ISSN 1993-3916

Том 23 Номер 3 (72) Сентябрь 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

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, № 3 (72), 2017, сентябрь
Журнал основан в январе 1995 г.
Выходит 4 раза в год

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

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

Редакционная коллегия:
Б.Д. Абатуров, Г. Бйоклунд (Швеция), С.-В. Брекле (Германия), К.Б. Гонгальский, П.Д. Гунин, А. Джилили (Китай), Т.В. Дикарева, Л.А. Димеева (Казахстан), Т.Д. Зинченко, И.С. Зонн, К.Н. Кулик, Г.С. Куст, Ю.А. Мазей, В.В. Неронов, К.З. Омаров, Л. Орловская (Израиль), Б. Оюнгерел (Монголия), А.А. Тишков, В.И. Черкашин, А.А. Чибилев, З.Ш. Шамсутдинов, Н.Г. Мазей (*Ответственный секретарь*)

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

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

Адреса редакции:
*Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, 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 Махачкала, ул. Гаджиева, 45, ПИБР ДНЦ РАН
Телефон: (872-2) 67-09-83
E-mail: arid.journal@yandex.ru

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
ВИНИТИ, Google Scholar, AGRICOLA, EBSCO Discovery Service,
OCLC, Scopus, Summon by ProQues включен в Перечень изданий,
рекомендованных ВАК РФ (2011 и 2016 г.), 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

СОДЕРЖАНИЕ

Том 23, номер 3 (72), 2017 сентябрь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Парадигма опустынивания: 40 лет развития и глобальных действий
И.С. Зонн, Г.С. Куст, О.В. Андреева 3-16

Иссушение почв как показатель опустынивания лесостепных экосистем Баргузинской котловины
В.Л. Убугунов, П.Д. Гунин, С.Н. Бажа, Ю.И. Дробышев, В.И. Убугунова 17-31

Фоновая медико-географическая оценка регионов с высоким потенциалом экологического туризма в республике Казахстан
Т.В. Дикарева, Е.Г. Королева 32-38

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Природа пятнистости орошаемых почв сухостепной зоны (на примере Светлоярской оросительной системы)
И.Н. Горохова, Е.И. Панкова 39-49

Проблемы поиска эталонных почв степного Зауралья для создания Красной книги почв
Л.Н. Плеханова 50-58

Запасы углерода в постагрогенных сухостепных почвах Западного Забайкалья
Э.О. Чимитдоржиева 59-65

Кратковременная изоляция деградированного пастбища в криолитозоне: почвенно-микробиологические аспекты
А.А. Данилова, Г.Н. Саввинов, Л.Д. Гаврильева, П.П. Данилов, М.И. Ксенофонтова, А.А. Петров 66-74

Особенности эколого-фаунистического комплекса почвенных нематод сухостепных ландшафтов долины Маныча
В.Ю. Шматко, Л.П. Ильина 75-87

Разнообразие и таксономический состав сорных трав в оливковых садах округа Табук Саудовской Аравии
Н.А. Ал Харби 88-94

Анализ динамики разрушения берегов Цимлянского водохранилища
Н.А. Шумова 95-103

ХРОНИКА

Плисак Римма Петровна – геоботаник, эколог, радиобиолог
Н.М. Новикова 104-108

Татьяна Владимировна Дикарёва – исследователь аридных регионов
Н.Г. Мазей 109-111

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 3 (72), с. 3-16

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 502:061

ПАРАДИГМА ОПУСТЫНИВАНИЯ: 40 ЛЕТ РАЗВИТИЯ И ГЛОБАЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ[1]

© 2017 г. И.С. Зонн *, Г.С. Куст **,*, О.В. Андреева **,*****

**Московский университет им. С.Ю. Витте*
Россия, 115432, г. Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.12, стр. 1. E-mail: igorzonn@yandex.ru
***Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*
Россия, 119992, г. Москва, Ленинские горы, д. 1.
****Институт географии Российской Академии наук*
E-mail: gkust@yandex.com; andreevala@yandex.ru

Поступила в редакцию 04.08.2016

В связи с 40-летием Конференции ООН по опустыниванию и 20-летием вступления в силу Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (КБО ООН) дается периодизация и рассмотрены основные этапы развития международных усилий в области борьбы с опустыниванием и изменения парадигмы опустынивания. Приводится обзор инициатив КБО ООН, нуждающихся на современном этапе в серьезной научной проработке, включая активно развивающуюся концепцию нейтрального баланса деградации земель. Делается вывод о необходимости расширения мандата КБО ООН за пределы узких географических рамок аридных и засушливых регионов.

Ключевые слова: опустынивание, деградация земель, Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием, нейтральный баланс деградации земель, устойчивое землепользование, адаптация к изменениям климата.

В 2016-2017 годах исполняется две знаменательные даты, связанные с развитием концепции опустынивания: 20 лет вступления в силу КБО ООН по борьбе с опустыниванием (декабрь 1996 г.) и 40 лет проведения Конференции ООН по проблеме опустынивания (август-сентябрь 1977 г.; UN, 1977).

Проблема опустынивания возникла в основном вследствие нерационального использования и освоения природных ресурсов аридных и засушливых земель. Во многих регионах земного шара чрезмерный выпас, обезлесение, чрезмерная обработка и неудовлетворительное орошение земель ведут к их разрушению и потере биологической продуктивности. Впервые опустынивание было официально признано в числе важнейших проблем окружающей среды на Конференция ООН по проблемам окружающей человека среды в 1972 г. в Стокгольме, Швеция. Продолжительная и трагическая Судано-Сахельская засуха (перманентная катастрофа этого региона) 1968-1973 гг. в Африке и голод (погибло от 100 до 250 тыс. человек и более 1 млн. скота) подтолкнула мировое сообщество к необходимости решения проблемы опустынивания на глобальном уровне. В результате этого в 1974 г. по решению Генассамблеи ООН Программе ООН по окружающей среде (ЮНЕП) было поручено организовать и провести Конференцию ООН для обобщения и глубокого анализа негативных последствий жизнедеятельности в хрупких аридных регионах ряда стран. Комплекс этих последствий был обозначен как процесс опустынивания (Даркох, 1999).

К 1977 г. площадь земель, подверженных опустыниванию в средней и сильной степени составляла 27.1 млн. га орошаемых земель (21% их общей площади), 173.1 млн. га богарных земель (77%), 3071.6 млн. га пастбищных земель (82%; Dregne, 1984). Сегодня ситуация существенно не изменилась, а в ряде регионов мира только ухудшилась: по данным особо уязвимые засушливые

[1] Работа выполнена при поддержке и в рамках НИОКР «Исследование эрозии почв и опустынивания в целях охраны почв и устойчивого использования почвенных ресурсов» (№ г.р. 116011910278-7) и Государственного задания 0148-2014-0020 «Выявление закономерностей пространственной структуры и динамики ландшафтов под влиянием природных и антропогенных факторов для рационализации природопользования».

территории занимают 41% поверхности суши и служат местом обитания более 2.7 млрд. человек (38% от общего населения; MEA, 2005).

Что же произошло за прошедшие сорок лет? Какие выводы сделало человечество в лице своих правительств? Какие задачи, стоявшие перед наукой, были успешно решены, а что стало непреодолимой проблемой? Какие новые горизонты нуждаются в научных разработках на современном этапе мирового развития? Попробуем рассмотреть эти вопросы в их хронологическом развитии.

Становление и развитие концепции опустынивания

Этап первый (1977-1990 гг.). Становление концепции опустынивания как глобальной экологической и социально-экономической проблемы. Проблема опустынивания как новый раздел «пустыноведения» и изучения засушливых земель.

Участники Конференции ООН по проблемам опустынивания, представители 95 стран и 73 международных организаций сформулировали базовое определение опустынивания «как уменьшение или уничтожение аридных, семиаридных и некоторых субгумидных экосистем, возникающие вследствие антропогенной деятельности, что в конечном счете может привести к возникновению условий, аналогичных условиям естественной пустыни» (Толба, 1978). Влияние Конференции на развитие концепции опустынивания было колоссальным! Фактически впервые на глобальном уровне антропогенное воздействие объявлялось главной причиной и одновременно – механизмом опустынивания. Впервые было заявлено и о глобальном характере опустынивания, который был зафиксирован в представленной на конференции Мировой карте опустынивания (UNCOD, 1977) – это была первая попытка выделения не только мест, уже подверженных деградации земель, но и районов с потенциальной опасностью опустынивания (Rapp, 1986). Конференция определила климатические, экологические, социальные и технологические рамки опустынивания. Предназначение конференции состояло не только в распространении понятий об опустынивании и его экологических и социально-экономических последствиях, но и в стимулировании развития и распространения средств борьбы в тех странах, где земельные ресурсы уже подверглись или подвергаются разрушению. Это была первая революционная попытка во всемирном масштабе приступить к решению глобальной проблемы и обратить внимание мирового сообщества на расширение угрозы опустынивания. Ключевая цель глобализации проблемы опустынивания состояла в том, чтобы сгенерировать международную финансовую поддержку действий против опустынивания в развивающихся странах, особенно с недостаточными собственными ресурсами (Томас, 1999).

На конференции был принят всеобъемлющий План Действий по борьбе с опустыниванием (UN, 1977). Этот План, состоявший из 28 основных рекомендаций, сгруппированных в 9 разделов, содержал амбициозные руководящие принципы долговременной политики в борьбе с опустыниванием, рассчитанные на их применение в затронутых опустыниванием странах до 2000 г. План вобрал в себя взгляды и опыт авторитетных ученых и специалистов, значительный объем научных знаний, накопленных за предыдущие десятилетия, прежде всего в результате осуществления Программ ЮНЕСКО по изучению аридной зоны (1950-1960 гг.) и Международной биологической программы (1964-1975 гг.). Непосредственная цель Плана состояла в том, чтобы предотвратить и остановить процесс опустынивания, а там, где возможно, восстановить опустыненные земли для продуктивного использования. Стратегической целью Плана было сохранение и развитие в пределах экологических возможностей продуктивности засушливых, полузасушливых и субгумидных территорий, уязвимых для опустынивания, в целях повышения жизненного уровня их населения. Тем самым был запущен двусторонний механизм: изучения проблемы опустынивания с одной стороны, с другой – активного использования существующих способов борьбы с опустыниванием и поиск новых. Энтузиазм участников Конференции был настолько велик, что М. Толба (1978), в те годы исполнительный директор ЮНЕП, отмечал: «Мы убеждены, что опустынивание на нашей планете будет остановлено к 2000 году». Такое заявление в то время было основано на оценке накопленных научных знаний, наличии технических возможностей по борьбе с опустыниванием и оптимистических прогнозах по возможностям финансирования принятого Плана.

Первая глобальная оценка масштабов опустынивания в целях проверки экстренных мер,

намеченных Планом действий по борьбе с опустыниванием, была проведена в 1984 г. Семилетний период показал, что процесс опустынивания не только не был предотвращен или остановлен, но и обострился на глобальном уровне, раздвинув свои границы на часть субгумидных регионов. Отмечалось, что это произошло, несмотря на продолжающиеся решительные усилия, отдельные успехи в ряде стран (включая СССР), которые вполне можно было отметить как примеры успешной деятельности на местном уровне. В целом же оценка показала, что опустыниванию подвержено 3475 млн. га или 75% всех продуктивных земель засушливых районов мира, включая 3.1 млрд. га пастбищных земель, 335 млн. га богарных и 40 млн. га орошаемых земель (Mabbut, 1984). Площади среднего и сильного опустынивания составили 2945 млн. га, что на 691 млн. га превысили эту же площадь оценки 1977 г. Было подсчитано, что в середине 80-х годов ежегодно около 21 млн. га переходило в состояние полной деградации. Это величина складывалась из ежегодной деградации 546 тыс. га орошаемых земель, 2 млн. га богарных и 17.7 млн. га пастбищ. Кроме того, 6 млн. га в год поглощается пустынями. Мероприятия и деятельность, осуществленные в этот период, не дали ощутимых результатов ни в одном регионе, подверженном опустыниванию, нигде мероприятия Плана действий не осуществились в полной мере. Резюмируя в 1984 г. итоги семилетней деятельности по реализации Плана действий, Секретариат ЮНЕП отмечал: «Намеченная Конференцией цель приостановить опустынивание к 2000 г. должна сейчас рассматриваться как нереальный рубеж» (Толба, 1985). Тогда же было озвучено предложение установить после 2000 г. дополнительный период реализации Плана действий в 10 лет.

