И. Цукерваник (1981) при обработке секции *Laguropsis* нашла первоописание вида из Средней Азии в малоизвестном американском ботаническом журнале. Типовой экземпляр из коллекции А. Бунге в Париже был подписан Е. Шелдоном и описан в соответствии с существующим тогда Кодексом Ботанической Номенклатуры как *A. centralis*. Таким образом, валидным эпитетом для этого вида стал *Astragalus centralis* E. Sheld., и это название мы используем в настоящей работе.

Положение этого вида в секции *Laguropsis* весьма оригинально. *A. centralis* E. Sheld. и *A. holargyreus* Bunge (эндем горы Букантау) по ряду морфологических признаков являются наиболее примитивными в секции. Причем букантауский эндемик обладает не вздувающейся при плодоношении чашечкой, и оба эти вида имеют не прижатое, а оттопыренное опушение, что является явно примитивным признаком в секции. География видов секции также говорит об этом, а именно: большинство видов секции произрастает в Западном Тянь-Шане и Западном Памиро-Алае и всего лишь несколько видов распространились на север и северо-восток до Джунгарского Алатау и Тарбагатай. Еще Р.В. Камелин (1979) указывал на то, что флора всех западных отрогов и хребтов Западного Памиро-Алая ранее являлась флорой горной и в результате мощного процесса

ксерофилизации в последние несколько десятков тысяч лет большинство горных флористических элементов исчезло в хребтах Нуратау и Букантау. Исходя из представлений Р.В. Камелина (1973), *A. centralis* представляет собой предковую форму секции *Laguropsis*, удивительно сохранившуюся в останцовых горках Кызылкума. Ареал этого вида постоянно сокращался, и процесс этот не прекращается вплоть до настоящего времени (Сарибаева, 2009), что и привлекло наше внимание к изучению современного состояния ценоотических популяций (ЦП) вида.

Работы, посвященные изучению ценоотических популяций растений в условиях пустыни Кызылкум и в Узбекистане в целом, немногочисленны. Имеются данные по возрастному составу популяций *Eremurus korolkowii* Regel (Бутник, 2007), биометрическим показателям особей и структуры ценопопуляций *Tulipa buhseana* Boiss и *T. micheliana* Hoog (Abduraimov, 2015; Abduraimov et al., 2015), произрастающих в разных экологических условиях Кызылкума. При составлении кадастра редких и исчезающих видов Джизакской и Навоийской областей К.Ш. Тожибаев и Н.Ю. Бешко (2007) изучали численность и частично возрастную структуру некоторых редких видов этих областей. Исходя из возрастного состояния особей, авторы ценопопуляцию *A. centralis* оценивали, как регрессивную с численностью не более 1000 особей. Позже нами был изучен онтогенез и жизненность трех ценоотических популяций *A. centralis* (Сарибаева, 2009). Но для объективной оценки современного состояния ценопопуляций *A. centralis* эти данные были недостаточными. Отсутствовали достоверные данные по онтогенетической структуре, по организменным и популяционным признакам ценопопуляций. В связи с этим целью данной работы являлось изучение онтогенетических структур ценопопуляций *A. centralis* и оценка ее состояния по совокупности организменных и популяционных признаков.

Материалы и методы

В период 2013-2015 гг. в разных эколого-фитоценоотических условиях горы Кульджуктау были изучены три ценоотические популяции *A. centralis*. Горы Кульджуктау относятся к останцовым возвышенностям пустыни Кызылкум, которые считаются западным продолжением горной системы Средней Азии. Для климата этой части Узбекистана характерны резкие колебания суточных и годовых температур, сильная инсоляция и незначительная облачность, небольшое количество атмосферных осадков с неравномерным их выпадением. В Кызылкуме суммарная солнечная радиация достигает 140-160 ккал/см² в год, а радиационный баланс – до 50-60 ккал/см² в год (местами до 70). Продолжительность солнечного сияния высокая – 2500-3000 часов за год. Сумма температур выше 10°C составляет 4000-5000°C и выше. Среднегодовая температура около 16°C, средняя температура января составляет 0-10°C. Основная часть атмосферных осадков выпадает в зимне-весенний и отчасти осенний период (максимум наблюдается с декабря по апрель). Годовое количество осадков составляет 70-125 мм. Летом осадков практически не наблюдается. В южной части Кызылкума снежный покров отсутствует (Шомуродов, Хасанов, 2014). В Кызылкуме почти постоянно дуют ветры (преимущественно северо-восточного направления). Этот фактор увеличивает испарение с поверхности почвы и транспирацию у растений и еще больше усиливает дефицит влаги. На останцах Кызылкума распространены в основном серо-бурые почвы (Закиров, 1971).

Первая ценопопуляция (ЦП 1) произрастает в северо-западной части Кульджуктау около колодца Шайдарас (40° 842.64' с.ш., 63° 672.17' в.д.; рис. 1). Ценопопуляция изучена на северном склоне, на высоте 681 м н.у.м. БС. Почва каменисто-щебнистая. В составе боялышево-полынного сообщества зарегистрировано 19 видов. Проективное покрытие травостоя не превышает 5%. В растительном сообществе доминирует *Artemisia diffusa* Krasch. ex Poljakov, субдоминантами являются *Salsola arbuscula* Pall. и *Ammothamnus lehmannii* Bunge.

Вторая ценопопуляция (ЦП 2) найдена в восточной части Кульджуктау в районе колодца Башгужумды (40° 788.89' с.ш., 64° 028.66' в.д.). Ценопопуляция произрастает на северо-восточном склоне на высоте 608 м н.у.м. БС. Почва каменистая-щебнистая, с выходом материнских пород. В составе лактуково-полынного сообщества участвует 11 видов. Общее проективное покрытие (ООП) – 15%. В растительном сообществе доминируют *Artemisia diffusa* Krasch. ex Poljakov и *Scariola orientalis* (Boiss.) Sojak.

Следующая ценопопуляция (ЦП 3) произрастает в 15 км к северо-западу от Кызылкумской

пустынной станции (Центральная часть Кульджуктау) в окрестности колодца Султанбиби (40° 764.18' с.ш., 63° 772.35' в.д.). Ценопопуляция изучена на восточном склоне в составе разнотравно-полынного сообщества (на высоте 436 м н.у.м. БС). В растительной группировке встречается 19 видов. Проективное покрытие травостоя изреженное, не превышает 5%. Здесь вместе с *Astragalus centralis* встречаются немногочисленные особи *Artemisia diffusa* Krasch. ex Poljakov и *Scariola orientalis* (Boiss.).

Структуру ценопопуляции изучали общепринятым методом (Уранов, 1975; Ценопопуляции ..., 1976). Трансекты закладывали длиной по 10 м и делили их на площадки по 1 м². В каждой ценопопуляции заложено от 10 до 30 площадок по 1 м². Онтогенетическую структуру ценопопуляций определяли как соотношение в ценопопуляции особей разных онтогенетических состояний. За счетную единицу принимали особь.

При характеристике популяционной структуры опирались на представления о характерном онтогенетическом спектре (Заугольнова, 1994). По характеру распределения онтогенетических групп выделяют 4 типа спектров: левосторонний, центрированный, правосторонний и бимодальный. Характерный спектр зависит от биологических особенностей вида. Ценопопуляции характеризовали по классификациям А.А. Уранова и О.В. Смирновой (1969) и «дельта-омега» (Животовский, 2001). Дельта – индекс возрастности (Δ), введен А.А. Урановым (1975): $\Delta = \sum K_i \cdot M_i / N$, где K_i – весовой коэффициент для i -го возрастного состояния, M_i – плотность i -состояния, N – плотность ценопопуляций.

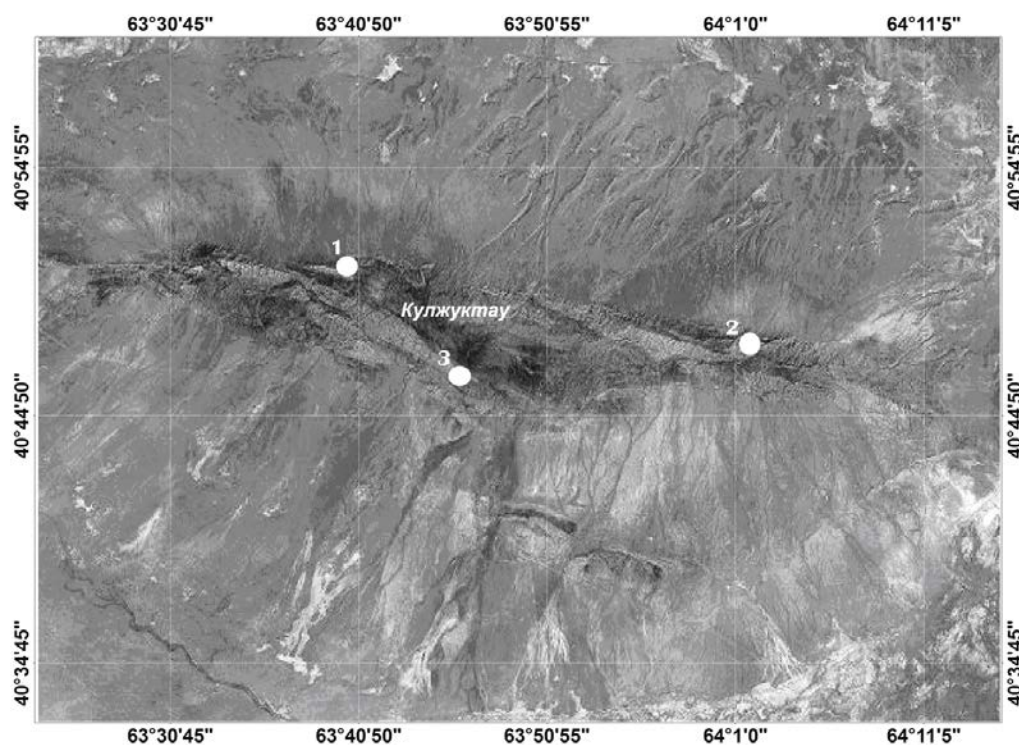


Рис 1. Локализация ценопопуляции *Astragalus centralis* в горах Кульджуктау.

Позже Л.А. Животовским (2001) был предложен индекс эффективности (ω), его можно интерпретировать как энергетическую нагрузку на среду, вызываемую «средним» растением: $\omega = \sum n_i e_i / \sum n_i$, где n_i – абсолютное число растений i -го онтогенетического состояния, $\sum n_i$ – общее число растений, e_i – эффективность растений i -го онтогенетического состояния. Индекс эффективности (ω) определяется возрастной структурой популяции. По классификации Л.А. Животовского (2001) ценопопуляции могут быть молодыми, зреющими, переходными, стареющими и старыми.

Плотность популяции определяли количеством особей на единицу площади. При этом особое внимание было уделено показателям средней плотности, то есть численности особей на единицу

всего пространства (общей площади) и экологической плотности – численности на единицу обитаемого пространства, которое фактически может быть занято популяцией (Одум, 1986). На трансектах изучаемый вид встречался не на всех площадках, поэтому в качестве обитаемого пространства мы рассматривали только те площадки, на которых данный вид присутствовал, и экологическую плотность рассчитали, как среднее число для этих заселенных площадок, исключив незаселенные.

Геоботанические описания выполнены по стандартной методике на площадках 100 м² (Полевая геоботаника, 1964). Для оценки состояния ценопопуляции *Astragalus centralis* анализировались ряд организменных (репродуктивное усилие особи (P/Y), биомасса особи, число генеративных побегов, высота растения) и популяционных (плотность особей на 1 м², экологическая плотность особей на 1 м², доля особей генеративной фракции (g2-g3), доля особей молодой фракции (j-g1)) признаков. Репродуктивные усилия растений определялись по отношению веса генеративных структур к общему весу особи (Марков, Плещинская, 1987). При этом диапазон каждого признака разбивался на пять классов с одинаковым объемом по равномерной шкале, и затем каждому классу присваивался балл (табл. 1). Результаты оценок представлены в виде многоосевых диаграмм на рисунке 2. Организменные признаки были определены для средневозрастного генеративного состояния (Заугольнова, 1994). Для характеристики каждого организменного признака проанализировано по 3 особи вида (всего для 3-х изученных ценопопуляций проанализировано 36 особей).

Таблица 1. Балловые оценки величины признаков *Astragalus centralis*.

№	Признаки	Баллы				
		I	II	III	IV	V
Организменные признаки						
1	Репродуктивное усилие, %	< 29.1	29.6-30.1	30.2-30.7	30.7-31.2	31.3-31.7
2	Биомасса особи, г	7.3-7.4	7.4-7.6	7.7-7.8	7.8-7.9	7.9-8.1
3	Число генеративных побегов, шт.	7.7-8.1	8.1-8.5	8.5-9.1	9.1-9.5	9.5-10.0
4	Высота растений, см	< 5.6	7.1-8.7	8.7-10.2	10.2-11.7	11.8-13.3
Популяционные признаки						
5	Плотность особей вида на 1 м ² , шт.	0.6-1.2	1.3-1.9	2.0-2.6	2.7-3.3	3.4-4.0
6	Экологическая плотность особей вида на 1 м ² , шт.	1.6-2.7	2.8-3.9	4.0-5.0	5.1-6.1	6.2-7.3
7	Доля g2-g3, %	< 29.1	29.1-35.5	35.5-41.9	41.9-48.3	48.4-54.8
8	Доля j-g1, %	< 48.3	48.3-55.5	55.6-62.8	62.8-70.1	70.1-77.4

Результаты и их обсуждение

На основе изучения онтогенеза вида нами установлено, что *A. centralis* – многолетнее поликарпическое растение с симподиальной системой моноподиальных скелетных одревесневающих побегов, верхушечные почки которых располагаются выше поверхности субстрата, что дает основание охарактеризовать жизненную форму этого вида как прямостоячий, неподвижный кустарничек с моноподиально нарастающими розеточными побегами. Продолжительность онтогенеза в условиях Кызылкума составляет не менее 25 лет (Сарибаева, 2009).

В разных эколого-фитоценологических условиях Кульджуктау была изучена онтогенетическая структура ценопопуляции *A. centralis*. В целом для *A. centralis* характерны семенной способ самоподдержания ценопопуляций, короткий прегенеративный период, длительное пребывание в средневозрастном генеративном состоянии, быстрое старение особей и их отпад. Эти биологические

особенности позволяют считать, что характерный спектр ценопопуляций этого вида – центрированный.

Проведенные исследования онтогенетической структуры изученных ценопопуляций выявило два типа спектра: левосторонний и центрированный.