Серьезность проблемы опустынивания как одной из причин кризисной экологической структуры в мире подчеркивалась в 1987 году в докладе Международной комиссии по окружающей среде и развитию «Наше общее будущее», где было подчеркнуто, что опустынивание – «процесс, в силу которого засушливые и полузасушливые земли становятся экономически непродуктивными … являет собой пример серьезной угрозы, нависшей над целостностью региональных экосистем» (Наше общее будущее, 1989, с. 115). На наших глазах совершился переход от экономической взаимозависимости стран мира к экологической взаимозависимости, произошло переплетение экологии и экономики – образование эколого-экономической сети, где опустынивание – важнейшая составляющая риска необратимого разрушения человеком окружающей среды.

В этом же докладе, предопределившем дальнейшее развитие многих современных взглядов в области окружающей среды (включая следующие этапы развития парадигмы опустынивания), была сформулирована концепция устойчивого социально-экономического развития, как процесс изменений, в котором эксплуатация ресурсов, направление капиталовложений, ориентация технического развития и институционные изменения должны находиться в гармонии; повышать ценность имеющегося и будущего потенциала, с целью удовлетворения человеческих потребностей и стремлений.

Другими словами, устойчивое развитие – это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, и сохраняет в полном объеме эту возможность для будущих поколений.

Этап второй (1990-1996 гг.). Закрепление проблемы опустынивания в международном праве на глобальном уровне. Интеграция глобальных проблем окружающей среды. Опустынивание – это проблема деградации земель. Приоритет профилактических действий. Становление КБО ООН.

Жестокие и обширные засухи, повторившиеся в 1981-1984 гг. и 1990-1991 гг. во многих странах мира, еще более усугубили ухудшающееся положение. К 1991 г. опустынивание фактически прогрессировало в не меньшей степени, чем на момент проведения Конференции 1977 г., затрагивая все континенты. В Общесистемной среднесрочной программе по окружающей среде ЮНЕП, составленной на период 1990-1995 гг. отмечалось, что «проблема опустынивания и устойчивого развития в засушливых и полузасушливых районах считается одним из величайших вызовов международному сотрудничеству и совместным действиям» (Наше общее будущее, 1989). Причинами ускорения и расширения масштабов опустынивания связывались в основном с изменениями способов землепользования, последовавшими за вступлением развивающихся стран в систему мирового хозяйства. С момента принятия Плана Действий резко возросли объемы интеграции, потребовавшие вовлечение в эксплуатацию природных и трудовых ресурсов развивающихся стран (Бабаев, Зонн, 1994). Независимая оценка Плана Действий показала, что План научно обоснован, три области его приоритетных действий (сдерживания процессов опустынивания,

обеспечение рационального и продуктивного землепользования, социально-экономическое развитие), задачи и принципы по-прежнему актуальны (Зонн, 1989). В то же время, главная задача Плана остановить процесс опустынивания к 2000 г. нереальна, и более реальным является 2020 г. (Dregne et al., 1991; Родс, 1993)

По результатам оценки на совещании в Найроби в феврале 1990 г. была подчеркнута острая необходимость прийти к согласованному международному определению «опустынивания», ключевым термином в котором должна была стать «деградация земель» (UNEP, 1990).

Практически в то же время в соответствии с резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН (44/172, декабрь 1989 г.) в 1990-1991 гг. ЮНЕП провела новую оценку глобальных масштабов опустынивания, составивших на момент оценки 3.6 млрд. га, или 70% всех засушливых земель на земном шаре. Подчеркивалось, что наиболее ярким следствием опустынивания, помимо быстрого обнищания широких слоев населения, является деградация 3.3 млрд. га пастбищных угодий, снижение плодородия и ухудшение структуры почвы на 47% площадей пахотных неорошаемых земель, а также на 30% орошаемых земель с высокой плотностью населения и большим сельскохозяйственным потенциалом (UNEP, 1991).

В 1992 г. ЮНЕП, отмечая свое двадцатилетие, опубликовала фундаментальный отчет о своей деятельности, состоящий из четырех частей, где первая часть была посвящена основным экологическим проблемам, в которую была включена и проблема «Деградация земель», через призму которой рассматривалось опустынивание как глобальная проблема (UN, 1992). Вследствие этого вопрос о планировании глобальных согласованных действий по предотвращению опустынивания оказался в центре внимания самой крупной в истории Конференции ООН по окружающей среде и развитию (КОСР, 1992) «Планета Земля», проведенной в Рио-де-Жанейро, Бразилия в июне 1992 г. на высшем уровне глав государств и правительств.

КОСР приняла Повестку дня на XXI век (КОСР, 1992). Эта суперпрограмма была ориентирована на подготовку мирового сообщества к решению тех проблем, с которыми наша цивилизация столкнулась, вступая в новое столетие. Конференция на уровне глав государств и правительств констатировала, что существующая модель движения развивающихся стран по тому же пути, которым пришли к своему благополучию развитые страны, не может работать в будущем. В связи с этим была провозглашена новая модель движения вперед – необходимость перехода мирового сообщества на рельсы устойчивого развития, обеспечивающего должный баланс между решением социально-экономических проблем и сохранением окружающей среды, удовлетворения основных жизненных потребностей нынешнего поколения с сохранением таких возможностей для будущих поколений. 12 раздел Повестки «Рациональное использование уязвимых экосистем: борьба с опустыниванием и засухой» в качестве основного приоритета предусматривал осуществление профилактических мер в отношении земель, которые еще не деградировали или деградировали лишь в незначительной степени. Однако подчеркивалось, что и сильно деградированные земли нельзя оставлять без внимания. Здесь же приводилось более уточненное определение понятия опустынивания (вошедшее впоследствии в официальный текст Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием), в которое, в отличие от более раннего варианта, добавилась важная климатическая составляющая, предусматривающая борьбу с засухами.

Если говорить в целом, то Повесткой дня на XXI век ставилась задача нового комплексного интегрированного подхода к решению проблемы борьбы с опустыниванием. При этом особый акцент делался на принятие мер по обеспечению устойчивого развития на уровне местных сообществ.

КОСР дала жизнь трем основным, так называемым «сестринским конвенциям РИО»: на ней была принята Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН), и Конвенции по сохранению биологического разнообразия (КБР), и одновременно было предложено разработать международную Конвенцию по борьбе с опустыниванием (полное название: Конвенция по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке; Конвенция …, 1994). Конвенция была разработана по постановлению Генассамблеи ООН и представлена в Париже 17 июня 1994 г. для одобрения и последующей реализации, и открыта для подписания. С тех пор 17 июня считается Международным днем борьбы с опустыниванием и засухами. КБО ООН официально вступила в силу 26 декабря 1996 г, через 90 дней после ее ратификации пятьюдесятью странами мира. К 2012 г. все 194 страны ООН и Европейский Союз

ратифицировали КБО ООН.

Конвенция впервые на уровне международного соглашения представила интегрированное понимание явлений опустынивания, деградации земель и засух, а также связала их с проблемами изменения климата, потери биоразнообразия, роста нищеты, вынужденной миграции, роста опасности стихийных бедствий и истощения водных ресурсов.

Текст Конвенции официально юридически утвердил на международном уровне определение опустынивания, представляющее в некотором смысле компромисс политических взглядов и научный прагматизм: "опустынивание" означает деградацию земель в засушливых, полузасушливых и субгумидных районах в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека.

Конвенция в определенном смысле положила конец дискуссии об определении опустынивания, это «ООНовское» определение было включено в ее текст (Kust, 2011), что сделало его обязательным к рассмотрению и включению в свою деятельность всеми странами-участницами КБО ООН при принятии решений по борьбе с опустыниванием, оставляя при этом открытой возможность его научного обсуждения.

Кроме того, в статье 1 Конвенции содержится дополнительно ряд определений, позволяющих раскрыть содержание отдельных терминов. Важно отметить, что в России и странах бывшего СССР, несмотря на 30 лет существования КБО ООН, далеко не все из этих определений вошли в обиход и признаются научным сообществом.

"Борьба с опустыниванием" включает в себя деятельность, которая является частью комплексного развития земельных ресурсов в засушливых, полузасушливых и сухих субгумидных районах в интересах устойчивого развития и направлена на предотвращение и/или сокращение масштабов деградации земель, восстановление частично деградировавших земель, восстановление пострадавших от опустынивания земель;

"засуха" означает естественное явление, возникающее, когда количество осадков значительно ниже нормальных зафиксированных уровней, что вызывает серьезное нарушение гидрологического баланса, неблагоприятно сказывающееся на продуктивности земельных ресурсов;

"смягчение последствий засухи" подразумевает деятельность, связанную с прогнозированием засухи и направленную на снижение уязвимости общества и природных систем перед лицом засухи, поскольку это входит в рамки процесса борьбы с опустыниванием;

"земля" означает земную биопродуктивную систему, включающую в себя почву, воду, растительность, прочую биомассу, а также экологические и гидрологические процессы, происходящие внутри системы;

"деградация земель" означает снижение или потерю биологической и экономической продуктивности и сложной структуры богарных пахотных земель, орошаемых пахотных земель или пастбищ, лесов и лесистых участков в засушливых, полузасушливых и сухих субгумидных районах в результате землепользования или действия одного или нескольких процессов, в том числе связанных с деятельностью человека и структурами расселения, таких, как: ветровая и/или водная эрозия почв; ухудшение физических, химических и биологических или экономических свойств почв; долгосрочная потеря естественного растительного покрова;

"засушливые, полузасушливые и сухие субгумидные районы" – это районы, помимо полярных и субполярных, в которых отношение среднего ежегодного уровня осадков к потенциальной эватранспирации колеблется в диапазоне от 0.05 до 0.65;

"затрагиваемые районы" означают засушливые, полузасушливые и/или сухие субгумидные районы, затрагиваемые опустыниванием или находящиеся под угрозой опустынивания.

КБО ООН стала ключевым стимулом для участия гражданского общества и передачи научных знаний и технологий, и их эффективного сочетания с традиционными знаниями в области борьбы с деградацией земель (Карди, 1994). Она гармонично соединила задачи сохранения окружающей среды и устойчивое развитие, приняв на вооружение концепцию устойчивого землепользования (в других переводах с английского Sustainable Land Management (SLM) – устойчивого управления земельными ресурсами). Борьба с опустыниванием и стимулирование устойчивого развития тесно связаны между собой за счет социально-экономической важности земельных ресурсов и сельского хозяйства, решения проблем бедности, приводящей к переэксплуатации земель. Развитие технологий

устойчивого землепользования (УЗП), включая адаптацию к изменениям природной среды, согласно подходу WOCAT (1995) – это определенная стратегия действий, стимулирующая сберегающие мероприятия на уровне конкретных землепользователей за счет смещение акцента от борьбы с «плохим» опустыниванием/деградацией к поддержанию «хороших» практик устойчивого землепользования.

Этап третий (1997-2007 гг.). Расширение состава участников и мандата ответственности КБО ООН, становление стратегического подхода и концепции DLDD/ОДЗЗ (опустынивание – деградация земель – засухи).

Этот этап формально берет начало с момента проведения Первой Конференции Сторон КБО ООН, ее высшего органа, которая состоялась 30 лет назад в Риме (октябрь 1997 г.). Дальнейшее развитие международных действий по борьбе с опустыниванием практически целиком связано с деятельностью КБО ООН, расширением состава участников и ростом региональной спецификации. КБО ООН стала первым крупнейшим международным соглашением, чья деятельность, несмотря на глобальный охват проблемы, носит четко выраженный региональный характер, закрепленный в соответствующих приложениях КБО ООН. Действительно, на первых этапах после провозглашения КБО ООН и ратификации ее многими государствами был открыт путь для нового понимания явления опустынивания в связи с региональными особенностями его проявления, национальными традициями в области технологий природопользования, степенью экономического развития отдельных стран и регионов. В первые годы Конвенция включала 4 региональных приложения: для стран Африки, Азии, Латинской Америки и Карибского бассейна, Северного Средиземноморья. Во всех приложениях предусматривалась также возможность развития субрегиональных программ, а главным механизмом реализации целей Конвенции предусматривалась разработка Национальных Планов Действий. Тем самым достигалась главная задача – за короткий период времени привлечь к реализации КБО ООН как можно больше стран-участников, несмотря на то, что далеко не все страны в достаточно сильной степени испытывают влияние опустынивания или засух, и имеют на своей территории аридные или засушливые экосистемы. Важное значение для России, стран Восточной Европы и Конвенции в целом имела подготовка и включение в 2000 году в текст КБО ООН в качестве его неотъемлемой части пятого приложения, специально разработанного для стран Центральной и Восточной Европы по их инициативе. В состав стран этого региона после некоторой реструктуризации в настоящее время входят Армения, Азербайджан, Беларусь, Босния и Герцеговина, Болгария, Грузия, Латвия, Македония, Молдова, Россия, Румыния, Сербия, Словакия, Украина, Черногория. Пятое приложение КБО ООН придало особый стимул Конвенции, поскольку в нем подчеркнута важность проблем деградации земель за пределами сугубо засушливых территорий. Страны Центральной и Восточной Европы особенно подчеркивают опасность таких проблем деградации земель как сокращение лесов, истощение пахотных земель, ухудшение состояния почвозащитных сооружений, и многого другого, что негативно сказывается не только в аридных регионах, но и повсеместно на Земном шаре, ведя не столько к аридизации, сколько к «опустошению» земель, потере биоклиматического потенциала природных и природно-антропогенных экосистем. Российские ученые при этом особо обращают внимание на хрупкость арктических экосистем, многие из которых по иронии природы также являются аридными и семиаридными.

На этом же этапе происходило активное включение в деятельность по борьбе с опустыниванием широких политических, общественных и научных кругов, развитие межпарламентских связей. К этому времени относится «инициатива Ресифе» (UNCCD, 1999), обозначившая добровольные обязательства стран в определенных тематических областях, важность мобилизации финансовых ресурсов и усилий по трансферу технологий, необходимость интеграции соответствующих действий в национальные планы развития. Реформа предусмотренного КБО ООН Комитета по науке и технике и создание экспертной группы в 2001 году усилили научную составляющую в деятельности Конвенции. Ученые всегда играли значительную роль в формировании политической платформы и стратегии действий по борьбе с опустыниванием. Но на этом этапе более серьезное внимание стало отводиться многообразию проявлений опустынивания, изучению сложных взаимосвязей в природно-антропогенных системах аридных и засушливых территорий.

Полученные в этот период опыт и результаты позволили пересмотреть парадигму «опустынивания» и существенно расширить ее до понимания комплекса негативных явлений,

охваченных опустыниванием, деградацией земель и засухами (ОДЗЗ – DLDD, Desertification – Land Degradation – Droughts). Многим странам это дало возможность считать себя затронутыми проблемами, находящимися в «ведении» КБО ООН, и соответственно включиться в общий международный тренд по реализации ее задач. Такой подход оказался актуален не только для стран пятого приложения, но и для многих тропических и даже экваториальных регионов Африки, Азии, Океании, Латинской и Центральной Америки, где сведение лесов и варварские методы землепользования в сельском хозяйстве фактически превратили некогда продуктивные земли в эродированные бедленды. Даже в докладе Генерального Секретаря ООН в 2000 г. на Генассамблее о необходимости оценки экосистем на пороге тысячелетия проблема опустынивания уже не упоминалась впрямую, а упор делался на проблемы деградации земель, охрану и восстановление почвенного покрова. Во многом именно такой подход подтолкнул ООН и стороны КБО ООН к важнейшему решению о том, чтобы в 2003 году возложить на Глобальный Экологический Фонд (ГЭФ – Global Environmental Facility) функции финансового механизма осуществления КБО ООН. Одновременно в ГЭФ была учреждена новая целевая область по деградации земель, в рамках которой поддерживаются проекты по устойчивому землепользованию, выходящие за географические рамки распространения аридных и засушливых земель.

Происшедшие изменения и события закономерным образом отразились в подготовке и принятии на 8 Конференции сторон в Испании (UNCCD, 2007) Десятилетнего стратегического плана и концептуальных основ деятельности по активизации осуществления Конвенции (2008-2018 гг.). Стратегия была принята с целью формирования глобального партнерства по обращению вспять и предотвращению процесса опустынивания/деградации земель и смягчения последствий засухи с целью снижения уровня бедности и обеспечения экологической устойчивости, ибо бедность ведет к экологической деградации, которая в свою очередь приводит к еще большей бедности. Стратегия обозначила миссию КБО ООН как «обеспечение глобальной концепции для поддержки разработки и реализации национальных и региональных стратегий, программ и действий по предотвращению, сдерживанию и обращению вспять процесса опустынивания/деградации земель и смягчению последствий засухи при помощи научно-технических достижений, повышения уровня информированности общественности, определения стандартов, пропаганды и мобилизации ресурсов, способствуя тем самым снижению уровня бедности». Концептуальное расширение стратегических задач до уровня ОДЗЗ позволило создать платформу для более широких политических, общественных и научно-технических контактов, и фактически, несмотря на определенное сопротивление ряда политиков, дало возможность консолидировать глобальные усилия по борьбе с деградацией земель не только в регионах, формально ограниченных мандатом Конвенции как «аридные, семиаридные и засушливые», но и во всем мире. Неформальный лозунг действий под «флагом» Конвенции в этот период звучит как «Проявления опустынивания и деградации земель на Земле носят локальный характер, но их распространение приобретает глобальный масштаб».

Конечно же, в это время не прекращались усилия по оценке масштабов опустынивания в мире и отдельных регионах. Достаточно привести такие примеры как выход в свет Мирового атласа опустынивания (World …, 1997), который обобщал наши знания о засушливых территориях планеты; а также оценочный доклад международной программы «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» (MEA, 2005). В последнем бедность рассматривается как в качестве причины, так и следствия опустынивания. Наиболее медленными темпами искоренение бедности осуществляется в засушливых районах, что не только отрицательно влияет на достижение целей развития тысячелетия, но и препятствует осуществлению мероприятий по восстановлению деградированных земель. В докладе также впервые на высоком уровне констатировалось, что по мере изменения климата все новые регионы начнут подвергаться засухе, что сделает их более восприимчивыми к деградации земель, в то время как засушливые регионы станут испытывать засуху с большей частотой и интенсивностью. В разработанных четырех сценариях по возможным перспективам развития экосистем и благосостояния человека к 2050 г. отмечалось, что площадь опустынивания будет увеличиваться, хотя и разными темпами.

Как признание важности действий по борьбе с опустыниванием на рассматриваемом этапе и стимул активных действий на будущее прозвучало объявление Генассамблеей ООН 2006 года – Международным годом пустынь и борьбы с опустыниванием. Итогом прошедшего десятилетия было

заключение, сделанное на 16 сессии Комиссии ООН по устойчивому развитию в 2008 г., в котором КБО ООН назвали единственным в мире юридически обязательным, универсальным соглашением по земельным вопросам, которое систематически решает вопросы деградации земель и опустынивания, предлагает платформу для адаптации, смягчения последствий и восстановления, и поэтому может определять меры, направленные на борьбу с негативными последствиями изменения климата и сокращения биологического разнообразия. Таким образом, в глобальном аспекте КБО ООН приобрела статус основного лидера и координатора по проблемам деградации земель.

Этап четвертый (2008-2015(2018) гг.). Поиск индикаторов успешности международных усилий на глобальном уровне, интеграция с Целями Устойчивого Развития. Экологическая миграция как усилившийся негативный тренд. Экономические инициативы КБО ООН. Нейтральный баланс деградации земель – новая стратегическая идея.

Последнее десятилетие, стартуя с начала реализации Десятилетнего стратегического плана, охарактеризовалось целой серией уникальных (в том числе поисковых) инициатив в области борьбы с опустыниванием, деградацией земель и засухами. Важно отметить, что практически все эти инициативы так или иначе выходят за формальные рамки мандата Конвенции, ограниченные аридными, семиаридными и засушливыми субгумидными землями. И это правильно по существу, поскольку механизмы, подходы и технологии, разрабатываемые для «подмандатных» регионов, оказываются в не меньшей степени актуальны и эффективны в глобальном аспекте. Поэтому в последние годы все чаще звучат предложения о расширении Конвенции на другие территории, испытывающие проблемы деградации земель. Это правильно и в организационном и политическом отношениях, поскольку, только действуя наравне с другими «сестринскими» конвенциями Рио, РКИК ООН и КБР, которые имеют «глобальный мандат» и в связи с этим являются более статусными и лучше финансируются, можно решать совместные глобальные задачи КБО ООН. Подобный подход, постепенно реализуемый в последнее десятилетие, делает задачи по борьбе с опустыниванием более востребованными и понятными в разнообразных странах. Это тем более актуально, поскольку среди трех Рио-конвенций КБО ООН, несмотря на все положительные оценки ее важности и эффективности, остается «золушкой» в финансовом отношении. Соотношение глобальных средств, направленных на реализацию РКИК ООН, КБР и КБО ООН, примерно выражается формулой 100:10:1 (UNCCD, 2016). Причина этого состоит не в меньшей значимости проблемы деградации земель по сравнению с проблемами климата и биоразнообразия, а в первую очередь в том, что земля – это, как правило, собственность, недвижимый ресурс, имеющий конкретного хозяина, и не принадлежит всему человечеству так же, как климат, мировой океан или глобальное биоразнообразие. Поэтому для земель гораздо труднее декларировать и осуществлять то, что может быть сделано для общечеловеческих ресурсов.

Какие же инициативы, призванные решать указанные проблемы, характеризуют текущий десятилетний этап? К сожалению, в рамках одной журнальной статьи трудно дать всем весьма разнообразным инициативам развернутую характеристику, однако остановимся на наиболее существенных из них.

К числу первых следует, безусловно, отнести проект LADA (Land Degradation Assessment in Drylands – Оценка деградации земель в засушливых регионах), реализация которого закончилась в 2011 году (UNEP-FAO, 2011). Фактически, этот проект завершил собой серию проектов, осуществлявшихся в 90-е и 00-е годы как в глобальном масштабе, так и в отдельных регионах, ставивших задачи поиска наиболее приемлемых методов оценки и картографирования деградации земель таким образом, чтобы сделать возможным проводить адекватные сравнения состояния земель на земном шаре. В числе наиболее широко известных проектов и разработок этого рода были GLASOD (Oldeman et al., 1990), Provisional Methodology … (1983), MEDALUS (Kosmas et al., 1999), ASSOD (Van Lynden, Oldeman, 1997), SOVEUR (Van Lynden, 1997), SEPAR (UNEP, 1994). Несмотря на то, что результаты этого проекта не стали пока международно признанными, он заложил основу для создания серии глобальных баз данных по индикаторам состояния земель, в первую очередь основанных на местных знаниях и дистанционных методах, и дал стимул новым научным исследованиям в этой области.

Другая инициатива политического характера состояла в том, что в 2007 году Генассамблея ООН провозгласила 2010-2020 гг. Десятилетием ООН, посвященным пустыням и борьбе с

опустыниванием. Генассамблея констатировала, что процесс опустынивания продолжается, несмотря на предпринятые глобальные усилия по борьбе с ним, а также отметила медленное реагирование на искоренение нищеты среди населения засушливых районов и объявила Десятилетие 2010-2020 гг. периодом согласованных глобальных действий. В ходе Десятилетия все заинтересованные стороны призваны содействовать повышению осведомленности об опустынивании, деградации земель и засухи, о способах решения этих проблем, а также содействовать реализации Десятилетней стратегии КБО ООН на 2008-2018 гг.

Осознавая важную роль борьбы с деградацией земель в искоренении бедности на планете, реализации целей Аквильской инициативы по продовольственной безопасности (1999), и одновременно находясь в поиске стимулов осуществления действий по устойчивому землепользованию (sustainable land management), КБО ООН совместно с Правительством Германии и дальнейшей поддержке ряда стран в 2010 выдвинула глобальную инициативу по повышению осведомленности в области экономических последствий деградации земель и продвижению идей устойчивого землепользования. Данная инициатива получила название Экономики Деградации Земель (Economics of Land Degradation; ELD Initiative, 2013) и предоставляет платформу для обсуждения представителями различных правительств, научных кругов, бизнес-сообщества, общественных организаций. Инициатива ELD ставит целью подчеркнуть выгоды, получаемые при использовании подходов и методов устойчивого землепользования в сочетании с природо- и энергосберегающими технологиями, безопасностью жизнедеятельности, охраной экосистемных услуг, адаптацией к климатическим изменениям, и др., и стремится к созданию системы глобального анализа экономики землепользования, создавая широкую международную научную сеть, при поддержке заинтересованных бизнес-кругов.