Левосторонний спектр одновершинный, пик приходится на прегенеративный период (ЦП 1, ЦП 2). В ценопопуляции № 1 абсолютный максимум приходится на имматурную группу (33.3%), а в ценопопуляции № 2 – на ювенильные растения (31.8%). Данный вариант спектра формируется при обильном плодоношении и быстрых темпах развития молодых особей. По классификации А.А. Уранова и О.В. Смирновой (1969), изученные ценопопуляции *Astragalus centralis* нормальные, но неполночленные. Средняя плотность особей 0.6 и 0.75 экз./м². Онтогенетический спектр этих ценопопуляций не совпадает с характерным (рис. 2).

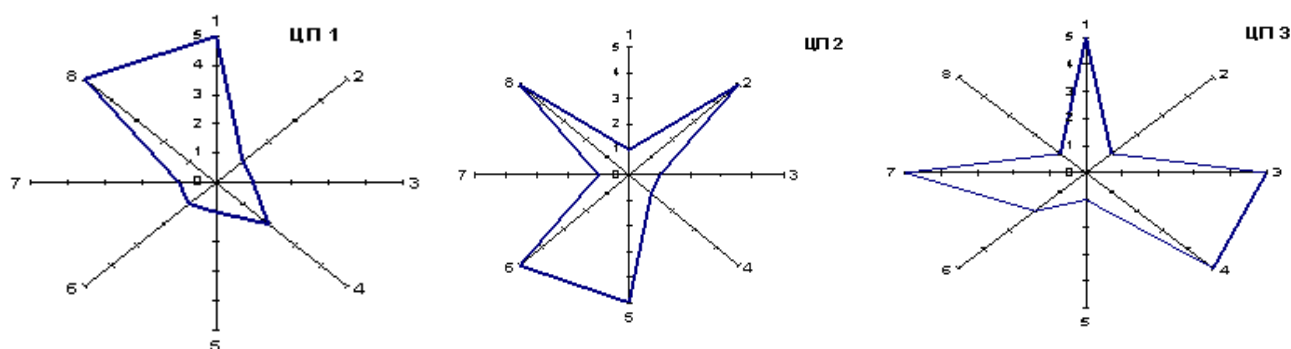


Рис. 2. Оценка состояния ценопопуляций *Astragalus centralis* (в баллах). Условные обозначения: 1 – репродуктивное усилие особи (P/Y), 2 – биомасса особи, 3 – число генеративных побегов, 4 – высота растения, 5 – плотность особей на 1 м², 6 – экологическая плотность особей на 1 м², 7 – доля особей генеративной фракции (g2-g3), 8 – доля особей молодой фракции (j-g1).

Оценка возрастности (Δ – дельта) и эффективности (ω – омега) ценопопуляций показала, что ценопопуляция № 1 и ценопопуляция № 2 – молодые. Экологическая плотность особей в этих ценопопуляций колеблется от 1.66 до 3 экз/м (табл. 2).

Таблица 2. Демографическая характеристика ценопопуляции *Astragalus centralis*.

Характеристики ценопопуляций <i>A. Centralis</i>	Ценопопуляции		
	ЦП1	ЦП2	ЦП3
Возрастные состояния:			
ювенильное	0	31.8	4.1
имматурное	33.3	13.6	16.4
виргинильное	16.6	4.5	15.1
генеративное 1	25.0	27.2	5.5
генеративное 2	0	18.2	35.6
генеративное 3	25.0	4.5	19.2
сенильное	0	0	0
Плотность особей/м ² (шт.)	0.6	0.7	3.6
Экологический плотность особей/м ² (шт.)	3.0	1.6	7.3
ω индекс эффективности	0.28	0.21	0.39
Δ индекс возрастности	0.52	0.49	0.65
Тип ценопопуляция	молодые	молодые	переходные

Центрированный онтогенетический спектр. В ценопопуляции № 3 абсолютный максимум приходится на средневозрастные генеративные особи (35.6%). Это связано с постепенным увеличением продолжительности жизни особей в генеративном периоде и с частичной элиминацией особей в ювенильном и имматурном состояниях вследствие недостатка влаги. Центрированные спектры, по данным Л.Б. Заугольной (1994), формируются у кустарниковых растений при большой продолжительности жизни особей в средневозрастном онтогенетическом состоянии, наименьшей их элиминации и затрудненном прорастании семян.

Ценопопуляция № 3 – нормальная, неполночленная (отсутствуют старые особи). Средняя плотность особей составляет 3.6 экз./м². Онтогенетический спектр совпадает с характерным. По классификации дельта-омега данная ценопопуляция – переходная.

Во всех изученных ценопопуляциях не встречалось сенильной особи. Это может быть связано с экологическими условиями обитания (характера и влажности субстрата, крутизны склона), использованием пастбищ и колебаний погодных условий.

Оценка состояния ценопопуляций *Astragalus centralis* по организменным признакам показала, что максимальное значение (5 баллов) признака «высота растения» достигается на северных склонах центральной части Кульджуктау (ЦП 3). При анализе полученных данных выявлено, что высота растений в ценопопуляциях соответствует доле онтогенетических групп ценопопуляций. С преобладанием средневозрастных и старых генеративных особей в ценопопуляциях (ценопопуляция № 3) среднее значение высоты растений достигает своего максимума. Мощные особи *A. centralis* в средневозрастном генеративном состоянии достигают более 13 см высоты. Минимальные показатели (1-2 балла) высоты растений отмечены в нижней части Восточного Кульджуктау в районе колодца Башгужумды (ЦП 2) и колодца Шайдарас (ЦП 1; рис. 2).

В ценопопуляции № 3 также выявлено соответствие долей средневозрастных и старых генеративных особей с числом генеративных побегов. Чем максимальнее значения доли средневозрастных и старых генеративных особей в ценопопуляций, тем выше количество генеративных побегов. В данной ценопопуляции число генеративных побегов достигало в среднем 9.53-10 шт./особь и оценено 5 баллами. В остальных двух ценопопуляциях им присвоены минимальные баллы (по 1 баллу; рис. 2).

С изменением условий местообитаний изменяется и репродуктивное усилие. На сильно выбитых участках и в местах менее влагообеспеченных репродуктивное усилие повышается. Это одна из реакций растений для самоподдержания ценопопуляций (ЦП 1 и 3). В условиях с более достаточной влагой и меньшим поголовьем скота на пастбищах репродуктивное усилие снижается. Оно оценивается в ценопопуляциях № 1 и № 3 пятью баллами, а в ценопопуляции № 2 – одним баллом. Большая биомасса особей образуется в более благоприятных экологических условиях. Максимальное значение признака «биомасса особей» достигается в Восточном Кульджуктау, где по сравнению с другими частями хребта выпадает больше осадков. Благодаря формированию большего количества вегетативных побегов и листьев биомасса особей здесь достигает своего максимального значения в 5 баллов. В остальных ценопопуляциях она оценивается минимальным баллом (рис. 2).

Плотность особей в ценопопуляциях меняется в зависимости от каменистости субстрата. Максимальная плотность особей на 1 м² и экологическая плотность (5 баллов) отмечены в Восточном Кульджуктау в лактуково-полынном сообществе (ЦП 2), где общее проективное покрытие травостоя составило 15%. Минимальная плотность особей (1 балл) зарегистрирована в районе колодца Шайдарас и Султанбиби (ОПП 5%; ЦП 1 и 3).

Доля особей молодой фракции в ценопопуляциях зависит от фитоценологических и экологических условий местообитаний. В более пологих местах с благоприятной почвенной влагой и изреженным травостоем доля молодой фракции в ценопопуляциях увеличивается. Максимальное ее значение (5 баллов) отмечено в районе колодца Шайдарас, при ОПП 5% (ЦП 1) и Башгужумды (ОПП 15%; ЦП 2). В Центральном Кульджуктау доля молодых особей в ценопопуляции не превышает 48.3%.

Увеличение длительности жизни особей в генеративном периоде с кульминацией в средневозрастном состоянии у подавляющего большинства кустарничков, к которым относится и *A. centralis*, наблюдается в более благоприятных условиях обитания. Максимальные показатели средневозрастных и старых генеративных особей (5 баллов) зарегистрировано в скалах Центрального Кызылкума в районе колодца Султанбиби (ЦП 3). Как представитель немногочисленных петрофитов

Кызылкума, *A. centralis* хорошо приспособлен к подобному экотопу благодаря мощно развитой корневой системе. Минимальное значение генеративных особей (1 балл) отмечено в ценопопуляции № 1 и № 2.

Заключение

Горы Кульджуктау являются одной из ключевых ботанических территорий Узбекистана, где произрастает не менее 10 эндемичных видов Узбекистана. Кроме того, здесь встречается ряд среднеазиатских горных флористических элементов (14 видов), которые характерны только для останцовых гор Кызылкума. Под воздействием аридизации климата в растительном покрове Кызылкума псаммофитные флористические комплексы постепенно вытесняют пестроцветные и петрофитные группировки, а в отдельных случаях преобладают даже в приводораздельных частях останцовых гор. Помимо отрицательного влияния аридизации климата и, непосредственно, усыхания Аральского моря на растительность Приаральского региона, бессистемное использование пастбищ также приводит к сокращению ареала редких, уязвимых видов. Примером тому служит базирование многочисленных отар как местных хозяйств, так и соседних областей вокруг действующих колодцев горы Кульджуктау, предназначенных для водопоя скота. Превышение пастбищной нагрузки негативно сказывается на состоянии популяций ряда редких и эндемичных видов, которое отражено и в структуре обследованных ценопопуляций *A. centralis*.

Диагностика состояния ценопопуляций *A. centralis* показала, что ни в одной из обследованных ценопопуляций не отмечено максимальное совпадение суммы значений признаков. В одной ценопопуляции высокое значение имеют популяционные признаки (ЦП 2), в другой – организменные (ЦП 3), а в третьей – большинство признаков как организменного, так и популяционного уровня оценивается минимальными баллами (ЦП 1). Но максимальное значение репродуктивного усилия и доли молодой фракции в последней свидетельствует о ее не критическом состоянии. Чрезмерный выпас скота и нестабильные атмосферные осадки в районе исследований лимитируют не только виталитетное состояние особей, но и самоподдержание ценопопуляций, особенно редких и уязвимых видов пустынь. Учитывая ведущую роль популяционных признаков в оценке состояния ценопопуляций пустынных растений (организменные признаки в пустынных условиях сильно меняются в зависимости от погодных условий года), можно констатировать, что ценопопуляция, произрастающая в лактуково-полынном сообществе на Восточном Кульджуктау, находится близко к оптимальным эколого-фитоценоотическим условиям.

В целом по совокупности организменных и популяционных признаков все изученные ценопопуляции *A. centralis* оцениваются как пессимальные и нуждающиеся в охране. Учитывая значимость района исследований как одного из ключевых ботанических территорий Узбекистана и с целью охраны популяций *A. centralis* и ряда других редких видов, произрастающих на этом небольшом хребте, таких как *Ferula kyzylkumica*, *Stipa aktauensis*, *Lagochilus vvedenskyi*, *Tulipa lehmanniana* и др., состояние ценопопуляций, которые находятся в пессимальном состоянии, горы Кульджуктау рекомендуются для включения в сеть охраняемых природных территорий республики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бутник А.А. 2007. Характеристика возрастных состояний в популяции *Eremurus korolkovii* Regel (Юго-Западный Кызылкум) // Международная научная конференция. Андижан-2007, 30-31 май: Ботаника, экология, охрана растений. Андижан. С. 44-46.
- Животовский Л.А. 2001. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяции // Экология. № 1. С. 3-7.
- Закиров П.К. 1971. Ботаническая география низкогорий Кызылкума и хребта Нуратау. Ташкент: Фан. 155 с.
- Заугольнова Л.Б. 1994. Структура популяций семенных растений и проблемы их мониторинга: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Санкт-Петербург. 70 с.
- Камелин Р.В. 1973. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Ленинград: Наука. 355 с.
- Камелин Р.В. 1979. Кухистанский округ горной Средней Азии. Ленинград: Наука. 118 с.
- Марков М.В., Плевинская Е.Н. 1987. Репродуктивное усилие у растений // Журнал общей биологии. Т. XLVIII. № 1. С. 77-83.
- Одум Ю. 1986. Экология. М.: Мир. Т. 2. 209 с.

- Полевая геоботаника. 1964 // Ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. М.: Наука. Т. 3. 230 с.
- Сарибаева Ш.У. 2009. Биоэкологические особенности и ценопопуляционная характеристика *Astragalus centralis* E. Sheld. в условиях Юго-Западного Кызылкума: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Ташкент. 16 с.
- Тожибаев К.Ш., Бешко Н.Ю. 2007. Кадастр редких и эндемичных растений Джизакского и Навийскоговилоятов Республики Узбекистан // Биоразнообразии Узбекистана – мониторинг и использование. Ташкент. С. 200-207.
- Федченко А.П. 1880. Путешествие в Туркестань. Санкт-Петербург: Ботаническая изслѣдованія. Вып. 15. Т. 3. С. 306-307.
- Флора СССР 1946. / Ред. Б.К. Шишкин. М-Л: АН СССР. Т. 12. 918 с.
- Уранов А.А. 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические Науки. № 2. С. 7-34.
- Уранов А.А., Смирнова О.В. 1969. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. Т. 74. № 2. С. 119-134.
- Шомуродов Х.Ф., Хасанов Ф.У. 2014. Кормовые растения пустыни Кызылкум // Аридные экосистемы. Т. 20. № 3 (60). С. 94-101.
- Ценопопуляция растений (основные понятия и структура). 1976. М.: Наука. 217 с.
- Цукерваник Т.И. 1981. Род *Astragalus*, секция *Laguroopsis* // Определитель растений Средней Азии. Т. 6. Ташкент: Фан. С. 240-249.
- Abduraimov O.S. 2015. The morphological indexes of *Tulipa buhseana* Boiss. in different coenopopulations. European Applied Sciences (ORTpublishing). Germany: ORT Publishing. № 7. P. 3-5.
- Abduraimov O.S., Shomurodov H.F. 2015. The ontogenesis and ontogenetic structure of *Tulipa micheliana* Th. Hoog (Liliaceae) coenoticpopulations in Uzbekistan // Journal of Novel Applied Sciences. P. 1089-1096.
- Bunge A. 1869. Genetis *Astragalus* species gonontogaeae. St. Petersburg: Comissionnaires de l'Academie Imperiale des sciences. 140 p.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В АРИДНОМ РЕГИОНЕ ТАБУКА¹

© 2017 г. Халид А. Аль-Мутаири

Университет Табука, биологический факультет
Саудовская Аравия, 71491, Табук. E-mail: kmutairi@ut.edu.sa

Поступила 16.01.2016

Аридные и полуаридные регионы уникальны своим флористическим составом и разнообразием структуры растительных сообществ. Цель данной работы – изучить, как физические и химические свойства почв влияют на эти показатели в аридном регионе Табука в Саудовской Аравии. При помощи β -разнообразия исследована изменчивость видового состава в четырех областях региона: Альваз, Алькан, Шарма и Зета. Задействованы два индекса таксономического разнообразия: индекс среднего таксономического разнообразия ($\Delta+$) и индекс изменчивости разнообразия ($\lambda+$), затем определено влияние обстановки в регионе и ограничения по условиям окружающей среды. Данная работа считается первым этапом, задача которого – оценить таксономическое разнообразие растительных сообществ в аридном регионе Аравийского полуострова и их связь со свойствами почв. Показано, как антропогенные факторы (обильная вырубка лесов, выпас и урбанизация) влияют на растительное разнообразие. В работе предложено разработать экстренные природоохранные стратегии, чтобы защитить естественную среду обитания растений и предотвратить деструктивное изменение ее разнообразия.