Существенное развитие на текущем этапе получила научная поддержка международных действий по борьбе с опустыниванием. Важнейшую роль в этом сыграли три научные конференции, организованные КБО ООН. Названия и соответствующие цели этих конференций красноречиво отражают современные тренды в научных исследованиях в данной предметной области. Первая, с названием «Биофизический и социально-экономический мониторинг и оценка опустынивания и деградации земель в поддержку принятия решений в области земле- и водопользования» прошла в 2009 году (Understanding Desertification …, 2009) в Буэнос-Айресе (Аргентина). Вторая имела название «Экономическая оценка опустынивания, устойчивого землепользования и устойчивости аридных, семи-аридных и засушливых суб-гумидных регионов», и была организована в 2013 году (UNCCD, 2013a) в Бонне (Германия). Третья, прошедшая в 2015 году в Канкуне (Мексика) называлась «Борьба с опустыниванием, деградацией земель и засух для снижения бедности и устойчивого развития – вклад науки, технологии, традиционного знания и практик», а ее Импульсный доклад – «Изменения климата и опустынивание: прогноз, оценка и адаптация к будущим изменениям в засушливых регионах" (Reed Mark et al., 2015).

Научные инициативы не исчерпываются только поддержкой конференций. По решению Конференции сторон в 2013 году в дополнение к ранее существовавшему Комитету по науке и технологиям (реформирован в 2001 году с одновременным созданием экспертной группы) был учрежден высший экспертный орган КБО ООН – Научно-политическое взаимодействие (Science-Policy Interface, SPI), определяющий наиболее актуальные текущие задачи КБО ООН, требующие не только политического и организационного решения, но и серьезной научной проработки (UNCCD, 2013b). К числу таких задач (о них коротко ниже) в настоящее время относятся научное обеспечение достижения цели нейтрального баланса деградации земель на глобальном уровне, в отдельных странах и регионах, проблемы адаптации к изменениям климата, стимулирование развития и применения технологий по восстановлению деградированных земель. Кроме того, SPI осуществляет организационное взаимодействие с экспертными организациями других конвенций и организаций ООН, а также координирует новое издание КБО ООН «Глобальный обзор состояния земель» (Global Land Outlook).

Действия по борьбе с опустыниванием на текущем этапе тесно переплетены с международными усилиями по устойчивому развитию. При подготовке Конференции ООН по устойчивому развитию («Рио+20») Секретариат КБО ООН выпустил в 2011 г. для совещания высокого уровня Генассамблеи ООН доклад по теме «Борьба с опустыниванием, деградацией земель и засухой в

контексте устойчивого развития и искоренения нищеты» (UN, 2011). Доклад включал подробную оценку перспектив проблем опустынивания, с обоснованием необходимости выделения им приоритетного места при подготовке к Рио+20. Важное место в докладе и сопроводительных документах отводилось вопросам экологической миграции в связи с деградацией земель и климатическими изменениями, что прозвучало новым мотивом в понимании задач по борьбе с опустыниванием и ликвидации последствий деградации земель. До сих пор волны беженцев, периодически накатывающиеся на развитые страны и регионы, в основном связывались политиками и учеными с военными действиями и терроризмом. Но все больше исследователей и политиков стали обращать внимание на то, что изменения климата, усиливающие опустынивание, интенсивность и периодичность засух на деградированных землях, меняющие структуру выпадения осадков, в результате чего субтропики лишатся их большей части, приведут к тому, что сельское хозяйство в сухих субтропиках станет в значительной мере нежизнеспособным, а опустынивание распространится по низким средним широтам» (Дайер, 2011). Опустынивание, изменение климата и рост социальной напряженности может привести к тому, что к 2020 г. 60 млн. человек может мигрировать только с земель Субсахарской Африки на север Африки и в Европу, а к 2050 г. – более 200 млн. человек могут стать экологическими мигрантами. Секретариат КБО ООН отмечал, что стереотип опустынивания меняется в сторону как неудержимого монстра, который медленно уничтожает плодородные земли планеты, ее фауну и флору, а также людей (UNCCD, 2011).

Непосредственно перед Рио+20, в 2011 году 10 Конференция сторон КБО ООН принимает инновационную инициативу (Чангвонская инициатива – 2011) для продвижения стратегических целей КБО ООН (UNCCD, 2012). Эта инициатива, сформулированная как стремление к достижению «нулевой деградации земель» (zero land degradation) на глобальном уровне, стала важной вехой в формировании международного отклика на проблемы деградации земель. Конференция ООН по устойчивому развитию («Рио+20») состоялась в 2012 году ровно через двадцать лет после исторической КОСР в том же Рио-де-Жанейро. Собравшиеся на ней мировые лидеры наряду с тысячами представителей правительств, частного сектора, науки, неправительственных организаций подвели итоги двадцатилетних попыток человечества изменить традиционный тип развития на модель устойчивого развития и совместными усилиями выработали концепцию того, как можно сократить бедность, содействовать развитию социальной справедливости и обеспечить надлежащие меры по охране окружающей среды с учетом поступательных темпов роста численности населения планеты. Было единодушно принято, что основой перехода к устойчивому развитию является формирование «зеленой экономики», на смену антиэкологической модели так называемой «коричневой» экономики. По определению, данному в докладах ЮНЕП, «зеленая экономика» трактовалась как экономика, повышающая благосостояние людей и обеспечивающая социальную справедливость и при этом существенно снижающая риски для окружающей среды и перспективы ее деградации. Важные черты такой экономики – эффективное использование природных ресурсов, сохранение и увеличение природного капитала, уменьшение загрязнения, низкие углеродные выбросы, предотвращение утраты экосистемных услуг и биологического разнообразия, снижение деградации земель, рост доходов и занятости. При этом концепция «зеленой» экономики не заменяет собой концепцию устойчивого развития, а дополняет ее новым содержанием.

Конференция утвердила итоговый документ «Будущее, которое мы хотим» (UN, 2012). В нем подчеркивалось, что в переходе к «зеленой» экономике каждая страна может выбрать подход в соответствии со своими национальными планами, стратегиями и приоритетами устойчивого развития. Опустынивание, деградация земель и засухи были названы в нем проблемами глобального масштаба, которые по-прежнему представляют серьезную угрозу для достижения устойчивого развития во всех странах мира. Идея «нулевой деградации» также нашла здесь отражение «… мы будем, в контексте устойчивого развития стремиться построить такой мир, где не будет деградации земель». В более развитом виде и несколько видоизмененной формулировке («нуль-деградация» была заменена на «нейтральную деградацию») эта идея зафиксирована уже в «Целях в области устойчивого развития на период до 2030 г.» (UN, 2015) принятых странами ООН на Саммите ООН в Нью-Йорке 25 сентября 2015 года: «Цель 15. Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты

биологического разнообразия». Еще более точно концепция нейтрального баланса деградации земель (НДЗ, LDN – Land Degradation Neutrality) отражена в английском (исходном) тексте цели 15, задача 15.3: «By 2030, combat desertification, restore degraded land and soil, including land affected by desertification, drought and floods, and strive to achieve a land degradation neutral world» (авторы приводят здесь англоязычный оригинал, поскольку в официальном русском переводе точность формулировки не соблюдена).

В настоящее время активная работа международного сообщества в рамках КБО ООН и других международных организаций по развитию концепции нейтрального баланса деградации земель (НДЗ) показывает, что существовавшая до недавнего времени «классическая» парадигма опустынивания наконец-то приобретает более оформленные черты, меняясь от неопределенностей вроде «борьбы с опустыниванием» или «устойчивого землепользования» к конкретным показателям достижения НДЗ. Эти поистине революционные изменения происходят практически на наших глазах. Как же это проявляется? Коротко приведем здесь основные свидетельства.

Во-первых, КБО ООН официально назначена ООН «куратором» достижения этой цели в глобальном масштабе (Framework …, 2016). Во-вторых, Статистическая комиссия ООН официально утвердила глобальный индикатор для мониторинга этой задачи, обязательный для мониторинга всеми странами ООН: доля деградированных земель от их общей площади (UNSD, 2016). В-третьих, КБО ООН на Конференции сторон в 2015 году приняла согласованное международное определение НДЗ: «Нейтральный баланс деградации земель – это такое состояние, при котором объем и количество земельных ресурсов, необходимых для поддержания экосистемных функций и услуг, и усиления продовольственной безопасности, остаются стабильными или же увеличиваются в конкретно определенных временны́х и пространственных масштабах и экосистемах» (UNCCD, 2016a). Тогда же КБО ООН утвердила минимальный набор из трех основных глобальных индикаторов достижения НДЗ и рассматривает их в качестве основных для мониторинга эффективности национальных усилий по выполнению текущего Десятилетнего стратегического плана и разрабатываемой в настоящее время будущей Стратегии КБО ООН, это: 1) состояние и изменения в наземном покрове (land cover), 2) биопродуктивность (land productivity), 3) запасы углерода в наземных и подземных системах (carbon stocks above/below ground). В-четвертых, КБО ООН при поддержке GEF и ряда стран запустила глобальный проект – «Программу установления целевых показателей достижения нейтрального баланса деградации земель на уровне стран» (UNCCD, 2016b). В настоящее время 14 пилотных стран уже установили целевые национальные показатели, а 102 страны, включая Россию, в настоящее время работают над установлением этих показателей. Очень важно при этом отметить, что НДЗ не ставится как глобальная цель, которая требует нового протокола или международного соглашения. Каждая страна может декларировать свой уровень амбиций с учетом национальной специфики, опыта, социально-экономических особенностей и традиций.

Завершая обзор текущего этапа, отметим коротко, что решение проблемы деградации земель и опустынивания не является прерогативой КБО ООН, несмотря на ее центральную координирующую роль. В последние годы особое внимание к вопросам деградации земель проявили: ФАО, учредившая в 2011 г. Глобальное Почвенное Партнерство – организацию, ставящую целью укрепить управление почвенными ресурсами на планете и гарантировать существование здоровых и продуктивных почв для будущих поколений, а также поддержание важных экосистемных услуг почв; Конвенция по биологическому разнообразию, организовавшая в рамках Межправительственной платформы по биоразнообразию и экосистемным услугам (создана в 2012 году) подготовку всеобъемлющего глобального доклада по деградации и восстановлению земель; Рамочная Конвенция ООН по изменению климата, объявившая в рамках работы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) в 2016 году о начале подготовки Специального Доклада по изменениям климата, опустыниванию, устойчивому землепользованию, продовольственной безопасности и выбросам парниковых газов в наземных экосистемах.

Заключение

Подводя итог нашему краткому обзору истории развития парадигмы опустынивания и соответствующих глобальных действий за последние 40 лет, мы должны с удовлетворением

отметить, что по сравнению с 70-ми годами прошлого столетия, в настоящее время все больше людей на планете осведомлены о проблеме опустынивания и деградации земель, и уже не склонны рассматривать земельные ресурсы как неистощимые природные богатства. Правительства, а тем более ученые большинства стран мира, даже тех, которые владеют богатыми запасами земельных ресурсов, включая Россию, осознают ограничения, вызванные современной экономической и экологической обстановкой, и стремятся предпринимать адекватные действия в области устойчивого землепользования, используя как новые, так и традиционные неистощительные природосберегающие технологии. Во всех принятых и действующих документах, касающихся проблемы опустынивания, содержится значительная порция «заклинаний» о том, что этот процесс надо принимать всерьез. Многие правительства и землепользователи уже следуют по этому пути. Вместе с тем, этих действий явно недостаточно, поскольку темпы и масштабы деградации земель на планете не ослабевают, и это порождает новые, ранее слабозаметные вызовы современной цивилизации, включая изменения климата, снижение объема и качества экосистемных услуг, экологическую миграцию. Как принятый сорок лет тому назад План действий, так и действующий Десятилетний стратегический план оказались и все еще оказываются менее удачными, чем требуется. Как мы можем сейчас видеть, это происходит из-за недостатка знаний в области социальных аспектов проблемы опустынивания, недостаточности политической воли, дефицита ресурсов и неуверенности в методах реализации. Опустынивание – это не линейный процесс. В любой момент небольшое изменение входных условий в хрупких природных и природно-антропогенных системах, особенно в засушливых областях Земли, может дать неожиданные последствия на выходе.