Ключевые слова: таксономическое разнообразие, аридный регион, растительное разнообразие, охрана, антропогенные факторы.

Разнообразие растений в аридном регионе Аравийского полуострова угрожают мощные антропогенные воздействия: вырубка лесов, индустриализация, урбанизация и влияние сельского хозяйства (Al-Mutairi et al., 2015). Для создания действенных охранных программ требуется надлежащая эффективная биологическая оценка и методы мониторинга (Gwali et al., 2010; Vilmi et al., 2016). И хотя проведено множество исследований, касающихся изучения растительного разнообразия, попыткам его сохранения по-прежнему мешает недостаточно всесторонняя оценка текущего статуса растительного разнообразия. Изучение биоразнообразия на видовом уровне считается наиболее важным приемом для фиксации изменений богатства видов, таксономического состава и структуры сообществ (Mogeno et al., 2009).

За последние 50 лет было предложено несколько методов для оценки природного биоразнообразия (Magurran, 2003), некоторые из них известны своей неточностью из-за возможных расхождений в среде обитания и отборе проб (Clarke, Warwick, 1998; Vilmi et al., 2016). Чтобы предотвратить неточности К. Clarke и R. Warwick (1998) представили новые методы для оценки таксономического разнообразия, которые описывают таксономические и филогенетические связи между видами и сравнивают изменения в таксономической связи видов в разных местах и выборках. Индексы таксономического разнообразия (индекс среднего таксономического разнообразия ($\Delta+$) и индекс изменчивости разнообразия ($\lambda+$)) рассчитаны, как среднее расстояние между всеми парами видов, представленных в выборке (Clarke, Warwick, 1998; Warwick, Clarke, 1995).

Применение индексов таксономического разнообразия расширилось, так как они являются надежными инструментами биоиндикации и биоанализа (Da Silva, Batalha, 2006; Gwali et al., 2010; Jastrzębska et al., 2011; Vilmi et al., 2016). Зачастую их использование определяется допущением о

¹ Работа выполнена при поддержке исследовательского гранта (s-0038-1436), предоставленного Деканатом научных исследований Университета Табука

том, что таксономическое разнообразие биологических сообществ снижается при увеличении антропогенных и/или загрязняющих факторов (Warwick, Clarke, 1995; Moreno et al., 2009; Vilmi et al., 2016). Хотя некоторые исследователи и заявляют, что эти индексы невосприимчивы к антропогенному влиянию, другие подчеркивают их потенциал, как показателей экологических изменений в экосистеме – более надежных, чем прочие доступные измерители разнообразия (Heino et al., 2005; Ricotta et al., 2005; Gallardo et al., 2011).

Несмотря на широкое применение индексов в экосистемах пресных и морских вод (Hu, Zhang, 2016; Vilmi et al., 2016), лишь малая доля исследований затронула эти индексы в экосистемах наземной растительности (Da Silva, Batalha, 2006; Gwali et al., 2010; Lozano et al., 2010; Jastrzębska et al., 2011). И ранее попыток рассчитать такие индексы в растительных сообществах аридных регионов, особенно на Аравийском полуострове, не предпринималось.

С учетом неполной информации о моделях растительного разнообразия в аридном регионе Аравийского полуострова, данная работа направлена на изучение разнообразия видового состава растительных сообществ в четырех регионах Табука. Помимо прочего рассчитаны индексы таксономического разнообразия, а также изучено воздействие, оказываемое обстановкой в регионе и сдерживающими экологическими факторами.

Материалы, методы и район исследований

Места исследований. Для работы выбрали четыре региона провинции Табук в Саудовской Аравии: Альваз, Алькан, Шарма и Зета. Все они расположены в северной части полуострова, на аридных территориях Алнфуда. Виды изучали на площадках 10x10 м, принимая во внимание только сосудистые растения. Прочие детали об отборе проб и картировании представлены в работе К. Al-Mutairi с соавторами (2016). Виды были определены и учтены с помощью определителей растений S. Chaudhary (2001) и S. Collette (1999).

Измерение физических и химических свойств почвы. На каждой площадке измеряли несколько свойств почвы, отобрав образцы с глубины 0-50 см. Образцы помещали в подписанные пластиковые пакеты и направляли в лабораторию, где с помощью дистиллированной воды подготавливали почвенные вытяжки, которые затем изучали по следующим параметрам: электропроводность (ЭП), pH, марганец (Mn^{2+}), органические вещества (ОВ), калий (K^+), натрий (Na^+), магний (Mg^{2+}), кальций (Ca^+), карбонаты (CO_3^{2-}), бикарбонаты (HCO_3^-), сульфаты (SO_4^{2-}), хлориды (Cl^-). Анализ проводили в соответствии с методами, предложенными М. Jасson (1965) и S.E. Allen с соавторами (1986).

Вычисление индексов таксономического разнообразия и статистический анализ. Все расчеты и статистический анализ были сделаны с использованием «R program» (2.14.1). Индексы среднего таксономического разнообразия (Δ^+) и изменчивости разнообразия (λ^+) вывели при помощи функции «Taxondive» из пакета «Vegan», которые учитывают данные отсутствия и присутствия. Виды расположили по родам и семействам. Среднее таксономическое разнообразие обозначили, как среднюю длину таксономического пути между двумя случайно выбранными видами сообщества (Clarke, Warwick, 1998).

Изменчивость разнообразия подсчитали, используя родство между каждой парой видов в образце (Clarke, Warwick, 2001). Сочетание двух этих индексов предлагаем считать статистически весомым описанием таксономического разнообразия сообщества (Clarke, Warwick, 2001; Vilmi et al., 2016).

Чтобы определить многомерную дисперсию в растительных сообществах каждого региона (то есть β -разнообразие через ряд транзакционных операций), применили многомерность однородных дисперсионных групп (PERMDISP; Anderson, 2006). Для расчета среднего расстояния до центроидов использовали функцию «Betadisper» из пакета «Vegan», которая основана на мере различий Серенсена и рекомендована для данных отсутствия и присутствия.

Канонический анализ нормальных координат (КАН), основанный на дискриминантном анализе, испытали для исследования многомерного разнообразия в таксономическом составе растительности изученных регионов. Испытание провели, используя функцию «CAPdiscrim» из пакета «BiodiversityR». Затем первые две оси КАН сопоставили с переменными среды при помощи

корреляции Пирсона с уровнем значимости, равным 0.05. Только уровень органических веществ (ОВ) и натрия в почве показал положительное соотношение с осями КАН. Затем применили модели линейной регрессии, чтобы провести связь между осями и уровнями органического вещества и Na^+ . Наконец, вычислили коэффициент регрессии содержания в почве ОВ и Na^+ для их зависимости от индексов таксономического разнообразия (Δ^+ и λ^+).

Результаты исследований

Однородность дисперсии (расстояние до центроида) использовали, чтобы исследовать различия образцов β -разнообразия, основанного на мере расстояния Серенсена. Однородность многомерной дисперсии выявила 10 положительных и 2 отрицательных собственных значения. Значения среднего расстояния до центроида составили 0.49 для Альваза, 0.47 для Алькана, 0.52 для Шармы и 0.47 для Зеты. Высшее значение оказалось в Шарме, а низшее – в Алкане и Зете. Диаграмма размаха среднего расстояния до центроида в каждом регионе представлена на рисунке 1.

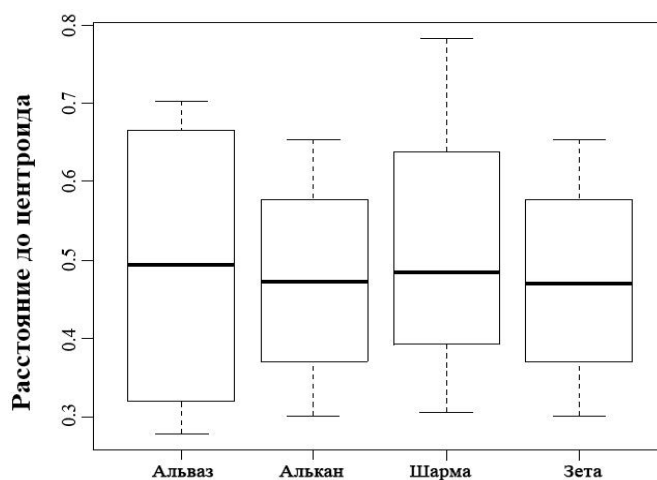


Рис. 1. Диаграмма размаха значений дистанции до центроида (β -разнообразия) видов растений.

Кроме того, использовали канонический анализ нормальных координат (КАН), основанный на дискриминантном анализе, чтобы изучить влияние региональной обстановки на таксономический состав растений аридного региона. Остаточная погрешность модели КАН составила 0.265, а установленная R^2 – 0.209 и P – 0.012. Первые две оси КАН, построенные в процессе анализа, соотносили с переменными среды, прибегнув для этого к корреляции Пирсона (табл. 1).

Соотношение органического вещества (ОВ) показало положительную и значительную корреляцию с осями ($r=0.60$, $P=0.01$). Однако натрий соотносился с ними отрицательно ($r=-0.56$, $P=0.02$). На рисунке 2 продемонстрирована модель регрессии двух первых осей КАН в сравнении с ОВ и Na^+ .

Результаты индексов таксономического разнообразия суммированы в таблице 2. Как показано на рисунке 3, среднее таксономическое разнообразие растений изученных регионов демонстрирует высокие коэффициенты регрессии (R^2): 0.146 для органического вещества и 0.144 для натрия. Однако значения R^2 , отмеченные между изменчивостью таксономического разнообразия и органическим веществом, концентрацией Na составили 0.077 и 0.200 соответственно.

Обсуждение

Аридные и полуаридные регионы стали областью повышенного интереса для исследователей из-за своеобразного флористического разнообразия и его распределения, а также временных изменений в местной воде (Snyder et al., 2004). Кроме того, такие территории известны своей чувствительностью к ландшафтным изменениям, спровоцированным деятельностью человека (Nicholson, Farrar, 1994; Nicholson et al., 1998; Evans, Geerken, 2004). Результаты КАН показали, что региональная обстановка

влияет на таксономический состав растений аридных территорий. Аридные и полуаридные регионы стали областью повышенного интереса для исследователей из-за своеобразного флористического разнообразия и распределения, а также временных изменений в местной воде (Snyder et al., 2004). Кроме того, такие территории известны своей чувствительностью к ландшафтным изменениям, спровоцированным деятельностью человека (Nicholson, Farrar, 1994; Nicholson et al., 1998; Evans, Geerken, 2004). Результаты КАН показали, что региональная обстановка влияет на таксономический состав растений аридных территорий.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции Пирсона и значения первых двух осей КАН в сравнении с органическим веществом и натрием.

	Ось 1 (КАН)		Ось 2 (КАН2)	
	<i>r</i>	P	<i>r</i>	P
ОВ	0.60	0.01	-0.25	0.35
pH	0.05	0.86	0.21	0.44
Mn	-0.31	0.24	0.17	0.53
ЕС	-0.30	0.28	0.04	0.88
K ⁺	-0.29	0.27	0.24	0.37
Na ⁺	-0.56	0.02	0.18	0.51
Mg ²⁺	-0.23	0.40	-0.04	0.88
Ca ²⁺	0.09	0.73	-0.06	0.83
CO ₃ ²⁻	0.37	0.15	0.20	0.46
HCO ₃ ⁻	-0.34	0.19	-0.06	0.83
SO ₄ ²⁻	-0.44	0.08	0.31	0.25
Cl ⁻	0.07	0.80	-0.41	0.12

Таблица 2. Индексы таксономического разнообразия (Δ^+ и λ^+) растительных сообществ четырех регионов Табука в Саудовской Аравии.

Регион	Среднее таксономическое разнообразие (Δ^+)	Изменчивость таксономического разнообразия (λ^+)
Альваз	79.55	253.95
	76.09	104.10
	73.33	220.66
	79.77	309.79
Алькан	76.49	213.13
	82.39	237.25
	82.98	298.81
	79.91	270.73
Шарма	78.52	260.22
	82.13	206.63
	78.10	203.93
	81.74	192.77
Зета	76.49	213.13
	82.39	237.25
	82.89	300.81
	79.91	270.73

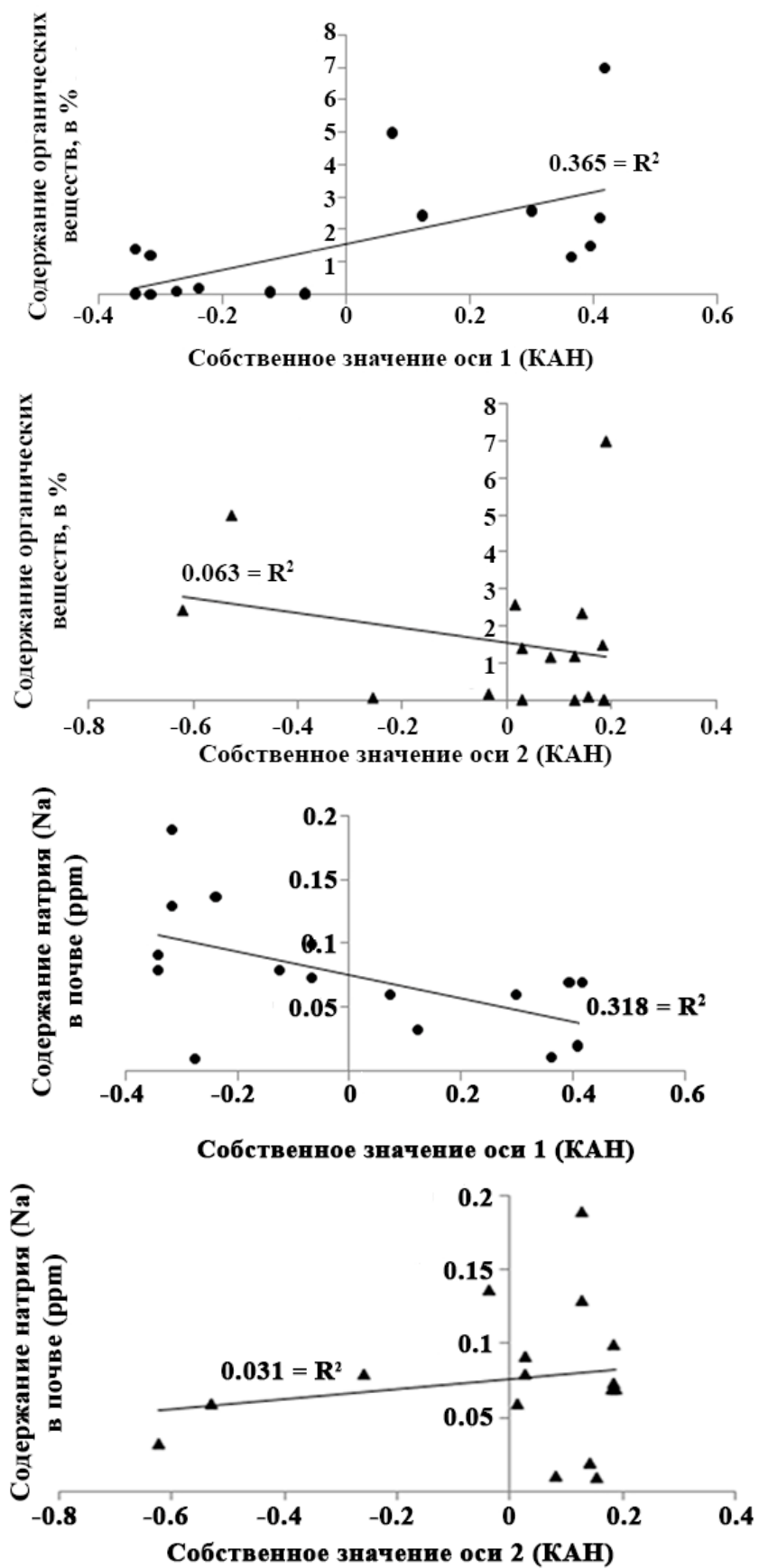


Рис. 2. Модели линейной регрессии первых осей КАН в сравнении с органическим веществом и Na. АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 4 (73)

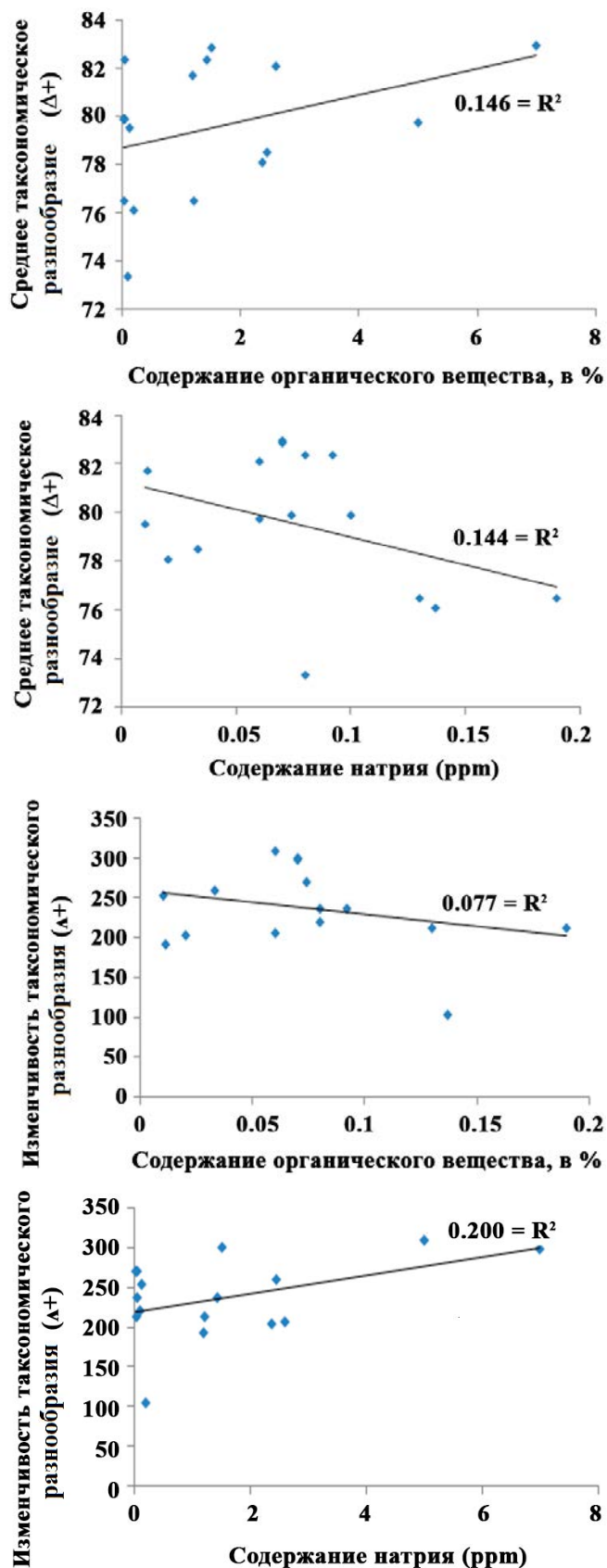


Рис. 3. Модели регрессии среднего таксономического разнообразия и изменчивости таксономического разнообразия в сравнении с содержанием в почве органического вещества и концентрацией натрия.

Более того, на одной из площадок в Шарме значение β -разнообразия оказалось наивысшим по сравнению с прочими местами. Поэтому идея о том, что пространственные ограничения и неоднородность среды обитания являются сильными факторами воздействия на растительные сообщества, соответствует другим исследованиям (Welter-Schultes, Williams, 1999; Cody, 2006; Kreft et al., 2008; Lozano et al., 2010). Также предполагается, что разные регионы могут подвергаться разному антропогенному влиянию, которое в конечном счете вредит распределению и разнообразию растительности в регионе. Это подтверждается общим фактом, в соответствии с которым антропогенная деятельность оказывает негативный эффект на разнообразие растительности (Gwali et al., 2010).

Существуют противоречивые выводы по вопросу таксономического разнообразия, которые предлагают одновременно использовать и не использовать разнообразие для оценки экосистемы (Abellán et al., 2006; Bhat, Magurran, 2006; Leira et al., 2009; Xu et al., 2012). Между тем многие исследователи не советуют прибегать к одному лишь разнообразию для составления исчерпывающей картины биоанализа (Heino et al., 2005; Bevilacqua et al., 2011, Vilmi et al., 2016).

Цель представленной работы – оценить влияние свойств почвы на степень таксономического разнообразия в аридном регионе. Хотя на данных территориях проведено множество флористических исследований, ранее попыток изучить такое влияние, не предпринималось (El-Ghani, Amer, 2003; Al-Turki, Al-Olayan, 2003; El-Ghani, Amer, 2003; Al-Mutairi et al., 2016).

В этой работе оценены два значения таксономического разнообразия: среднее таксономическое разнообразие (Δ^+), которое измерено, как длина пути между двумя любыми случайно отобранными видами сообщества (Clarke, Warwick, 1998) и изменчивость таксономического разнообразия (λ^+), которое основано на таксономической связи видов между каждой парой видов в сообществе (Clarke, Warwick, 2001). Высокие значения Δ^+ в растительных сообществах говорят о том, что на низких таксономических уровнях виды связаны менее тесно. Другими словами, существует множество видов, которые принадлежат к одному семейству или роду. Обнаружено, что органическое вещество и уровень содержания натрия в почве оказывает значительное влияние на Δ^+ (при R^2 равном 0.146 и 0.144 соответственно). Однако на λ^+ органическое вещество влияет слабо ($R^2=0.077$), в отличие от Na ($R^2=0.200$). Общепринято считать, что разнообразие местных растительных сообществ определяется абиотическими факторами, так как они формируют нишу растительных видов (Leibold, 1998; Webb et al., 2002; Enquist et al., 2002; Galal, Fahmy, 2012). С другой стороны, индексы таксономического разнообразия демонстрируют, что растительные сообщества в данном регионе подпадают под антропогенное влияние, такое как, например, вырубка лесов (Al-Mutairi et al., 2015). В то же время физические и химические свойства почвы славятся своим сильным вкладом в формирование растительных сообществ в аридных и полуаридных средах обитания (Shaltout, El-Sheikh, 1993; Shaltout et al., 1994; El-Sheikh et al., 2013).

Выводы

Данное исследование установило, что региональные условия сильно влияют на формирование растительных сообществ аридных территорий. Индексы таксономического разнообразия (среднего таксономического разнообразия и изменчивости разнообразия) оказались эффективными инструментами в оценке разнообразия аридного региона. Выяснено, что содержание органического вещества и натрия в почвенных образцах заметно воздействует на растительное разнообразие региона. Органическое вещество положительно коррелирует с таксономическими индексами. Бета-разнообразии выявило очевидные различия между изученными областями. В Шарме значение β -разнообразия было самым высоким, поэтому крайне необходимо разработать стратегии по сохранению здесь видов растений. При этом информация, полученная в ходе исследований, является базовой для дальнейшего экологического изучения аридного региона Аравийского полуострова, которое нужно, чтобы выявить, как различная деятельность человека воздействует на растительное разнообразие и распределение.

Благодарности. Автор выражает свою благодарность научному факультету Университета Табука за содействие в сборе и анализе информации, а также искреннюю признательность рецензентам за их ценные замечания и советы, которые значительно улучшили мою рукопись.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Abellán P., Bilton D., Millán A., Sánchez-Fernández D., Ramsay P.* 2006. Can taxonomic distinctness assess anthropogenic impacts in inland waters? A case study from a Mediterranean river basin // *Freshwater Biology*. Vol. 51. № 9. P. 1744-1756.
- Allen S.E., Grimshaw H.M., Rowland A.P.* 1986. Chemical analysis // *Methods of Plant Ecology*. Blackwell, Oxford. P. 285-344.
- Al-Mutairi K., Al-Shami S., Khorshid Z., Moawed M.* 2016. Floristic Diversity of Tabuk Province, North Saudi Arabia // *Journal of Animal and Plant Sciences*. Vol. 26. № 4. P. 1019-1025.
- Al-Mutairi K.A., Al-Atawi A., Alajlan A., Al-Shami S.A.* 2015. Woodcutting Activities in Tabuk Region (Saudi Arabia): Assessment of Conservation Knowledge // *Aceh International Journal of Science and Technology*. Vol. 4. № 2. P. 110-120.
- Al-Turki T., Al-Olayan H.* 2003. Contribution to the flora of Saudi Arabia: Hail region // *Saudi journal of biological sciences*. Vol. 10. P. 190-222.
- Bevilacqua S., Fraschetti S., Musco L., Guarnieri G., Terlizzi A.* 2011. Low sensitiveness of taxonomic distinctness indices to human impacts: evidences across marine benthic organisms and habitat types // *Ecological Indicators*. Vol. 11. № 2. P. 448-455.
- Bhat A., Magurran A.E.* 2006. Taxonomic distinctness in a linear system: a test using a tropical freshwater fish assemblage // *Ecography*. Vol. 29. № 1. P. 104-110.
- Chaudhary S.* 2001. Flora of the Kingdom of Saudi Arabia (Vascular Plants). Riyadh: Saudi Arabia National Agriculture and Water Research Center, National Herbarium, Ministry of Agriculture and Water. Vol. 1. 231 p.
- Clarke K., Warwick R.* 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties // *Journal of applied ecology*. Vol. 35. № 4. P. 523-531.
- Clarke K., Warwick R.* 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness // *Marine ecology Progress series*. Vol. 216. P. 265-278.
- Cody M.L.* 2006. Plants on islands: diversity and dynamics on a continental archipelago. University of California Press. 269 p.
- Collentette S.* 1999. Wild Flowers of Saudi Arabia. National Commission for Wildlife Conservation and Development. Riyadh. 799 p.
- Da Silva I.A., Batalha M.A.* 2006. Taxonomic distinctness and diversity of a hyperseasonal savanna in central Brazil // *Diversity and Distributions*. Vol. 12. № 6. P. 725-730.
- El-Ghani M.M.A., Amer W.M.* 2003. Soil-vegetation relationships in a coastal desert plain of southern Sinai, Egypt // *Journal of Arid Environments*. Vol. 55. № 4. P. 607-628.
- El-Sheikh M.A., Thomas J., Alatar A.A., Hegazy A.K., Abbady G.A., Alfarhan A.H., Okla M.I.* 2013. Vegetation of Thumamah Nature Park: a managed arid land site in Saudi Arabia // *Rendiconti Lincei*. Vol. 24. № 4. P. 349-367.
- Enquist B.J., Haskell J.P., Tiffney B.H.* 2002. General patterns of taxonomic and biomass partitioning in extant and fossil plant communities // *Nature*. Vol. 419. № 6907. P. 610-613.
- Evans J., Geerken R.* 2004. Discrimination between climate and human-induced dryland degradation // *Journal of Arid Environments*. Vol. 57. № 4. P. 535-554.
- Galal T.M., Fahmy, A.G.* 2012. Plant diversity and community structure of Wadi Gimal protected area, Red Sea Coast of Egypt // *African Journal of Ecology*. Vol. 50. № 3. P. 266-276.
- Gallardo B., Gascón S., Quintana X., Comín F.A.* 2011. How to choose a biodiversity indicator – Redundancy and complementarity of biodiversity metrics in a freshwater ecosystem // *Ecological Indicators*. Vol. 11. № 5. P. 1177-1184.
- Gwali S., Okullo P., Hafashimana D., Byabashaija D.M.* 2010. Taxonomic diversity, distinctness, and abundance of tree and shrub species in Kasagala forest reserve in Uganda: implications for management and conservation policy decisions // *Tropical Conservation Science*. Vol. 3. № 3. P. 319-333.
- Heino J., Soininen J., Lappalainen J., Virtanen R.* 2005. The relationship between species richness and taxonomic distinctness in freshwater organisms // *Limnology and Oceanography*. Vol. 50. № 3. P. 978-986.
- Hu G., Zhang Q.* 2016. Seasonal variations in macrobenthic taxonomic diversity and the application of taxonomic distinctness indices in Bohai Bay, northern China // *Ecological Indicators*. Vol. 71. P. 181-190.
- Jacson M.* 1965. Soil chemical analysis. London: Constable, Ltd. Co. 498 p.
- Jastrzebska M., Wanic M., Jastrzebski W., Kostrzewska M.K.* 2011. Taxonomic diversity and distinctness indices in assessment of weed communities // *Acta Agrobotanica*. Vol. 64. № 4. P. 225-265.
- Kreft H., Jetz W., Mutke J., Kier G., Barthlott W.* 2008. Global diversity of island floras from a macroecological perspective // *Ecology letters*. Vol. 11. № 2. P. 116-127.
- Leibold M.A.* 1998. Similarity and local co-existence of species in regional biotas // *Evolutionary Ecology*. Vol. 12. № 1. P. 95-110.
- Leira M., Chen G., Dalton C., Irvine K., Taylor D.* 2009. Patterns in freshwater diatom taxonomic distinctness along an