Опустынивание, как это становится сейчас совершенно очевидным, может относиться как к долгосрочным тенденциям, так и или стрессовым ситуациям, но в любом случае это ведет к подрыву потенциала экосистем и увеличивает уязвимость субъектов деятельности внутри них. Страны или регионы часто сталкиваются с многочисленными взаимосвязанными шоковыми воздействиями, приводящими к экономическим кризисам, социальным взрывам, и в конечном итоге – к политической нестабильности. Осознание политиками этих последствий опустынивания будет способствовать более активному звучанию темы деградации земель на различных международных политических, общественных и научных форумах, а значит – потребует от ученых поиска новых решений. Уже для многих становится совершенно ясно, что опустынивание – это проблема, имеющая локальные проявления, но этих проявлений стало так много, что она приобрела глобальное значение. Это верно не только для стран, непосредственно испытывающих процессы деградации природных и антропогенных наземных экосистем, но и для стран, «косвенно» с этим связанных, в первую очередь через проблемы миграции, продовольственной и санитарной безопасности. Международному сообществу стоит серьезно задуматься над необходимостью расширения мандата КБО ООН за узкие пределы, ограниченные «засушливыми и аридными регионами». Действительно, сегодня проблема опустынивания, уже давно присутствующая в зонах засушливых земель, приобретает гипертрофированные формы за счет геополитической напряженности и рисков, за счет терроризма, распространения новых болезней, обнищания населения, территориальных конфликтов, переходящих в гражданские войны. По оценкам КБО ООН (UN, 2011) 80% крупных вооруженных конфликтов во всем мире происходят именно в районах, подверженных наиболее интенсивному опустыниванию и деградации земель.

Таким образом, современный этап развития парадигмы опустынивания заканчивается, и мы вступаем в новый с целой серией инициатив, которые требуют не только организационных действий, но и серьезной научной проработки по всем фронтам: концепция НДЗ и применение ее базовых и региональных индикаторов нуждается в обосновании с учетом национальных особенностей; проблема адаптации к изменениям климата с учетом особенностей природно-антропогенных систем и специфики землепользования (так называемая проблема «land-based adaptation», не имеющая пока даже корректного перевода на русский язык) вообще не раскрыта ни в отечественной, ни в зарубежной науке; крайне скудные сведения пока имеются в области экономики деградации земель и социальных последствиях опустынивания; не раскрыты аспекты изменения качества и количества экологических услуг (экосистемных сервисов) и экологических функций при опустынивании и засухах. Все это требует активных действий и долговременных научных программ.

Выражая надежду, что эти инициативы и пожелания будут успешно реализованы в полной мере,

закончить наш обзор мы хотели бы словами из заключительного документа «Плана действий» 1977 г., в котором сорок лет назад была высказана ключевая мысль, не только актуальная и в наше время, но и приобретающая новое звучание: «опустынивание может быть остановлено, и деградированные земли улучшены в той степени, которая возможна в настоящее время. Все остальное – это воля политиков и решимость сделать это» (UN, 1977).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аквильская инициатива по продовольственной безопасности. 1999. URL: http://kremlin.ru/supplement/21 (дата обращения 21.07.2016).

Бабаев А.Г., Зонн И.С. 1994. Проблема опустынивания и международное сотрудничество. Ашхабад: «Ылым». 86 с.

Дайер Г. 2011. Климатические войны. Москва: Астрель. 317 с.

Даркох М.Б.К. 1999. ЮНЕП (UNEP) и охрана земельных ресурсов // Опустынивание и деградация почв. Материалы международной конференции. Москва: МГУ. С. 12-37.

Зонн И.С. 1989. Стратегия системы ООН в области охраны окружающей среды, засушливых земель и опустынивания на 1990-1995 // Проблемы освоения пустынь. № 5. С. 51-58.

Карди Ф. 1994. Опустынивание – новые подходы // Проблемы освоения пустынь. № 6. С. 3-10.

Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке. 1994. URL: http://www2.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/UNCCD_Convention_ENG_0.pdf (дата обращения 21.07.2016).

Наше общее будущее. 1989. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию. Москва: Прогресс. 242 с.

КОСР. 1992. Повестка дня на XXI век. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 г. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/ agenda21.shtml (дата обращения 20.07.2016).

Родс С. 1993. Переосмысление опустынивания; что мы знаем и чему мы научились? // Проблемы освоения пустынь. № 3. Ашхабад: «Ылым». С. 43-51.

Толба М. 1978. Опустынивание – общечеловеческая проблема // Проблемы освоения пустынь. № 3. С. 7-17.

Толба М. 1985. Опустынивание можно остановить // Проблемы освоения пустынь. №3. С. 10-16.

Томас Д. 1999. Опустынивание: чем определяется дискуссионность проблемы? // Опустынивание и деградация почв. Материалы международной конференции. Москва: МГУ. С. 38-52

Dregne H., Kassas M., Rozanov B. 1991. A New Assessment of the World Status of Desertification // Desertification Control Bulletin. Vol. 19. P. 6-18.

Dregne H.E. 1984. Combating desertification: Evaluation of progress // Environmental Conservation. Vol. 11. № 2. С. 115-121.

ELD Initiative. 2013. The rewards of investing in sustainable land management. Interim Report for the Economics of Land Degradation Initiative: A global strategy for sustainable land management. URL: www.eld-initiative.org (дата обращения 22.07.2016).

Framework and Guiding Principles for a Land Degradation Indicator. 2016. 20 p. URL: http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Rio+20/LDN%202016/Framework%20and%20Guiding%20Principles%20for%20a%20Land%20Degradation%20Indicator.pdf (дата обращения 21.07.2016).

Kosmas C., Kirkby M.J., Geeson N. 1999. The Medalus project. Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. European Commission report. EUR 18882. URL: http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/downloads/ publicdownloads/ESA%20 Manual. pdf (дата обращения 21.07.2016).

Kust G.S. 2011. To the treatment and interpretation of the “desertification” term in Russia // Arid Ecosystems. Vol. 1. № 4. P. 299-304.

Mabbutt J.A. 1984. A new global assessment of the status and trends of desertification // Environmental Conservation Vol. 11. P. 100-113.

MEA. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. 26 p.

Oldeman L.R., Hakkeling R.T A., Sombroek W.G. 1990. World Map of the Status of Human-induced Soil Degradation: An explanatory note. Wageningen, International Soil Reference and Information Centre. Nairobi. United Nations Environment Programme. 27 p. + 3 maps.

Provisional methodology for desertification assessment and mapping. 1983. FAO/UNEP, Rome. 57 p.

Rapp A. 1986. Introduction to soil degradation processes in drylands // Climatic Change Vol. 9. P. 19-31.

Reed Mark S., Stringer Lindsay C., Amiraslani Farshad, Bernoux Martial, Bragante Daya, Centritto Mauro, De Vente Joris, Kust German et all. 2015. Climate change and desertification: Anticipating, assessing and adapting to future change in drylands. Impulse Report for the 3rd UNCCD Scientific Conference Cancun, Mexico. France: A co-edition of Agropolis International and Groupe CCEE Montpellier. 141 p.

Thomas D.G., Middleton N.J. 1994. Desertification: Exploding the Myth. Chichester: John Wiley and Sons. 194 p.

UN. 1977. Draft Plan of Action to Combat Desertification // UN Conference on Desertification, Nairobi. 29 August – 9 September 1977. Document A/CONF74/LS2. UN Environment Programme. Nairobi. URL: http://www.ciesin.org/docs/002-478/002-478.html (дата обращения 21.07.2016).

UN. 1992. General Assembly official records. 47 session (A/47/25). UNEP, 1992. Report of the Governing Council on the work of its third special session. 3-5 February. URL: http://www.un.org/documents/ga/docs/55/a5525.pdf (дата обращения 21.07.2016).

UN. 2000. Report of the Secretary-General on the Work of the Organization, General Assembly. A/58/1. URL: http://unic-ir.org/publication%5Cdilogue%5Creport_of_the_secretary.htm (дата обращения 21.07.2016).

UN. 2011. Совещание высокого уровня 2011 года по борьбе с опустыниванием, деградацией земель и засухой в контексте устойчивого развития и искоренения нищеты. URL: http://www.un.org/ru/ga/desertification2011 (дата обращения 21.07.2016).

UN. 2012. Будущее, которого мы хотим. A/conf.216/L.1. URL: http:// media.rspp.ru/ document/1/0/8/08efc921aaac7131e73e72ae5a5a1ef4.pdf (дата обращения 21.07.2016).

UN. 2015. United Nations. A/RES/70/1. General Assembly. Resolution adopted by the General Assembly. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 35 p. URL: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol= A/RES/70/1&Lang=E (дата обращения 20.07.2016).

UNCCD. 1999. Report of the Conference of the Parties on its Third Session, held in Recife from 15 to 26 November 1999, Part One: Proceedings. 32 p. URL: http://www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop3/20eng.pdf (дата обращения 21.07.2016).

UNCCD. 2007 (decision 3/COP.8) 10-year strategic plan and framework to enhance the implementation of the UN Convention to Combat Desertification (2008-2018). URL: http://www.unccd.int/Documents/18%20COP8.pdf (дата обращения 21.07.2016).

UNCCD. 2011. Опустынивание. Визуальный синтез. URL: http://www.cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/russian_ver/pdf/desertification-zoi-ru.pdf (дата обращения 21.07.2016).

UNCCD. 2012. Zero Net Land Degradation. A Sustainable Development Goal for Rio+20. Secretariat policy brief. 32 p.

UNCCD. 2013a. The Economics of Desertification, Land Degradation and Drought: Methodologies and Analysis for Decision-Making // Extended Abstracts. UNCCD 2nd Scientific Conference. 712 p.

UNCCD. 2013b. Decision 23/COP.11. URL: http://www.ciesin.columbia.edu/repository/entri/docs/cop/ UNCCD_COP11_dec23.pdf (дата обращения 21.07.2016).

UNCCD. 2016a. Land Degradation Neutrality: The Target Setting Programme. 20 p.

UNCCD. 2016b. CRIC 15. ICCD/CRIC(15)/5/. Report on opportunities for increased financing for the implementation of the Convention and options to track finance in the context of future UNCCD reporting. URL: http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/CRIC/CRIC%2015/ICCD_CRIC(15)_L.1-1618067E.pdf (дата обращения 21.07.2016).

UNCOD. 1977. World Desertification Map. Document A/Conf 74/2.UNEP, Nairobi. Understanding Desertification and Land Degradation Trends. 2009. Proceedings of the UNCCD First Scientific Conference, 22-24 September 2009, during the UNCCD Ninth Conference of Parties. Argentina: Buenos Aires. 170 p.

UNEP. 1990. Desertification revisited: proceedings of an Ad Hoc Consultative Meeting on the Assessment of Desertification. Nairobi, 15-17 February 1990: UNEP-DC/PAC. 330 p.

UNEP. 1991. Status of Desertification and implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification United Nations Environment Programme. Nairobi: Kenya. 88 p.

UNEP. 1992. World Atlas of Desertification. Publ. E. Arnold, London. 69 p.

UNEP. 1994. The final report on the UNEP/USSR project FP-6201-91-01-2230. Russia: Moscow. 219 p

UNEP-FAO. 2011. Land Degradation Assessment in Drylands (LADA) // NR: EP/GLO/502/GEF. Terminal Report. Rome. 39 p.

UNSD. 2016. E/CN.3/2016/2/Rev.1. Доклад Межучережденческой группы экспертов по показателям достижения целей в области устойчивого развития. URL: https://unstats.un.org/unsd/statcom/47th-session/documents/2016-2-SDGs-Rev1-R.pdf (дата обращения 21.07.2016).

Van Lynden G.W.J. 1997. Guidelines for the Assessment of Soil Degradation in Central and Eastern Europe (SOVEUR Project). Report 97/08b (revised edition), ISRIC, Wageningen. URL: http://www.isric.org (дата обращения 21.07.2016).