- eutrophication gradient // *Freshwater Biology*. Vol. 54. № 1. P. 1-14.
- Lozano F.D., Price J., Otto R., Fernández-Palacios J.M.* 2010. Using taxonomic and phylogenetic evenness to compare diversification in two Island Floras // *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. Vol. 12. № 2. P. 93-106.
- Magurran A.E.* 2003. *Measuring biological diversity*. Oxford, UK.: Blackwell Publishing. 256 p.
- Moreno C.E., Castillo-Campos G., Verdú J.R.* 2009. Taxonomic diversity as complementary information to assess plant species diversity in secondary vegetation and primary tropical deciduous forest // *Journal of Vegetation Science*. Vol. 20. № 5. P. 935-943.
- Nicholson S., Farrar T.* 1994. The influence of soil type on the relationships between NDVI, rainfall, and soil moisture in semiarid Botswana // *Remote Sensing of Environment*. Vol. 50. № 2. P. 107-120.
- Nicholson S.E., Tucker C.J., Ba M.* 1998. Desertification, drought, and surface vegetation: An example from the West African Sahel // *Bulletin of the American Meteorological Society*. Vol. 79. № 5. 815 p.
- Ricotta C., Avena G., Chiarucci A.* 2005. Quantifying the effects of nutrient addition on the taxonomic distinctness of serpentine vegetation // *Plant Ecology*. Vol. 179. № 1. P. 21-29.
- Shaltout K., El-Din A.S., El-Sheikh M.* 1994. Species richness and phenology of vegetation along irrigation canals and drains in the Nile Delta, Egypt // *Vegetatio*. Vol. 112. № 1. P. 35-43.
- Shaltout K., El-Sheikh M.* 1993. Vegetation environment relations along water courses in the Nile Delta region // *Journal of Vegetation Science*. Vol. 4. № 4. P. 567-570.
- Snyder K., Cable J., Huxman T., Tartowski S.* 2004. Arid ecosystem responses to variations in the frequency and magnitude of growing season precipitation // Paper presented at the 89th Annual Meeting, Ecological Society of America. 476 p.
- Vilmi A., Karjalainen S.M., Kuoppala M., Tolonen K.T., Heino J.* 2016. Taxonomic distinctness along nutrient gradients: More diverse, less diverse or not different from random? // *Ecological Indicators*. Vol. 61. P. 1033-1041.
- Warwick R., Clarke K.* 1995. New biodiversity measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress // *Marine ecology Progress series*. Vol. 129. P. 301-305.
- Webb C.O., Ackerly D.D., McPeck M.A., Donoghue M.J.* 2002. Phylogenies and community ecology // *Annual review of ecology and systematics*. P. 475-505.
- Welter-Schultes F., Williams M.* 1999. History, island area and habitat availability determine land snail species richness of Aegean islands // *Journal of Biogeography*. Vol. 26. № 2. P. 239-249.
- Xu G., He C., Xu H., Huang Y., Sun H.* 2012. Application of taxonomic distinctness indices of littoral macroinvertebrate communities for assessing long-term variation in ecological quality status of intertidal ecosystems, northern China // *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 19. № 9. P. 3859-3867.

ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ И ЧИСЛЕННОСТИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ПТИЦ В ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

© 2017 г. В.А. Преловский

*Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения РАН
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, д. 1. E-mail: amadeo81@mail.ru*

Поступила 17.10.2016

Представлены данные длительных наблюдений (1970-2012 гг.) об изменении структуры населения и численности млекопитающих и птиц в условиях пастбищной нагрузки и заповедного режима в степной зоне Южно-Минусинской котловины. Выявлено, что недостаточный выпас или его полное отсутствие приводят к не менее серьёзным структурным изменениям в сообществах животных, чем её превышение. Снижение пастбищной нагрузки хоть и ведёт к восстановлению населения млекопитающих и птиц степных экосистем, но оно существенным образом отличается от коренных, за счет выпадения некоторых стенобионтных видов и внедрения на ранних стадиях сукцессий эврибионтов. В настоящее время происходит очередное усиление воздействия пастбищной нагрузки на степные экосистемы котловины
Ключевые слова: Южно-Минусинская котловина, степи, пастбищная нагрузка, динамика населения, численность, млекопитающие, птицы.

Вовлечение земель в сельскохозяйственное производство ведет к глубоким изменениям, как отдельных компонентов, так и экосистем в целом. Южно-Минусинская котловина является одним из центров зарождения сельского хозяйства в Сибири. Именно с началом развития кочевого скотоводства и земледелия около 4 тыс. лет назад связано усиление влияния человека на природную среду котловины. К середине XX в. сельское хозяйство достигло высокой степени концентрации: колхозы и совхозы по основным экономическим показателям были сравнимы с промышленными предприятиями и на протяжении 40 лет являлись существенным антропогенным фактором изменения и преобразования природной среды котловины (Преловский, 2015).

Со спадом в производстве с начала 1990-х гг. было выведено из оборота и переведено в разряд стихийно законсервированных, а по существу – неиспользуемых земель более 624 тыс. га, в основном, за счет сокращения сенокосов и пастбищ. В настоящее время из 900 тыс. га пастбищ и 700 тыс. га пашни, используется всего около трети их площадей (Кандалова, 2009).

Крупномасштабное преобразование окружающей среды, охватившее практически всю Сибирь, потребовало разработки долгосрочного прогноза ожидаемых изменений и выработки новых приёмов рационального природопользования. Для решения этих задач Институтом географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (тогда ИГ Сибири и Дальнего Востока) была создана сеть стационаров, на которых на протяжении от 20 до 40 лет проводились комплексные исследования, в том числе и зоологические. Эти многолетние стационарные исследования в Койбальской степи позволяют проследить особенности восстановления структуры населения млекопитающих и птиц в условиях пастбищной нагрузки и заповедного режима, а также выявить основные взаимосвязи между восстановительными процессами и современным состоянием сообществ.

Материалы и методы исследований

Территория исследований находится в степной зоне Южно-Минусинской котловины – наиболее крупной и сложно устроенной части обширного Минусинского межгорного прогиба. Своеобразие геолого-геоморфологических условий (орографическая замкнутость, особенности морфометрии и расчлененность рельефа) формируют особый, свойственный только ей климатический режим, создают неповторимые сочетания ландшафтов с разнообразными растительными сообществами и

животным населением.

Сбор материалов автор проводил в 2007-2012 гг. на полигоне степного стационара Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН в окрестностях п. Новониколаевка (53° 18' 49" с.ш., 91° 24' 85" в.д.) Бейского района Республики Хакасия. Дополнительно использовались ежегодные отчеты по стационару и опубликованные материалы за период наблюдений с 1970 по 1998 гг. В структурном отношении местность полигона типична для Койбальской степи и характеризуется куэстово-грядовым рельефом субширотного простирания, возвышающегося на 110-120 м над аллювиальной равниной, примыкающей с севера, востока и юга. В растительном покрове доминируют мелкодерновиннозлаковые с караганой карликовой (*Stipa krylovii*–*Festuca valesiaca*–*Koeleria cristata*–*Cleistogenes squarrosa*–*Caragana pygmaea*), овсецово-ковыльные (*Helictotrichon desertorum*–*S. krylovii*), петрофитноразнотравные (*Thymus mongolicus*–*Gypsophila patrinii*–*Alyssum* sp.–*Astragalus* sp.–*Potentilla* sp.–*Androsace incana*) группы ассоциаций настоящих степей с фрагментами лесолугового пояса на черноземах и с участием недоразвитых почв на гребнях гряд. Длина полигона равна 3.6 км, ширина – 200-300 м. С 1970 по 1994 гг. полигон был огорожен проволочным забором для создания заповедного режима и наблюдений за восстановительными процессами степных экосистем.

Для учета численности мелких млекопитающих на всем протяжении наблюдений применялись стандартные методики отлова ловушками Геро по 25-50 шт. в линии. Дополнительно использовались ловчие канавки длиной 50 м с пятью конусами и 20 м с двумя конусами. Было отработано 7800 ловушко-суток и 3400 конусо-суток и в результате отловлено 2712 и 594 зверьков, соответственно. Остальные виды млекопитающих учитывались визуально параллельно с учетами птиц, дополнительно проводили поиск нор и других следов жизнедеятельности. Орнитофауна в 2007-2012 гг. изучалась на постоянных маршрутах. Во время учета птиц и при дальнейшей обработке материала применялась стандартная методика раздельного пересчета разных видов по средней дальности их обнаружения. Суммарная протяженность основных маршрутов составила 118 км, дополнительных – 20 км.

Русские и латинские названия млекопитающих даны по И.Я. Павлинову с соавторами (2002), птиц – по Е.А. Коблику с соавторами (2006), растений – согласно открытому атласу определителю растений России и сопредельных стран (<http://www.plantarium.ru>).

Результаты и обсуждение

В процессе длительной эволюции экосистемы степной зоны котловины формировались в значительной мере под воздействием умеренного выпаса копытных – сначала диких, затем домашних. Благодаря максимальному отчуждению растительности, на которую способен комплекс животных-фитофагов при сезонном использовании пастбищ в кочевом скотоводстве, происходила адаптация экосистем к пастбищной нагрузке. Поэтому считается, что выпас в умеренных размерах является нормальным экологическим фактором и даже приводит к увеличению растительной продукции и повышению устойчивости экосистем, в целом (Кучерук, 1963; Злотин, Ходашова, 1974; Абатуров, 1984; Горшкова, 1989). При низкой интенсивности выпаса домашних животных степные сообщества в течение длительного времени, как и при выпасе диких копытных, могут находиться в устойчивом равновесном состоянии, без проявлений пастбищной дигрессии. По мнению А.А. Тишкова (1984), это связано с тем, что «программа» саморазвития фитоценозов заранее заложена в эволюционно сложившиеся и наследственно закрепленные свойства видов, участвующих в формировании отдельных стадий восстановления. И лишь при значительном сокращении площади естественных пастбищных угодий и резком повышении поголовья скота естественный фактор перерастает в антропогенный. Перевыпас скота приводит к изменению структуры и видового состава биоты, разреживанию травостоя, снижению продуктивности и биомассы сообществ, уплотнению и деформации почвенного покрова, а также скотосбойному террасированию склонов, закочкариванию и засолению почв в понижениях.

Ненормированный и бессистемный выпас на протяжении второй половины XX в. сопровождался значительными нарушениями пастбищных экосистем котловины. Так только поголовье овец, насчитывающее в 1940-1950-е годы 450-520 тыс. голов, к 1965 г. увеличилось в два раза, а в 1990 г. оно достигло своей максимальной численности – 1567 тыс. (рис. 1). Уже в 1970-х гг. в Койбальской

степи нагрузка на пастбища превышала норму в 5-7 раз (Волкова и др., 1979), в 1980-х гг. она достигла своего максимального значения, превышая норму в 4-16 раз. Притом, что с 1961 по 1970-е гг. произошло значительное сокращение площадей пастбищных угодий (Никольская, 1968). Соотношение площади и поголовья овец в то время было таково, что на 1 га приходилось от 2.3 до 10 овец (Волкова и др., 1979; Кандалова, 2009). За этот же период поголовье крупнорогатого скота увеличилось почти в два раза, со 140 тыс. голов до 261 тыс. Снижение роли лошади в сельском хозяйстве привело к почти четырехкратному сокращению поголовья, по сравнению с дореволюционными показателями (рис. 1).

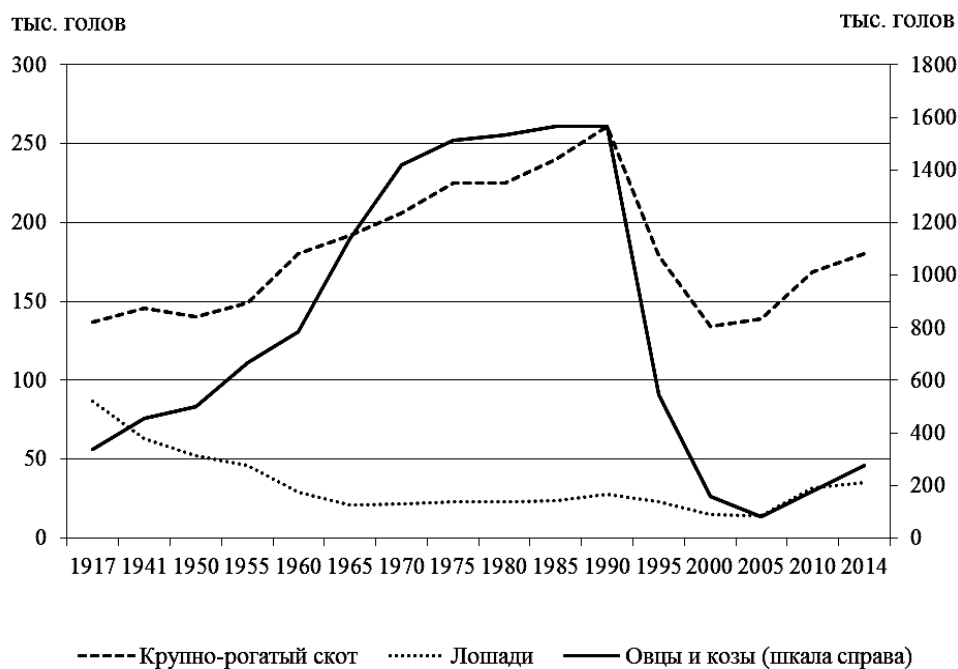


Рис. 1. Изменение численности поголовья скота.

Уже к концу прошлого столетия около четверти всех пастбищ в котловине находились на последних стадиях сбой и практически не использовались, а еще четвертая часть была сильно нарушена и нуждалась в щадящем режиме (Горшкова, 1989). В степной зоне котловины до сих пор прослеживаются разные степени деградации экосистем – от умеренной до чрезмерной (Горшкова и др., 1994; Ершова, Лапшина, 1994; Зайченко, Хакимзянова, 1999; Щетников, Зайченко, 2000). Наиболее нарушенные выпасом сообщества отмечены у подножий склонов, вблизи кошар, в местах водопоя и летних стоянок (Природные режимы ..., 1976; Кандалова, 2009).

Упадок сельскохозяйственного производства в 1994-1997 гг. привел к сокращению поголовья крупнорогатого скота и лошадей в два раза (рис. 1). Поголовье овец и коз снизилось в 18 раз, с 1.5 млн. до 81.5 тыс. голов (2005 г.) и только с 2006 г. наметился постепенный рост. Такое значительное снижение поголовья скота оказало положительное воздействие на восстановление пастбищных экосистем котловины.

Интенсивное хозяйственное освоение котловины, а также широко развернувшаяся борьба с «вредными видами», отрицательно отразились на состоянии популяций многих обитателей степей. За это время практически исчезли обыкновенный хомяк (*Cricetus cricetus*) и манул (*Felis manul*), резко сократилась численность волка (*Canis lupus*), лисицы (*Vulpes vulpes*), степного хорька (*Mustela eversmanni*) и особенно косули (*Capreolus pygargus*). Произошли серьезные структурные изменения в сообществах мелких млекопитающих и в авифауне. К концу XX в. в степном поясе котловины перестали гнездиться дрофа (*Otis tarda*) и орлан-белохвост (*Haliaeetus leucoryphus*). Значительно снизилась численность лугового (*Circus pygargus*) и степного луны (*Circus macrourus*), степного орла (*Aquila nipalensis*), могильника (*Aquila heliaca*), перепела (*Coturnix coturnix*), бородатой куропатки (*Perdix dauurica*), красавки (*Anthropoides virgo*), серого журавля (*Grus grus*), а также некоторых видов

жаворонков, каменок, коньков и др.

Создание заповедного режима на огороженном участке степи, подвергнувшегося чрезмерной пастбищной нагрузке, позволило проследить этапы восстановления биотического компонента ландшафта в условиях длительного эксперимента. За это время процессы восстановления затронули всю природную систему. По сравнению с пастбищем на полигоне улучшился режим тепла и влаги, что повлекло за собой восстановление фито- и зооценозов (Природные режимы ..., 1976; Волкова и др., 1979; Зайченко, 1996; Зайченко, Хакимзянова, 1999). Восстановительные тенденции по-разному сказались на населении млекопитающих и птиц полигона. Уже за первые 3-4 года на полигоне появились такие ранее не отмечавшиеся виды, как заяц-русак (*Lepus europaeus*), обыкновенная лисица и ласка (*Mustela nivalis*; табл. 1). Если первого привлекло на полигон увеличение фитомассы и снижение беспокойства со стороны человека и домашних животных, то лисицу и ласку скорее всего привлекло общее увеличение численности мышевидных грызунов, составляющих основу их рациона.

Таблица 1. Динамика структуры населения и численности млекопитающих полигона.

Вид	Годы					
	1970-1972	1973-1975	1980-1985	1990-1995	1995-2000	2006-2010
<i>Sorex tundrensis</i>	Ор	Ор	Ор	Ор	Ор	Ор
<i>Sorex minutissimus</i>	Об	Об	Р	Р	Р	Р
<i>Spermophilus undulatus</i>	Об	Об	-	-	Р	Ор
<i>Sicista subtilis</i>	Об	Об	Об	Об	Об	Об
<i>Phodopus sungorus</i>	Об	Ор	Ор	Ор	-	-
<i>Lagurus lagurus</i>	Мн	Р	Р	Ор	-	-
<i>Ondatra zibethicus</i>	-	-	-	-	-	Сл
<i>Microtus oeconomus</i>	Ор	Р	Р	Ор	-	-
<i>Microtus agrestis</i>	Ор	Ор	Ор	Ор	-	-
<i>Microtus gregalis</i>	Об	Мн	Мн	Мн	Мн	Мн
<i>Apodemus agrarius</i>	Р	Ор	Ор	Ор	Ор	Р
<i>Lepus europaeus</i>	-	Р	Р	Ор	Ор	Ор
<i>Vulpes vulpes</i>	-	Об	Р	Р	Р	ОР
<i>Mustela nivalis</i>	-	Р	Р	Р	Р	Р
<i>Mustela eversmanni</i>	Ор	Ор	-	-	-	Ор

Примечание к таблице 1: * – доминирующий вид, ** – субдоминант, Об – обычный вид, Р – редкий, ОР – очень редкий, Сл – случайный заход, «-» - вид не был отмечен.

Изменение микроклиматических условий и восстановление растительности привели к резкому сокращению численности типичных обитателей минусинских сухих степей (степной пеструшки (*Lagurus lagurus*), джунгарского хомячка (*Phodopus sungorus*), степного хоря и длиннохвостого суслика (*Spermophilus undulatus*)) и практически повсеместному доминированию узкочерепной полевки (*Microtus gregalis*), ранее обитавшей в локальных увлажнённых участках. Отсутствие вытаптывания травы привело к выселению за пределы полигона длиннохвостого суслика, чья численность также напрямую зависит от интенсивности выпаса. В начале заповедного режима на полигоне наблюдалось до 4-5 поселений длиннохвостого суслика на 1 га, но постепенно численность его снижалась и к 1980-м гг. он перестал селиться (Зайченко, 1996).

Массовое размножение степной пеструшки, наблюдавшееся в 1971 г. на пастбищных участках, сменилось резким сокращением численности и количеством поселений (на 1-2 га встречалось одно поселение) в последующие годы, что связывают как с опылением сельскохозяйственных полей гербицидами, так и со снижением пастбищной нагрузки (Зайченко, 1996). Следует отметить, что подобные явления всплеск численности мышевидных грызунов не раз происходили в степях котловины и приводили к катастрофическим последствиям. В литературе описаны случаи всплеск «мышей» в 1861, 1881, 1885, 1887 и 1926 гг., причинившие серьезный вред местному сельскому хозяйству, падежу скота и порче хлеба, овощей и пр. (Аргунов, 1892; Зверев, 1928). Но самым

памятным остается масштабное нашествие «мышей» в 1887 г. Тогда П.А. Аргунов писал: «Осенью этого года массы их появились на степях по левую сторону Енисея. По мере уничтожения растительности, они продвигались по степям, направляясь к Енисею. При переправе через Енисей эти огромные полчища большею частью гибли; небольшим остаткам их удалось выбраться на правую сторону и здесь произвести опустошение в кладях хлеба, запасах сена и пр. ... вся степь была покрыта сложной сетью тропок, радиально расходящихся от отверстий бесчисленных нор; при наступлении морозов над отверстиями нор образовались живые кучи: животные давили друг друга, стараясь проникнуть в норы; но это удавалось очень немногим, – остальные замерзали огромными глыбами ... В затонах Енисея к великому своему огорчению и удивлению рыбаки вытаскивали сети, переполненные трупами мышей, которые у мест переправы иногда толстым слоем покрывали собой дно реки. Соблазненная обильным кормом в степях осталась зимовать значительными стадами перелетная птица – дрофа ...» (Аргунов, 1892, с. 143). Лишь с созданием в середине 1930-х гг. Сибирской краевой станции защиты растений (Сибкрайстазра) начались работы по изучению биологии и разработке мер борьбы с вредителями сельского хозяйства, в результате чего численность некоторых из них (степная пеструшка, длиннохвостый суслик, обыкновенный хомяк и др.) была значительно снижена на большей части территории котловины.

Таким образом, как показано выше, уже в первые годы заповедного режима произошла смена доминирующих видов в сторону увеличения доли мезофильных видов, которые с ростом численности и плотности поселений за 9-10 лет широко расселились по территории котловины (табл. 1). При этом снижение видового разнообразия мелких млекопитающих и даже выпадение отдельных видов не сказалось на общей динамике их численности, в первую очередь, за счет высокого прироста численности узкочерепной полевки. На протяжении существования заповедного периода численность грызунов на полигоне была значительно выше, чем в его окрестностях (рис. 2).

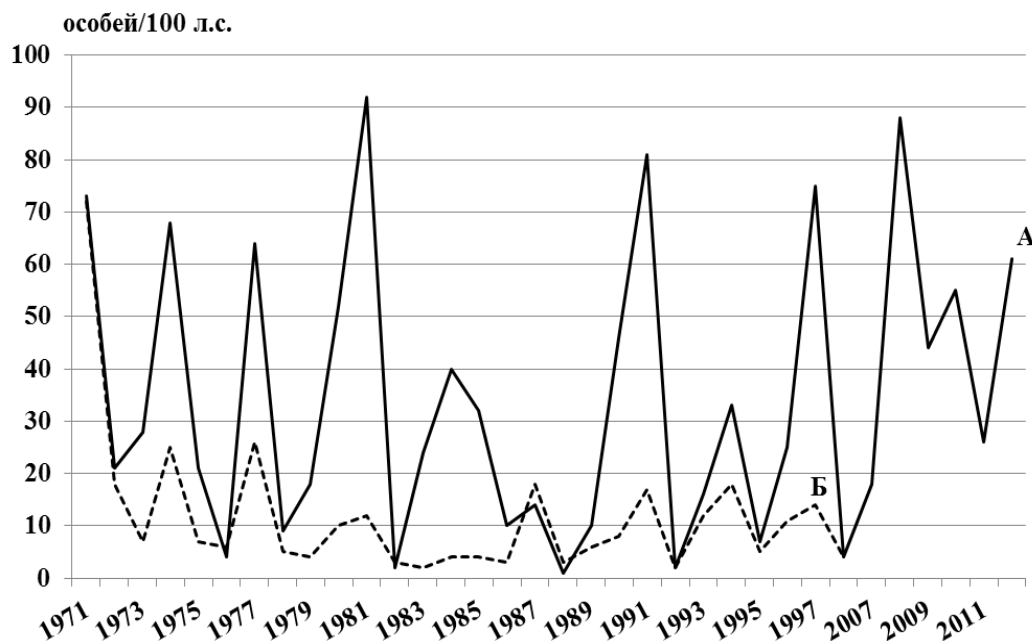


Рис. 2. Динамика численности мелких млекопитающих в условиях открытого выпаса (А) и на полигоне (Б); данные за 1970-1998 гг. взяты из работы А.И. Щетникова и О.А. Зайченко (2000).

Значительная флуктуация численности млекопитающих связана с циклическими колебаниями, вызванными воздействием абиотических и антропогенных факторов. Так, низкие показатели численности мелких млекопитающих в 1972, 1975, 1979, 1982, 1988 гг. связаны с превышением среднегодовых показателей (в теплый период) тепла и осадков. Летние периоды в 1973, 1980, 1986 гг., наоборот, характеризуются как умеренно теплые и очень засушливые. Подъемы численности, отмеченные в 1971, 1974, 1977, 1980, 1981, 1984 гг., относятся к тёплым и влажным сезонам и характеризуются ранним размножением полёвок (конец апреля – начало мая), вследствие чего уже в июне молодые особи достигали в отловах 43-53% (Зайченко, 1996). Зимний период

степной зоны днища котловины, характеризуется более низкими температурами в сравнении с предгорьем, отсутствием устойчивого снежного покрова (кроме отрицательных форм рельефа) вследствие таяния и эпизодического выпадения дождевых осадков, что приводит к интенсивному промерзанию грунтов и создаёт неблагоприятные условия для грызунов. За 40-летний период наблюдений единственная многоснежная зима была в 1979 г., когда выпавшие осадки превысили норму в два раза, а высота снежного покрова достигала 40-60 см., что благоприятно сказалось на весенней вегетации растений на полигоне и раннем размножении мелких млекопитающих. Из других факторов большое влияние на восстановление растительности полигона и непосредственно на сообщества млекопитающих и наземногнездящихся птиц оказывали крупные степные пожары (1984, 1988, 1994 гг.), вспышки численности лугового мотылька (1978 г.) и пыльные бури (1970, 1974, 1977, 1980, 1984, 1988 гг.). Масштабы последствий пыльных бурь можно оценить по описанию одной из них, прошедшей в апреле 1988 г., после чего большая часть полигона была засыпана слоем мелкозёма толщиной 10-17 см (Зайченко, Хакимзянова, 1999). Занесенные участки стали зарастать сорными видами, корневищные злаки восстановились лишь к концу вегетативного периода, а дерновинные злаки в этот год так и не восстановились. Последствия бури, наложившиеся на неблагоприятные климатические условия летнего периода, а также весеннего пожара и трёхдневного ливня в июле (184 мм осадков) привели к массовой гибели зверьков и катастрофически отразились на их численности в этот год (рис. 2). Высокая численность в 1971, 1981, 1991, 1997 и 2008 гг. связана с характерными для мелких млекопитающих 10-12-летними циклическими вспышками, в первый год – степной пеструшки, в остальные – узкочерепной полёвки. Как правило, после таких вспышек на следующий год отмечалась депрессия.

Наши наблюдения в 2007-2011 гг., проходившие после более чем 10 летнего периода снятия заповедного режима, показывают, что именно высокая пастбищная нагрузка оказывала существенное влияние на структуру и динамику численности мелких млекопитающих степей (Преловский, 2015). В период наблюдений пастбищная нагрузка не превышала 0.1-0.2 головы крупнорогатого скота на 1 га. При такой низкой численности выпасаемого домашнего скота в структуре населения не происходит существенных изменений, а флуктуация численности (рис. 2, правая часть) сопоставима с таковой в заповедный период (рис. 2, левая часть). Показатели численности сопоставимы с таковыми во время заповедного режима и значительно превышают показатели обилия грызунов в открытой степи (1971-1994 гг.). Низкая численность в 2007 г. связана с частыми пожарами (май, июль), охватившими значительную часть полигона, на фоне жаркого и засушливого лета. Лето 2009 и 2011 гг., напротив, было относительно прохладным с обильными осадками.