Van Lynden G.W.J., Oldeman L.R. 1997. Assessment of the Status of Human-induced soil degradation in South and South East Asia // International Soil Reference and Information Centre. Wageningen. 35 p. URL: http://lime.isric.nl/Docs/ASSODEndReport.pdf (дата обращения 21.07.2016).

WOCAT. 1995. World Overview of conservation Approaches and Technologies. Web data base. URL: https://www.wocat.net/en/about-wocat/vision-mission/sustainable-land-management (дата обращения 21.07.2016).

World Atlas of Desertification. 1997. 2nd edition. // Eds. N.J. Middleton, D.S.G. Thomas. London. 182 p.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 3 (72), с. 17-31

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 631.46:631.48:930.26

ИССУШЕНИЕ ПОЧВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОПУСТЫНИВАНИЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ БАРГУЗИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ[1]

© 2017 г. В.Л. Убугунов*, П.Д. Гунин, С.Н. Бажа**, Ю.И. Дробышев**, В.И. Убугунова***

**Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН*
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6. E-mail: ubugunovv@mail.ru
***Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН*
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: monexp@mail.ru

Поступила в редакцию 04.09.2016

В статье приводятся результаты исследований состояния растительного и почвенного покровов в Баргузинской котловине в связи с иссушением почв, сложившегося в результате 3-летней засухи и приведшей к гибели естественных сосновых лесов и лесополос из сосны и тополя бальзамического. Выявлены основные причины гибели древесной растительности, а также почвенные условия, обеспечивающие ее выживание при многолетней атмосферной засухе. Выявлен негативный тренд развития лесостепей при аридизации климата Северного Прибайкалья.

Ключевые слова: аридизация климата, опустынивание, иссушение почв, Баргузинская котловина, островные сосновые леса, лесополосы из тополя бальзамического.

Естественная влажность почв, будучи функцией гидротермического режима наземных экосистем, является хорошим диагностическим признаком степени аридизации климата, которая, в свою очередь, может быть рассчитана в количественных показателях водно-физических свойств и водного режима (Розанов, Зонн, 1981). Ранее нами было показано, что под иссушением, как формой опустынивания экосистем, следует понимать процессы влаго- и теплообмена в функционировании почвенно-растительных сообществ, приводящие в сезонной и многолетней динамике к обезвоживанию зоны аэрации и резкому снижению биологической продуктивности растительных сообществ. При этом результаты, полученные при длительных исследованиях, проведенных на базе научно-исследовательских стационаров в различных регионах Средней и Центральной Азии, позволили сделать заключение, что развитие процессов «иссушения» или «усыхания» ландшафтов происходит не только по причине антропогенного воздействия, аридизации климата и их синергетического эффекта, но также из-за дигрессионной направленности эволюционного развития этих экосистем (Гунин, 1990).

В настоящее время, в связи с разработкой и реализацией Комплекса мер по борьбе с опустыниванием, принятых Минприроды России в 2010-2011 гг., большое внимание уделяется изучению процессов деградации в полузасушливых и субгумидных ландшафтах с сельскохозяйственным и лесохозяйственным использованием биологических ресурсов, в которых, как известно, в наибольшей степени проявляются негативные эффекты аридизации климата (Золотокрылин, 2013). В последние годы специалистами различных учреждений проводятся исследования по оценке влияния климатических аномалий, в том числе и засух, на степные (пастбищные, пахотные, залежные) и лесные экосистемы естественного и искусственного (лесополосы из различных деревьев и кустарников) происхождения в лесостепной и степной зонах Сибири и Европейской части России (Бажа и др., 2012, 2016; Давыдова, 2014; Бобринев, Пак, 2015; Макаров, 2015; Безуглова и др., 2015; Gunin et al., 2015).

Анализ результатов исследований, опубликованных в ряде научных изданий, позволяет сделать вывод о различных тенденциях в трансформации лесных и степных экосистем даже в пределах одного ландшафтно-экологического региона, а также о неоднозначности причин, приводящих к резким, иногда катастрофическим изменениям в жизненном состоянии и видовом составе древесных

[1] Работа выполнена при финансовой поддержки гранта РФФИ грант 4/2014-2016/РГО.

и травянистых доминантов в естественных и искусственных растительных сообществах. Так, по данным В.П. Бобринева и Л.Н. Пака (2015), в долине р. Ингода в Забайкальском крае довольно успешно идет естественное восстановление сосновых (из *Pinus sylvestris*) насаждений на залежных землях, что ведет к увеличению общей лесистости региона и формированию устойчивых и долговечных насаждений. Подобный позитивный пример возобновления сосны на залежных землях по границам сосновых лесов отмечен и В.П. Макаровым для Онон-Аргунского междуречья в Забайкальском крае. Кроме того, обследование сосновых боров «Цырик-Нарасун» и «Чиндант» позволило автору сделать заключение о хорошем состоянии древостоя, а выявленная возрастная структура бора и жизненное состояние способствуют его дальнейшему устойчивому существованию (Макаров, 2015).

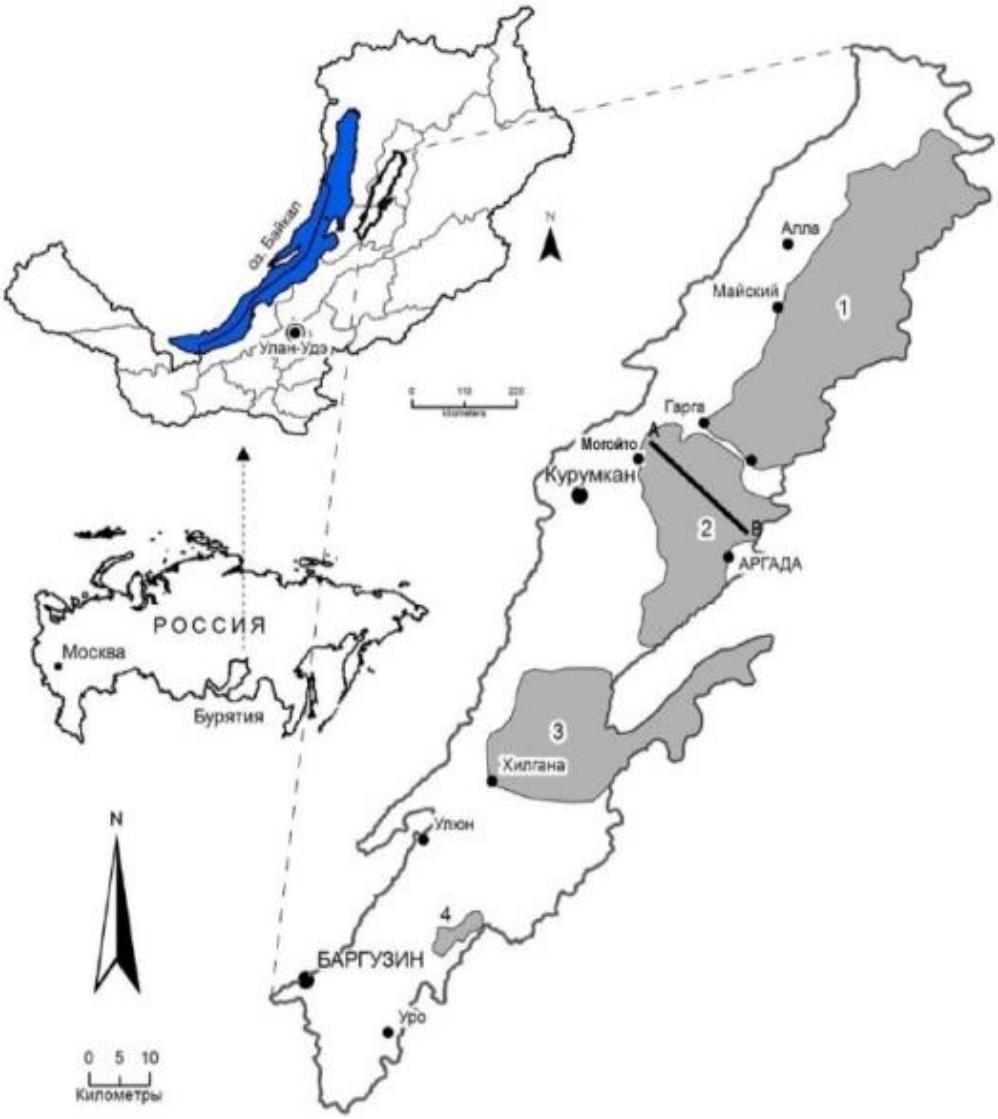

Рис. 1. Район исследований и географическое расположение ландшафтно-экологической трансекты. *Условные обозначения:* 1 – лесной куйтун, 2 – верхний куйтун, 3 – нижний куйтун, 4 – Сувинский куйтун, АВ – трансекта.

В то же время автор отметил крайне негативное явление, заключающееся в усыхании полезащитных полос из тополя бальзамического (*Populus balsamifera*). На основе наблюдений, проведенных в течение двух последних десятилетий (2001-2013 гг.) на Харанорском стационаре в Онон-Аргунской лесостепи показано, что иссушение почв и уменьшение содержание влаги привело к повсеместной гибели однородных лесополос и отдельных массивов из *Populus balsamifera*. При этом

было доказано, что «отмирание деревьев этого вида шло последовательно вслед за иссушением почв по глубине» (Давыдова, 2014, с. 121). Более того, к настоящему времени обнаружено, что этот процесс характерен и для других регионов России. О.С. Безуглова с соавторами (2015) приводят данные о выпадении отдельных деревьев и исчезновении целых лесополос в Ростовской области. Было показано, что в отдельных хозяйствах области скорость уменьшения площади лесополос с 1990 по 2013 гг. достигала 13.2 га/год (Безуглова и др., 2015). Все это позволяет рассматривать ухудшение состояния тополя бальзамического – представителя мезофитной растительности – в качестве диагностического признака выраженной тенденции, направленной в сторону иссушения, имеющей широкое географическое распространение в лесостепной и степной зонах России. Новые данные об углублении процесса иссушения и его негативном воздействии не только на лесополосы из тополя бальзамического, но и искусственные и естественные массивы лесов из *Pinus sylvestris* были получены нами в ходе полевых работ в 2015-2016 гг. в Баргузинской котловине (Бажа и др., 2016). В настоящей статье излагаются результаты исследований состояния почвенно-растительного покрова и анализируются причины их катастрофических изменений.

Объекты, материалы и методы исследований

Для исследования нами был выбран модельный полигон в Курумканском районе Республики Бурятия на наклонной песчаной равнине урочища «Верхний Куйтун» водораздельного левобережья р. Баргузин, на котором была заложена ландшафтно-экологическая трансекта (рис. 1). Песчаный массив «Верхнего Куйтуна» имеет выпуклую линзовидную форму со следами сильной и неоднократной ветровой обработки. Поверхность его неоднородна и представляет собой полого-волнистую равнину с бугристо-грядовым рельефом, образованным закрепленными древнеэоловыми дюнами, котловинами и коридорами выдувания. Перепады высот на различных элементах крупных дюн составляют в среднем 5-15 м, иногда достигая 20 и более метров. Заложенная ландшафтно-экологическая трансекта протяженностью около 27 км (рис. 2) пересекает песчаный массив в условно поперечном направлении с юго-востока на северо-запад и в зависимости от высотного градиента и иссушающего котловинного эффекта захватывает сначала степные и лесостепные, а затем лесные ландшафты.

Вертикальная дифференциация начальной и конечной точек составила 161.5 м, наибольшая разница высот в пределах трансекты – около 200 м с минимальной отметкой на уровне 513 м и максимальной – 718 м. Азимутальное направление трансекты 127.2°, средний уклон около 0.41°. Точки наблюдений были преимущественно сосредоточены вдоль центральной ее линии.

Особенностью песков изученной территории является отсутствие цементации и большая рыхлость. Они представлены преимущественно мелкозернистыми фракциями и возникли от выветривания известково-щелочных биотитовых гранитов Ангаро-Витимского батолита и других скальных пород, поднятых в горные массивы в эпоху альпийского орогенеза в неогене. В период горно-покровных плейстоценовых оледенений происходил снос песчаного материала и его накопление в озерных ваннах (Еникеев, 2009) с их последующей аккумуляцией на подгорных равнинах. По минералогическому составу эоловые пески Баргузинской котловины относятся к кварц-полевошпатовым: кварца содержится от 20 до 84%, а полевого шпата – от 10 до 68% (Иванов, 1966). Особенностью песков является крайне низкая поглотительная способность, насыщенность основаниями, нейтрально-щелочная реакция среды. Легкий гранулометрической состав определяет основные водно-физические свойства песков: высокая порозность, водопроницаемость, низкие значения наименьшей влагоемкости и малый диапазон активной влаги (Агрогидрологические …, 1970).

По данным метеостанции «Могойто», находящейся в непосредственной близости к району исследований (не более 1-2 км западнее западной границы полигона), климатические условия в районе исследований характеризуются резкой континентальностью, отрицательной среднегодовой температурой от -3.8 до -4.1°С, холодной, ветреной зимой и сравнительно коротким, жарким летом. Средняя температура января составляет -30.0-31.6°С, июля +19.2°С, а абсолютный максимум температур достигает +37°С. Среднегодовая сумма атмосферных осадков не превышает 300 мм, и большая их часть крайне неравномерно распределена как по сезонам года, так и в течение вегетационного периода – 61% всех выпадений регистрируется преимущественно в течение июля-

августа. Влага от летних атмосферных осадков быстро просачивается в почву и может уходить за пределы корнеобитаемого слоя. Наименее обеспечен влагой весенний период, на долю которого приходится 7-8% от годовой нормы. На основании расчета количества эффективных осадков (Убугунов и др., 2016) по модифицированной формуле засушливости де-Мартона (Martonne, 1926), климат может классифицироваться от аридного (<15) в мае до семиаридного (15-24) – в июне и умеренно-аридного (25-30) в августе. Наиболее влажным месяцем является июль, в котором климат по показателю эффективности осадков является слегка гумидным. Таким образом, можно охарактеризовать сложившиеся климатические условия района исследований как не очень благоприятные для нормального функционирования древесной растительности из *Pinus sylvestris*, где проходит южная граница ее распространения на песчаных отложениях в пределах субмеридионально протяженной Баргузинской котловины.

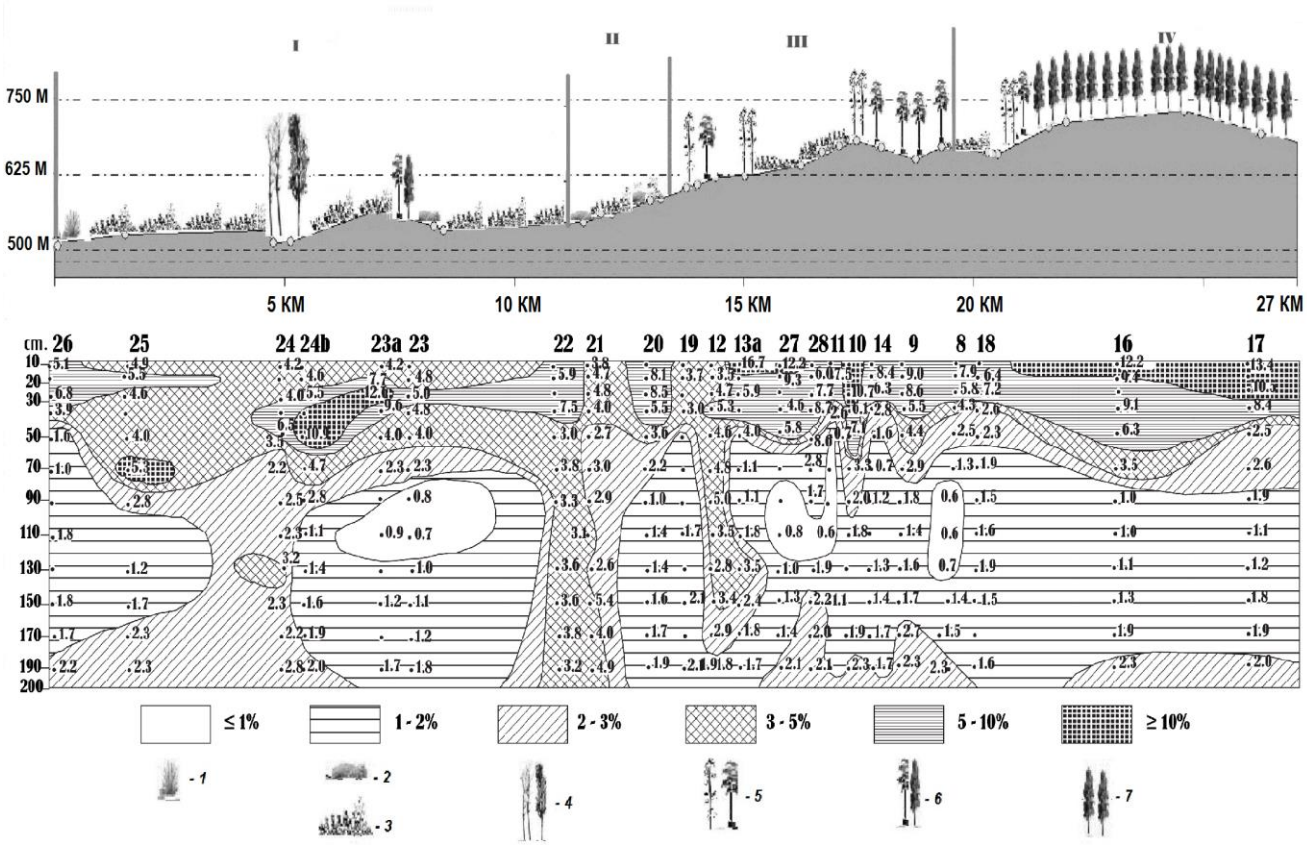

Рис. 2. Ландшафтно-экологическая трансекта (А) и топоизоплеты естественной влажности почв (В) модельного полигона «Верхний Куйтун». *Условные обозначения.* Ландшафты: I – высокая слабонаклонная терраса р. Баргузин с песчаными и супесчаными каштановыми почвами на древнедюнном рельефе со старыми залежами и участками деградированной степи с доминированием *Carex duriuscula*; II – наклонная пологоволнистая равнина с древнедюнным рельефом с островными массивами сосновых лесов с дерново-лесными почвами, залежами и участками целинных степей с *Stipa krylovii* и *Carex duriuscula* с песчаными и супесчаными каштановыми почвами; III – приводораздельная полого-увалистая возвышенная равнина с древнедюнным сглаженным рельефом и крупными, средними и мелкими островными сосновыми лесами на дерново-лесных почвах и старыми залежами и участками осоково-ковыльных степей на песчаных и супесчаных каштановых почвах. Растительные сообщества: 1 – осочково-ковыльные целинные степи, 2 – сорные полынно-пырейные на залежах, 3 – мохово-лишайниковые на залежах, 4 – тополевые лесополосы из высохших и живых деревьев, 5 – сосновые лесополосы из высохших и живых деревьев, 6 – сосновые лесопосадки из высохших и живых деревьев, 7 – сосновый лес из живого древостоя. Почвы: 26, 24b ... 17 – индексы почвенных разрезов и пробных площадей; 1.2 … 12.9 – значения естественной влажности почв (%).

Существенное значение в качестве климатических ограничений такие условия имеют как для нормального функционирования ветрозащитных лесополос из *Populus balsamifera,* так и для восстановления коренных зональных сообществ из *Stipa krylovii, Agropyron cristatum* и *Cleistegenes squarrosa* на залежных землях. Баргузинская котловина является своеобразным узлом соприкосновения очень разных в экологическом и морфо-физиологическом отношениях комплексов растительности с преобладанием во флоре криоксерофильных видов. По набору эдификаторов, субэдификаторов и особенно по степени распространения образованных ими фитоценозов контактной зоны, она имеет большое сходство с флорой дауро-монгольских и центрально-сибирских степей. Крупнодерновинные, ковыльные степи, некогда представлявшие собой богатые пастбищные угодья, были распаханы, а в начале 1990-х гг. в связи с изменением социально-экономической ситуации были заброшены и перешли в залежные земли (Гомбоев, 2006). К настоящему времени восстановительные процессы коренной растительности степей на залежах сильно замедлились из-за повсеместного развития мохово-лишайникового покрова (Gunin et al., 2015). Высшая растительность на залежах представлена бурьянистой стадией из однолетних стержнекорневых полыней: *Artemisia scoparia* и *A. sieversiana,* проективное покрытие которых год от года сильно меняется, например, от 2-3% в 2015 г. до 30-40% в 2016 г. На оголенной, слабозадернованной поверхности практически ежегодно развивается сообщество из псаммофитного пырея *Elytrigia repens* с невысоким (до 3-5%) проективным покрытием. Юго-восточная часть полигона представлена сочетанием сосновых лесов из *Pinus sylvestris,* залежей и единичных узколокализованных участков с фоновой, ныне деградированной, степной растительностью, представленной злаково-осочковыми сообществами из (*Carex duriuscula+Poa botryoides+Stipa baiacalensis*). На всех массивах залежных земель сохранились разновозрастные многорядовые (от 3 до 5) лесополосы из тополя бальзамического и 5 массивов искусственно восстановленных средневозрастных сосновых насаждений.

Древесная растительность на исследованном полигоне представлена в трех основных формах: 1) участки сосновых лесов естественного происхождения; 2) полезащитные лесополосы, созданные около 25-30 лет назад и состоящие из тополя бальзамического, сосны обыкновенной и полностью погибшей к моменту изучения ивы; 3) редкостойные молодые сосняки на сильно эродированных залежах и редкостойные сосняки из приспевающих особей сосны на целине. По своему жизненному состоянию древесный ярус в лесополосах сильно различается: от полностью отмерших до живых экземпляров. По свидетельству местных жителей, ухудшение жизненного состояния тополевых лесополос продолжается в течение последнего десятилетия, а массовая гибель сосновых насаждений, включая островные сосновые леса, произошла за очень короткий период, совпавший с временем наших исследований. После прекращения активного сельскохозяйственного использования земель в связи с кризисными явлениями в экономике начала 1990-х гг. в урочище «Верхний Куйтун» прекратился и уход за полезащитными лесополосами, которые в условиях аридизации климата начали деградировать и распадаться, причем процесс их распада, как следует из наших наблюдений, прогрессирует.

В целях оценки состояния древесной растительности полигона и определения естественной влажности почв нами было заложено 13 пробных площадей размером 50 мх50 м: 7 в сосновых насаждениях (из них 2 в искусственных посадках – точки ВК-23 и ВК-23а на ландшафтно-экологической трансекте, и 5 в естественно сформировавшихся лесных массивах в пределах полигона) и 6 – в тополевых лесополосах (табл. 1). Площадь Л-1 расположена в глубине лесного массива, примерно равноудаленного от западной опушки и обрыва к реке Гарга; площадь Л-2 – близ северной опушки леса на вершине пологой песчаной гривы; площадь Л-3 – также в глубине лесного массива; площадь ВК-13 – в сосновом массиве на склоне песчаной гривы и площадь ВК-16 – недалеко от края лесного массива. На каждой пробной площади были проведены таксационные работы по стандартной методике, принятой в лесном хозяйстве страны, а также сделана оценка состояния деревьев по 7-балльной шкале по разработанной нами методике: 1 – дерево без признаков усыхания; 2 – усохло менее 25% хвои; 3 – усохло 26-50% хвои; 4 – усохло 51-75% хвои; 5 – усохло более 76% хвои; 6 – погибшее дерево; 7 – старый сухостой.

Состояние деревьев тополя в полезащитных лесополосах учитывалось по следующим категориям: дерево живое, усохшее, поросль из спящих почек, живая корневая поросль, погибшая корневая поросль.

Таблица 1. Перечень точек по определению состояния древесной растительности и естественной влажности почв на модельном полигоне «Верхний Куйтун».