Отсутствие домашних и диких копытных животных-фитофагов в начале введения заповедного режима привело к восстановлению структуры растительных сообществ и увеличению их продуктивности (Волкова и др., 1979). По наблюдениям О.А. Зайченко (1996) мелкие млекопитающие-фитофаги, ставшие основными потребителями растительной продукции, вначале справлялись с продукционно-деструкционными процессами и поддерживали систему в устойчивом состоянии, играя активную роль в динамике и функционировании степей. После 13-14 лет действия заповедного режима на фоне накопления мертвой органики на поверхности почвы и смены растительных сообществ на малоценные в кормовом отношении олигодоминантные осоково-овсецовые (*Carex* spp. – *Helictotrichon* spp.), наметилась тенденция к сокращению численности мелких млекопитающих и площади их поселений. По мере дальнейшего нарастания фитомассы грызуны уже не справлялись с деструкцией накопившегося подстилочного материала, что продолжало негативно сказываться на состоянии их населения, и, в свою очередь, привело к падению продукции фитомассы (Щетников, Зайченко, 2000). В дальнейшем видовой состав полигона нормализовался и на протяжении почти десятилетия (1985-1995 гг.) оставался неизменным (табл. 1).

Бессистемный выпас, сезонные пожары и прочие антропогенные факторы, возобновившиеся после снятия заповедного режима в 1990-х гг., привели к очередным изменениям в структуре населения млекопитающих, но они уже не были столь существенными, как в начале исследований. В настоящее время на полигоне отмечено 11 видов млекопитающих. Практически во всех растительных сообществах по-прежнему доминирует узкочерепная полёвка. Отсутствие степной пеструшки и джунгарского хомячка, может быть связано с изменениями природного режима (микроклимата, состава и структуры фитоценоза), а также с высокой конкуренцией с узкочерепной полёвкой. В настоящее время динамика численности мелких млекопитающих подвержена годовым флуктуациям

и зависит в большей степени от ряда абиотических факторов и популяционных механизмов, чем от выпаса скота (Преловский, 2015).

Возросшее беспокойство со стороны человека и выпасаемого скота, наряду с пожарами, привели к постепенному вытеснению лисицы и зайца-русака, следы жизнедеятельности (лисиьи городки, норы) которых до сих пор распознаются в рельефе полигона. За пределами полигона оба вида встречаются на полях с низкой интенсивностью использования, в поросших кустарником и бурьяном балках и лесополосах. Отлов ондатры вдали от водоемов можно считать случайным и связанным, скорее всего, с расселением молодых особей. Из отмеченных ранее видов отсутствуют темная полевка, полевка-экономка, степная пеструшка и степной хорь. Если первые два вида ранее встречались локально и известны по единичным экземплярам, то два других вида в силу вышеперечисленных причин так и не восстановились в степных экосистемах котловины и повсюду очень редки. В ходе восстановительных сукцессий на полигоне произошло смещение экологической структуры травяного покрова в направлении его мезофилизации, что ограничило возможность восстановления типичных ксерофилов – степной пеструшки, джунгарского хомячка и длиннохвостого суслика. Последний вид изредка встречается на полигоне, проникая сюда из окружающей степи, где его численность также остаётся невысокой. Найденные его защитные норы тяготеют к краям полевой дороги и мелкодерновинным-тырсовым ассоциациям с караганой карликовой (*Stipa krylovii*–*Festuca valesiaca*–*Cleistosenus squarrosa*–*Caragana pygmaea*–*Carex* spp.) в средней части полигона.

Данные по авифауне полигона из-за отсутствия постоянных наблюдений более скудные. Поэтому мы сочли возможным привести те немногие сведения, которые нам удалось собрать в отчетах по стационару, немногочисленных публикациях и в ходе личных исследований. В первые годы заповедного режима на территории полигона было отмечено 26 видов птиц (Природные режимы ..., 1976). Фоновыми видами были полевой жаворонок (*Alauda arvensis*), рогатый жаворонок (*Eremophila alpestris*) и степной конёк (*Anthus richardi*). Если первый был обычен по плакорам и нижним участкам склонов, то остальные предпочитали каменистые выходы среди степи или останцы на вершинах куэстовых гряд. В зависимости от типа биоценоза плотность полевого жаворонка изменялась от 0.1 до 1 особи/га, рогатого жаворонка – от 0.1 до 0.8 особи/га, плотность степного конька повсеместно не превышала 0.1-0.2 особи/га. По аккумулятивным участкам северных склонов доминировала каменка-плясунья (*Oenanthe isabellina*) – 2-3 особи/га, распространение которой тесно связано с местообитаниями длиннохвостого суслика. На долю этих четырёх видов приходилась основная доля гнездящегося населения, средняя плотность достигала 185 особи/км².

К временным доминантам отнесено пять видов птиц – обыкновенный скворец (*Sturnus cineraceus*), деревенская ласточка (*Hirundo rustica*), полевой воробей (*Passer montanus*), черный (*Apus apus*) и белопоясный стриж (*Apus pacificus*), все они ведут стайный образ жизни и временами их численность в несколько десятков раз превышала численность постоянных доминантов (табл. 2). Например, в отдельные дни стаи скворцов достигали до двух и более тысяч особей (Природные режимы ..., 1976). Это можно связать с большим количеством насекомых, привлеченных развитым травяным покровом и цветением растений. Встречи полевого воробья связаны с его периодическими массовыми вылетами на окрестные поля из ближайших населенных пунктов, кошар и ферм. Остальные отмеченные виды птиц встречались на полигоне эпизодически.

Отсутствие фактора беспокойства со стороны человека и скота также изначально благоприятно повлияло на авифауну полигона. Через 5-7 лет на участках с густой растительностью произошло некоторое увеличение численности полевого жаворонка (0.4-0.6 особей/га), но значительно снизилась численность степного конька (до 0.1-0.2 особей/га) и исчез рогатый жаворонок, т.е. снизилась численность птиц, предпочитающих более разреженные пространства с выходом скальных пород. Прогнозируемо, вслед за сокращением поселений длиннохвостого суслика, повсеместно на полигоне снизилась численность каменки-плясуньи. В периоды сезонных миграций густая растительность привлекала большие стаи пролетных птиц (скворцы, грачи), задерживающихся на полигоне на кормежку и ночевку, а возросшая численность мелких млекопитающих – многих хищных птиц: черного коршуна (*Milvus migrans*), полевого луны (*Circus cyaneus*), канюка (*Buteo buteo*), степного орла, могильника, чеглока (*Falco subbuteo*), балобана (*Falco cherrug*), пустельги (*Falco tinnunculus*). Некоторые из них приспособились к использованию столбиков ограждения полигона в качестве кормовых столиков и присадок.

Таблица 2. Динамика структуры населения авифауны полигона.

Вид	Годы		
	1971-1975	1976-1979	2006-2012
Гнездящиеся			
<i>Alauda arvensis</i>	Мн, гн*	Мн, гн*	Мн, гн*
<i>Eremophila alpestris</i>	Мн, гн*	Об, гн*	Ор, гн
<i>Oenanthe isabellina</i>	Мн, гн*	Об, гн*	Ор, гн
<i>Anthus richardi</i>	Мн, гн**	Об, гн**	Р, гн**
Кормящиеся			
<i>Milvus migrans</i>	Об	Об	Об
<i>Circus cyaneus</i>	Об	Об	Р
<i>Circus macrourus</i>	-	-	Ор
<i>Aquila heliaca</i>	Ор	Ор	Ор
<i>Falco cherrug</i>	Р	Р	Р
<i>Falco subbuteo</i>	Р	-	-
<i>Falco tinnunculus</i>	Об	Об	Об
<i>Apus apus</i>	Мн***	Мн***	-
<i>Apus pacificus</i>	Мн***	Мн***	Мн***
<i>Hirundo rustica</i>	Мн***	Мн***	Мн***
<i>Sturnus cineraceus</i>	Мн***	Мн***	-
<i>Pica pica</i>	Р	-	Р
<i>Corvus frugilegus</i>	-	-	Мн***
<i>Corvus corone</i>	Об	-	Р
<i>Corvus corax</i>	Об	Об	Об
<i>Passer montanus</i>	Мн***	Мн***	Мн***
Кочующие (факультативные)			
<i>Buteo buteo</i>	Р	-	Р
<i>Aquila nipalensis</i>	Ор	Ор	-
<i>Coturnix coturnix</i>	-	Ед	Р
<i>Antropoides vigro</i>	-	-	Об
<i>Larus ichthyaetus</i>	-	-	Ед
<i>Larus canus</i>	-	-	Ед
<i>Lanius collurio</i>	Ор	Ор	-
<i>Saxicola torquata</i>	Об	Об	Об
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Ед	-	-
<i>Sylvia curruca</i>	Ед	Р	Р
<i>Emberiza aureola</i>	Об	Об	Р
<i>Carpodacus erythrinus</i>	Р	Р	Ор
<i>Motacilla alba</i>	-	-	Об
<i>Motacilla flava</i>	-	-	Об

Примечание к таблице 1: * – доминирующий вид, ** – субдоминант, *** – временный доминант, Мн – многочисленный, Об – обычный вид, Р – редкий, Ор – очень редкий, Ед – единичные случаи встречи, гн – гнездящийся вид, «-» – вид не был отмечен.

В настоящее время на полигоне отмечается 28 видов птиц. Изменение видового состава птиц произошло, в основном, за счет встреч ряда видов, эпизодически встречающихся в окрестностях

полигона, а также за счет птиц, привлеченных на свежесгоревшие участки степи (хищники, чайки). Из гнездящихся птиц по-прежнему доминирует полевой жаворонок, но его численность повсеместно снизилась – до 0.1-0.4 особей/га. Очень редким на гнездовании и пролете стал рогатый жаворонок, заметно сократилась численность степного конька (0.1-0.2 особи/га). Численность каменок также не превышает 0.1-0.2 особи/га, места гнездований приурочены к обочинам полевых дорог, сохранившимся редким сусликовинам и выходам камней. Увеличение густоты и высоты травяного покрова, вследствие слабого вытаптывания и стравливания растительности скотом, отрицательно повлияло на виды, предпочитающие разреженные травостои. Из группы эпизодически кормящихся на полигоне видов многочисленным остаётся только полевой воробей. Перестал встречаться ранее многочисленный обыкновенный скворец, но в то же время в нивальных нишах, на немногочисленных растущих здесь деревьях, появилась колония грачей (*Corvus frugilegus*), чья численность в последнее время только растёт.

Обычными остаются и птицы, не связанные трофическими связями непосредственно с полигоном, и охотящиеся на лету – белопопый стриж и деревенская ласточка, но не был встречен черный стриж. Из хищных птиц наиболее часто встречаются гнездящиеся в окрестных искусственных лесополосах и сосновых борах черный коршун, полевой лунь, балобан и обыкновенная пустельга. За полевые сезоны в течение 2007-2012 гг. ни разу не были встречены ранее отмеченные здесь степной орел и чеглок. Снижение их численности закономерно связано с общей тенденцией сокращения популяций у многих хищных птиц в регионе, связанной с антропогенными преобразованиями их местообитаний, незаконной ловлей и отстрелом. В последнее время на заброшенных полях рядом с полигоном появилась популяция красавки, численностью 60-80 особей, эпизодически посещающая южную часть полигона.

Выводы

Многолетние исследования разных авторов показывают, что увеличение нагрузки растительноядных животных на растительность приводит к резким и часто необратимым зоогенным сукцессиям, особенно характерным для животноводческих районов с пастбищной системой хозяйства (Злотин, Ходашова, 1974; Абатуров, 1984; Горшкова, 1989; Щетников, Зайченко, 2000 и др.). В то же время выпадение или резкое снижение численности таких животных приводит к запуску серии сукцессий, вызывающих постепенное нарушение структуры естественных растительных сообществ, захламливание пастбищ ветошью и снижение их продуктивности, в результате чего происходят также изменения в сообществах млекопитающих и птиц, в сторону их упрощения и обеднения. Например, снятие заповедного режима так и не привело к восстановлению популяции степной пеструшки и длиннохвостого суслика, чьё существование возможно только при значительном выпасе и разреженной растительности. Поэтому для сохранения биотического компонента степных экосистем котловины и поддержания их оптимального функционирования требуется нормированный и контролируемый выпас.

К сожалению, в настоящее время мы уже наблюдаем обратную картину. В последние годы благодаря принятому целому ряду мер и государственных программ по развитию животноводства намечился рост численности поголовья скота в регионе, в частности, овец (рис. 1). Разрушенные кошары, заброшенные скважины, колодцы и оросительные каналы в засушливых местах, а также поля, заросшие сорняками, караганой карликовой и другими малосъедобными растениями, не позволяют в полной мере использовать имеющийся потенциал пастбищ. Поэтому многие фермеры выпасают скот вблизи населенных пунктов и кошар, по берегам озер и в долинах рек, где уже сейчас отмечаются следы пастбищной дигрессии, в то время как отдаленные степи испытывают недостаток в выпасе.

Отсутствие нормированного выпаса и сезонной ротации пастбищ может привести к очередным печальным последствиям для степных экосистем. Так уже сейчас на фоне аридизации климата котловины отмечается усиление эффекта ксерофитизации растительности, изменение видового состава и структуры растительных сообществ (Дубынина, 2007). Накопление подстилки и ветоши из отмерших растений влечёт за собой учащение и усиление действия степных пожаров. В свою очередь, выпадение травянистых многолетников из растительных сообществ приводит к разреживанию растительности и развитию эрозионных процессов, особенно заметных на склонах.

Совокупное действие этих процессов может привести к снижению биологического разнообразия степей, выпадению отдельных видов и внедрению инвазийных видов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абатуров Б.Д.* 1984. Млекопитающие как компонент экосистем (на примере растительноядных млекопитающих в полупустыне). М.: Наука. 286 с.
- Аргунов П.* 1892. Очерк сельского хозяйства Минусинского края и объяснительный каталог сельскохозяйственного отдела музея // Описание Минусинского музея. Вып. 1. Казань: Типография Н.А. Ильяшенко. 151 с.
- Атлас определитель растений России и сопредельных государств. URL: <http://www.plantarium.ru/> (дата обращения 17.06.2016).
- Волкова В.Г., Кочуров Б.И., Хакимзянова Ф.И.* 1979. Современное состояние степей Минусинской котловины. Новосибирск: Наука. 94 с.
- Горшкова А.А.* 1989. Устойчивость к выпасу различных типов пастбищ // Сенокосы и пастбища Сибири: сб. науч. тр. Новосибирск: Изд-во Наука. С. 4-12.
- Горшкова А.А., Мордкович В.Г., Стебаева С.К.* 1994. Биодиагностика сохранения и восстановления степных пастбищных экосистем Сибири // Сибирский экологический журнал. № 5. С. 403-416.
- Дубынина С.С.* 2007. Биопродукционно-деструкционные процессы в степных геосистемах // Географические исследования в Сибири. Т. 2. Новосибирск: Изд-во «Гео». С. 157-188.
- Ершова Э.А., Лапина Е.И.* 1994. Трансформация степной растительности Сибири // Сибирский экологический журнал. № 5. С. 393-401.
- Зайченко О.А.* 1996. Фитофаги в пастбищных геосистемах юга Сибири. Новосибирск: Изд-во Наука. 157 с.
- Зайченко О.А., Хакимзянова Ф.И.* 1999. Особенности и темпы восстановления залежной растительности в степях Южно-Минусинской котловины // Аридные экосистемы Т. 5. № 10. С. 65-71.
- Зверев М.Д.* 1928. Массовое размножение в Сибири пеструшек и водяных крыс // Защита растений от вредителей. Т. 5. № 3. Л. С. 104-105.
- Злотин Р.И., Ходашова К.С.* 1974. Роль животных в биологическом круговороте лесостепных экосистем. М.: Наука. 200 с.
- Кандалова Г.Т.* 2009. Степные пастбища Хакасии: трансформация, восстановление, перспективы использования. Новосибирск: Изд-во ЦНСХБ СО Россельхозакадемии. 163 с.
- Коблик Е.А., Редькин Я.А., Архипов В.Ю.* 2006. Список птиц Российской Федерации. М.: Товарищество научных изданий КМК. 256 с.
- Кучерук В.В.* 1963. Воздействие травоядных млекопитающих на продуктивность травостоя степи и их значение в образовании органической части степных почв // Биология, биоценология и систематика млекопитающих СССР. М.: Изд-во АН СССР. С. 157-193.
- Никольская Л.А.* 1968. Хакасия. Экономико-географический очерк. Красноярск. 244 с.
- Павлинов И.Я., Крускоп С.В., Варшавский А.А., Борисенко А.В.* 2002. Наземные звери России. Справочник-определитель. М.: Т-во науч. изданий КМК. 304 с.
- Преловский В.А.* 2015. Антропогенная трансформация структуры населения наземных позвоночных животных Южно-Минусинской котловины. Автореферат дисс. ... канд. геогр. наук. Иркутск: Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 24 с.
- Природные режимы степей Минусинской котловины (на примере Койбальской степи). 1976. Новосибирск: Наука. 237 с.
- Тишков А.А.* 1984. Подходы к изучению географических закономерностей сукцессий экосистем // Современные проблемы географии экосистем. М.: ИГ АН СССР. С. 58-62.
- Щетников А.И., Зайченко О.А.* 2000. Динамика и устойчивость степных геосистем юга Сибири // Аридные экосистемы. Т. 6. № 13. С. 66-75.

УДК 929

ПЕТР ДМИТРИЕВИЧ ГУНИН – ИССЛЕДОВАТЕЛЬ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ АЗИИ (К 75-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

© 2017 г. С.Н. Бажа, Н.И. Дорофеюк, Ю.И. Дробышев

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

Поступила 15.06.2017

Исполнилось 75 лет Петру Дмитриевичу Гунину, доктору биологических наук, профессору, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, заведующему лабораторией Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН), специалисту в области изучения структуры и функционирования аридных ландшафтов Азии, чьи работы широко известны в России и далеко за ее пределами. Результаты интеллектуальной деятельности проф. П.Д. Гунина опубликованы в более чем 400 научных работах, включая 12 монографий, из которых 4 изданы за рубежом на английском языке.

Ключевые слова: аридные экосистемы, экологическое картографирование, сукцессии почвенно-растительного покрова, деградация ландшафтов, экологическая реставрация.



Петр Дмитриевич Гунин родился 7 июля 1942 г. в селе Уварово Тамбовской области. После окончания средней школы в 1959 г. он был принят на географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, где успешно защитил дипломную работу на кафедре физической географии СССР под руководством создателя отечественной школы ландшафтоведения, профессора Н.А. Солнцева. В 1964 г., после завершения учебы в МГУ, П.Д. Гунин получил приглашение на работу в Институт пустынь АН Туркменской ССР, где прошел путь от старшего лаборанта до старшего научного сотрудника. Свои самостоятельные исследования П.Д. Гунин начал на Репетекской песчано-пустынной станции АН ТССР. Здесь, в Институте пустынь и на Станции, единственном в СССР для того времени исследовательском учреждении в области

пустыноведения, на протяжении 7 лет Петр Дмитриевич изучал особенности структуры и динамики гидротермических режимов песчано-пустынных ландшафтов. По результатам этих исследований им были составлены первые крупномасштабные ландшафтные карты для ряда регионов пустынной зоны Азии: Восточных Каракумов, Бадхызского холмогорья, Мургаб-Амударьинского междуречья, Каршинской степи, Заалтайской Гоби и др. Результаты проведенных исследований отражены в монографии «Экологические режимы пустынных биогеоценозов», вышедшей в издательстве «Наука» в 1978 г. (Гунин, Дедков, 1978).

С 1972 по 1975 гг. П.Д. Гунин работал в лаборатории медицинской географии Географического факультета МГУ, где продолжил исследования по экологии природных очагов трансмиссивных болезней аридной зоны (Сафьянова и др., 1967; Гунин и др., 1972). В дальнейшем, развивая комплексный подход при изучении пустынных ландшафтов на основе детального анализа главных показателей их функционирования: биопродуктивности, теплообмена и влагооборота почвенно-растительного покрова, Петр Дмитриевич разработал теорию интенсификации природных процессов опустынивания экосистем, развивающихся в экстремальных условиях абиотической среды в естественной обстановке и под влиянием человека (Гунин, 1973; Гунин, Дедков, 1974, 1986; Гунин, 1990).

С 1976 г. П.Д. Гунин является научным сотрудником Института эволюционной морфологии и экологии животных АН СССР (ныне Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН), где параллельно с научной деятельностью выполнял обязанности Ученого секретаря проекта «Биосферные заповедники» в рамках программы ЮНЕСКО «Человек и Биосфера», и заместителя Председателя комиссии АН СССР по координации научных исследований в заповедниках.

В 1991 г. на совете при ИПЭЭ РАН Петр Дмитриевич защищает докторскую диссертацию по специальности 03.00.16 – Экология (биологические науки) на тему «Природные процессы опустынивания аридных экосистем».

В течение ряда лет, начиная с 1978 г., П.Д. Гунин вел 2 спецкурса на кафедре биогеографии МГУ для студентов 3 и 4 курсов. Эти методические наработки позже легли в основу учебного пособия «Ландшафтная экология» (Востокова, Гунин, 2000).

П.Д. Гунин является крупнейшим специалистом в области разработки программ экологического мониторинга для биосферных заповедников аридной зоны. Такие программы были созданы и внедрены под его руководством в трех заповедниках Центральной Азии: Большом Гобийском (Монголия), Репетекском (Туркменистан) и Тигровой Балке (Таджикистан). В 1993 г. он являлся руководителем Программы ПРООН/ГЭФ “Conservation areas and wildlife”, в результате выполнения которой был разработан план развития сети ООПТ Монголии (Sokolov, Gunin, 1989).

В настоящее время П.Д. Гунин возглавляет лабораторию экологии аридных территорий в ИПЭЭ РАН и является соруководителем Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АН Монголии – одной из самых продолжительных и многочисленных постоянно действующих международных экспедиций в мире. Исследования, выполняющиеся на территории Монголии большим международным коллективом под его руководством, связаны с мультидисциплинарным изучением функционирования экосистем, выявлением признаков их деградации и антропогенной нарушенности для разработки методов диагностики деградационных процессов и развития методических подходов к реабилитации нарушенных экосистем (Гунин и др., 1996; Gunin et al., 1999; Микляева и др., 2004; Жирнов и др., 2004; Гунин и др., 2005; Касимов и др., 2011; Гунин и др., 2015). Под его руководством в 1995 г. была составлена уникальная карта «Экосистемы Монголии» в масштабе 1:1000000, послужившая для этого крупного региона нашей планеты основой организации долговременного экологического мониторинга и создания сети охраняемых территорий (Ecosystems ..., 1995).

П.Д. Гунин является автором около 450 научных работ, из них более 200 опубликованы после защиты докторской диссертации. Среди публикаций 10 монографий на русском и 4 – на английском языках. Под его научным руководством защищено 12 диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, из которых 7 – иностранные соискатели. В 2000 г. Петру Дмитриевичу присвоено звание профессора МГУ по специальности «Экология», а в 2014 г. ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

Петр Дмитриевич является экспертом и членом ряда международных и российских научных проблемных советов, рабочих групп и комиссий, Советов по защите диссертаций при МГУ и ИПЭЭ РАН. Он – член Редакционного совета журналов, таких как «Arid Zone Research», «Mongolian Journal of Biological Sciences», «Аридные экосистемы». В 2005 г. Петр Дмитриевич избран Почетным доктором Монгольского Государственного Университета образования.

За большой вклад в развитие науки в Монголии П.Д. Гунин был удостоен ряда государственных и ведомственных наград: Государственного ордена «Полярной Звезды» (2010 г.), Золотой медали президиума Академии наук Монголии «Хубилай Хан» (2008 г.), Почетного звания Министерства науки и образования Монголии «Передовой работник науки Монголии» (2000 г.), Почетного звания Министерства природы и окружающей среды Монголии «Передовой работник защиты природы и окружающей среды Монголии» (2008 г.).

За многолетние успехи в области исследований аридных ландшафтов Азии Петр Дмитриевич в 2014 г. был награжден «Золотой медалью им. Н.М. Пржевальского» Русского географического общества.

Петр Дмитриевич – опытный географ-полевик, с высоким уровнем профессиональных знаний и широкой эрудицией в смежных областях науки, талантливый руководитель и надежный спутник в экспедициях, он пользуется заслуженной любовью и уважением коллег.

Редакция журнала «Аридные экосистемы» и Секция «Проблемы изучения аридных экосистем и борьбы с опустыниванием» научного Совета Отделения общей биологии РАН, Институт водных проблем РАН, Московское отделение Русского географического общества, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН поздравляют Гунина Петра Дмитриевича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья, научного долголетия и новых творческих достижений!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Востокова Е.А., Гунин П.Д. 1995. Ландшафтно-экологические особенности охраняемых территорий Монголии // Проблемы освоения пустынь. № 5. С. 31-40.
- Востокова Е.А., Гунин П.Д. 2000. Ландшафтная экология. М.: Биоинформсервис. 232 с.
- Гунин П.Д. 1973. Итоги работ Репетекской песчано-пустынной станции за 1966-1971 гг. // Итоги исследований по Международной биологической программе (1966-1970). Ашхабад: Ылым. С. 1-12.
- Гунин П.Д. 1990. Экология процессов опустынивания аридных экосистем. М.: ВАСХНИЛ. 354 с.
- Гунин П.Д. 1995. Итоги работ Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции (к 25-летию ее деятельности) // Проблемы освоения пустынь. № 5. С. 48-64.
- Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Иванов Л.А., Иванова Л.А., Казанцева Т.И., Мигалина С.В., Микляева И.М., Ронжина Д.А., Ариунболд Э., Хадбаатар С., Цоож Ш., Цэрэнханд Г. 2015. Региональные особенности процессов опустынивания экосистем на границе бассейна Байкала и Центральноазиатского бессточного бассейна // Аридные экосистемы. Т. 21. № 3 (64). С. 5-22.
- Гунин П.Д., Востокова Е.А., Бажа С.Н., Баясгалан Д., Дорофеев Н.И., Дробышев Ю.И., Дугаржав Ч., Микляева И.М., Прищепа А.В., Чердонова В.А., Цедендаш Г., Швецов Ю.Б. 2005. Экосистемы бассейна Селенги // Труды СРМКБЭ РАН и АНМ. Серия «Биологические ресурсы и природные условия Монголии». Т. 44. М.: Наука. 359 с.
- Гунин П.Д., Дарымов В.Я. 1969. Новые данные о распределении влажности почвогрунтов в Восточных Каракумах // Вестник МГУ. Серия географическая. № 3. С. 46-53.
- Гунин П.Д., Дарымов В.Я., Вейсов С.В. 1972. Ландшафтная характеристика Репетекского заповедника // Опыт изучения и освоения Восточных Каракумов. Ашхабад: Ылым. С. 12-22.
- Гунин П.Д., Дедков В.П. 1974. Расход воды на транспирацию доминирующими сообществами Восточных Каракумов // Проблемы освоения пустынь. № 3. С. 58-61.
- Гунин П.Д., Дедков В.П. 1978. Экологические режимы пустынных биогеоценозов. М.: Наука. 228 с.
- Гунин П.Д., Дедков В.П. 1986. Экологические основы восстановления деградированных пустынных сообществ // Доклады АН СССР. Т. 226. № 1. С. 242-246.
- Гунин П.Д., Климанова О.А., Микляева И.М. 1996. Специфика геоэкологического мониторинга природных и природно-антропогенных экосистем Восточно-азиатского сектора степей (на примере Восточной Монголии) // Аридные экосистемы. Т. 2. № 4. С. 24-37.
- Жирнов Л.В., Гунин П.Д., Бажа С.Н., Адья Я. 2004. Проблемы сохранения копытных животных аридных зон Монголии // Аридные экосистемы. Т. 10. № 24-25. С. 45-57.
- Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Гунин П.Д., Сорокина О.И., Бажа С.Н., Энх-Амгалан С. 2011. Эколого-геохимическая оценка состояния древесной растительности в г. Улан-Баторе (Монголия) // Аридные экосистемы. Т. 17. № 4 (49). С. 5-16.
- Микляева И.М., Слемнёв Н.Н., Бажа С.Н., Факхире А. 2004. Нарушенность растительности степных экосистем Монголии // Аридные экосистемы. Т. 10. № 24-25. С. 33-44.
- Сафьянова В.М., Дубровский Ю.Д., Неронов В.М., Гунин П.Д. 1967. О природных очагах кожного лейшманиоза на междуречье Теджена и Мургаба // Зоологический журнал. Вып. 4. С. 472-480.
- Ecosystems of Mongolia. 1995. Eds.: E.A. Vostokova, P.D. Gunin. The color map is compiled on 15 sheets at a scale of 1:1000000 with a matrix key. Moscow. 15 p.
- Gunin P.D., Vostokova E.A., Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E., Black C.C. 1999. Vegetation Dynamics of Mongolia. Dordrecht; Boston; London: Kluwer AP. 240 p.
- Sokolov V., Gunin P. 1989. Concept Present State and Prospects for Biosphere Reserves / Worldwide conservation. Colorado, USA. P. 15-91.

ISSN 1993-3916

ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2017. Т. 23. № 4 (73)

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

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



ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ КМК

Формат 60x 84 ¹/₈

Объем 6.5 п.л.

Тираж 200 экз.

Заказ №

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

Индекс 39775 (каталог «Пресса России»)