№	Индекс точки	Координаты	Высота, м н.у.м.	Мезорельеф	Состояние древостоя
1	ВК-10	54° 19' 32.2" с.ш. 110° 38' 55.0" в.д.	662	Дно ложбины на равнине	Живой сосновый лес
2	ВК-11	54° 19' 07.5" с.ш. 110° 38' 09.0" в.д.	663	Окраина ложбины на равнине	Усыхающий сосновый лес
3	ВК-12	54° 20' 26.9" с.ш. 110° 36' 55.9" в.д.	604	Вершина опесчаненной гряды	Молодой сосновый подрост
4	ВК-13а	54° 20' 07.3" с.ш. 110° 37' 08.3" в.д.	635	Пологий склон повышенной равнины	Высохший сосновый лес
5	ВК-16	54° 17' 52.1" с.ш. 110° 42' 34.0" в.д.	718	Высокая равнина	Живой сосновый лес
6	ВК-17	54° 17' 01.0" с.ш. 110° 44' 17.5" в.д.	688	Высокая равнина	Живой сосновый лес
7	ВК-19а	54° 20' 37.9" с.ш. 110° 36' 41.2" в.д.	632	Высокая равнина	Высохшая лесополоса из тополя
8	ВК-20	54° 20' 44.3" с.ш. 110° 36' 00.5" в.д.	623	Высокая равнина	Высохшая лесополоса из тополя
9	ВК-20а	54° 20' 46.6" с.ш. 110° 35' 56.2" в.д.	595	Равнина низкого уровня	Высохшая лесополоса из тополя
10	ВК-22а	54° 21' 26.8" с.ш. 110° 35' 00.2" в.д.	582	Равнина низкого уровня	Усыхающая лесополоса из тополя
11	ВК-23	54° 22' 08.5" с.ш. 110° 32' 24.3" в.д.	539	Равнина низкого уровня	Высохшая лесополоса из сосны
12	ВК-23а	54° 22' 10.3" с.ш. 110° 32' 12.9" в.д.	540	Равнина низкого уровня	Живая лесополоса из сосны
13	ВК-24а	54° 22' 53.2" с.ш. 110° 30' 58.4" в.д.	529	Выровненная эрозионная равнина с язвами дефляции	Усыхающая лесополоса из тополя
14	ВК-24б	54° 22' 50.9" с.ш. 110° 31' 03.4" в.д.	529	Ложбина в межгрядовом понижении	Высохшая лесополоса из тополя с обильной порослью
15	ВК-25	54° 23' 55.9" с.ш. 110° 28' 49.6" в.д.	538	Слабонаклонная терраса	Высохшая лесополоса из тополя
16	ВК-27	54° 19' 28.3" с.ш. 110° 37' 11.6" в.д.	656	Слабонаклонная равнина	Усыхающий сосновый лес
17	Л-1	54° 22' 23.4" с.ш. 110° 42' 24.7" в.д.	581	Равнина среднего уровня	Усыхающий сосновый лес
18	Л-2	54° 22' 31.4" с.ш. 110° 42' 25.1" в.д.	580	Равнина среднего уровня	Высохший сосновый лес
19	Л-3	54° 22' 16.3" с.ш. 110° 41' 56.8" в.д.	582	Равнина среднего уровня	Усыхающий сосновый лес

Через весь полигон с северо-востока на юго-запад по центральной части трансекты было заложено 22 почвенных разреза (12 приходится на участки лесополос или естественного леса; табл. 1) глубиной не менее 2 м, в которых определялась естественная влажность (рис. 2). Морфологическое описание почв и их классификацию проводили, согласно «Классификации … почв России» (2004) и «Полевого определителя почв России» (2008). Физико-химические свойства почвенных образцов определяли стандартными методами (Аринушкина, 1970; Агрохимические …, 1975). Влажность завядания и продуктивный запас влаги рассчитывались по методике А.А. Роде (1960).

Результаты и обсуждение

К середине 2016 г. в районе исследования сложилась критическая ситуация с усыханием лесных полос и естественных участков леса, которая по своему значению может считаться бедствием на региональном уровне. Для выяснения причин, приведших к локальному усыханию сосны и тополя, и климатических трендов в районе исследований нами было проведен детальный анализ многолетних климатических показателей, полученных с рядом расположенной метеостанцией «Курумкан» (12 км юго-западнее полигона). При анализе данных использовали 50-летний период наблюдений, с 1966 по 2015 гг. (рис. 3), и исходили из того, что количество поступившей влаги является важной фоновой характеристикой, на аккумуляцию которой накладывались такие параметры как: водно-физические, физико-химические свойства почв и подстилающих пород, локальная неоднородность рельефа на мезо- и микроуровне, котловинный климатический эффект и проективное покрытие растительными сообществами.

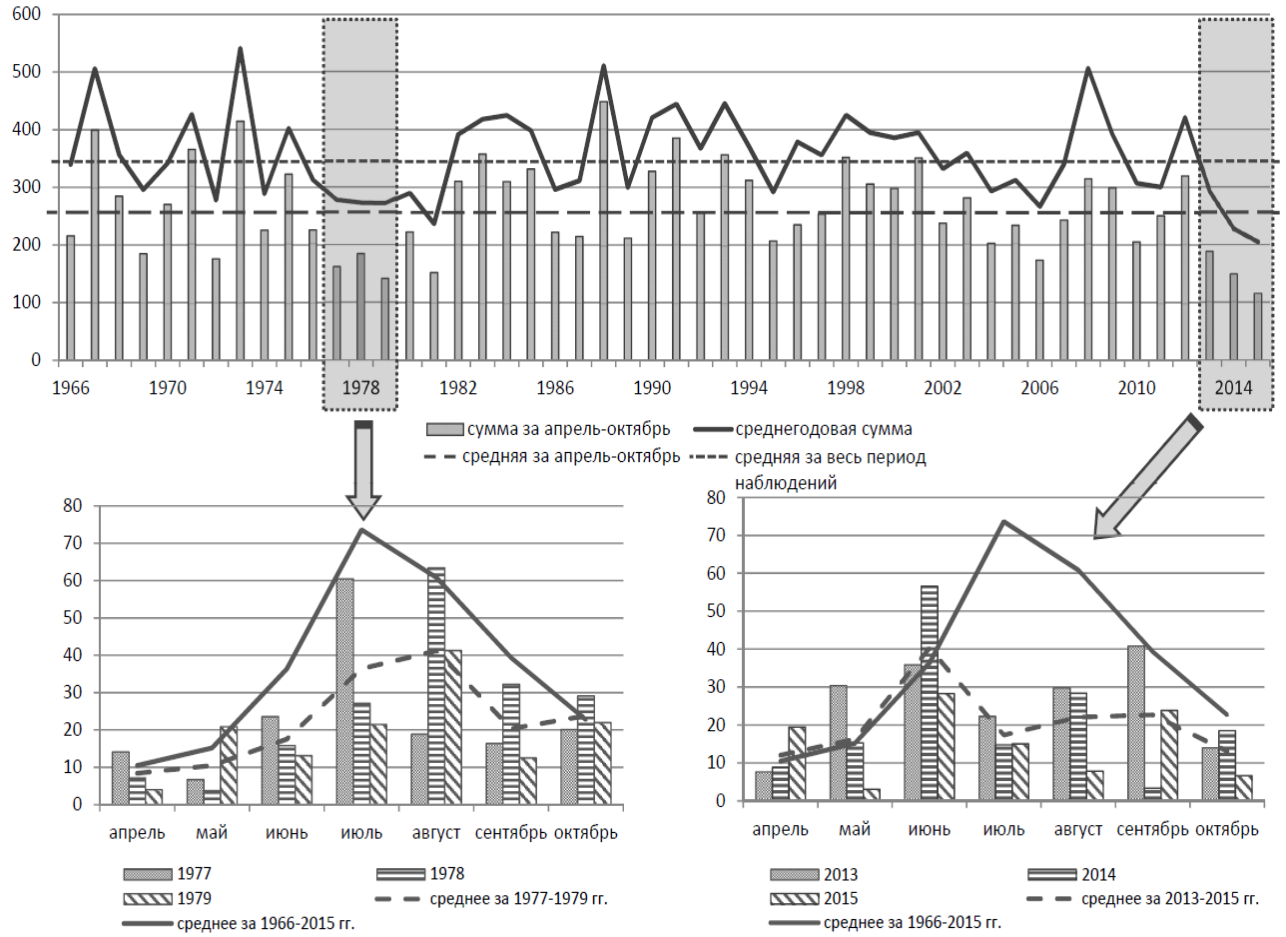

Рис. 3. Многолетняя динамика годовых атмосферных осадков (А) и их среднемесячных значений (апрель-октябрь) для двух засушливых циклов (Б) по данным метеостанции «Курумкан».

Динамика среднегодового количества осадков свидетельствует о том, что, в целом, их общие значения не сильно отклонились от нормального тренда ни в сторону увеличения, ни в сторону снижения. В то же время на представленном графике достаточно четко прослеживаются два трехлетних засушливых цикла: первый с 1977 по 1979 гг., а второй – современный, с 2013 по 2015 гг. (рис. 3). При этом 2015 г. был аномально засушливым как в годовом исчислении, так и в сезонном, когда осадки поступали в почву, в основном, в жидкой форме (апрель-октябрь). Примечательно и то, что два предыдущих года также были весьма засушливыми, что и привело к усыханию древесной растительности в конце 2015 – начале 2016 гг. На негативные последствия трех летних засух подряд

ранее было показано на примере соснового древостоя Бузулукского бора (Тольский, 1926). В дальнейшем, анализ результатов многочисленных работ позволил установить следующую закономерность: в течение двух летних засух подряд, когда общее количество осадков снижалось до 88-102 мм, насаждения сосны еще справлялись с этим бедствием, но на третий год засухи корни уже не могли снабжать деревья водой независимо от количества осадков (Ахромейко, 1950; Орлов, Кошельков, 1971). Подобный, но не столь критичный в плане аридности трехлетний засушливый период в Баргузинской котловине был в 1977-1979 гг. (рис. 3).

Детализированный анализ этих периодов показал, что в течение вегетационного периода в 1977-1979 гг. динамика выпадения осадков при общем падении их абсолютных значений в целом сохраняла среднемноголетнюю закономерность с пиками в июле-августе. Соответственно режиму выпадения осадков, в июле 1979 г. естественная влажность почвы под разреженными сосняками до глубины 200 см не превышала 3.0%, а в августе увеличилась до 6-8%. Тем не менее, в следующем, 1980 г., на исследованных участках отмечалась гибель около половины насаждений сосны (Копосов и др., 1983). В период же 2013-2015 гг. картина выпадений атмосферных осадков претерпела значительные изменения: июльско-августовские пики отсутствовали, так как в эти месяцы тихоокеанский муссон здесь не «разгружался». Поэтому, на наш взгляд, сильная засуха 2013-2015 гг. была усилена существенным изменением сложившейся динамики атмосферного увлажнения.

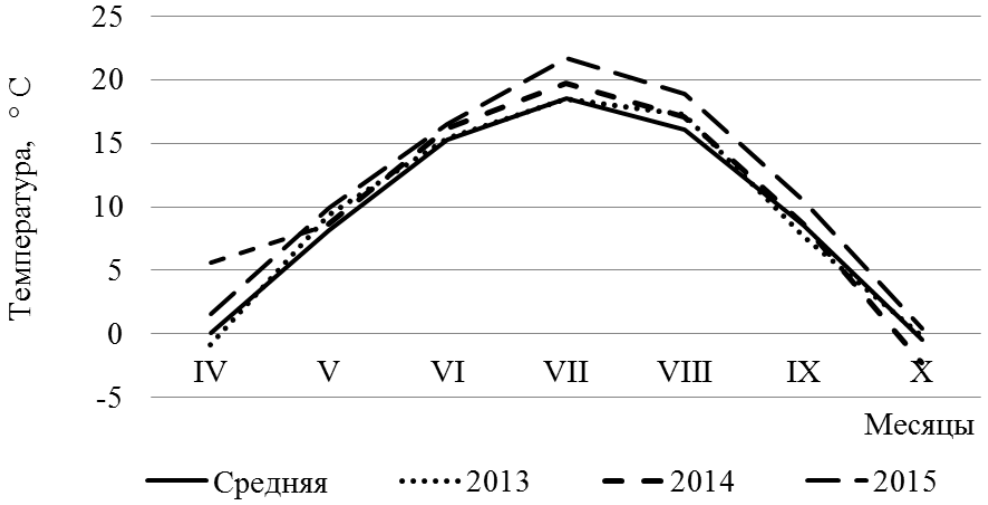

Рис. 4. Динамика изменения среднемесячной температуры с апреля по октябрь в 2013-2015 гг.

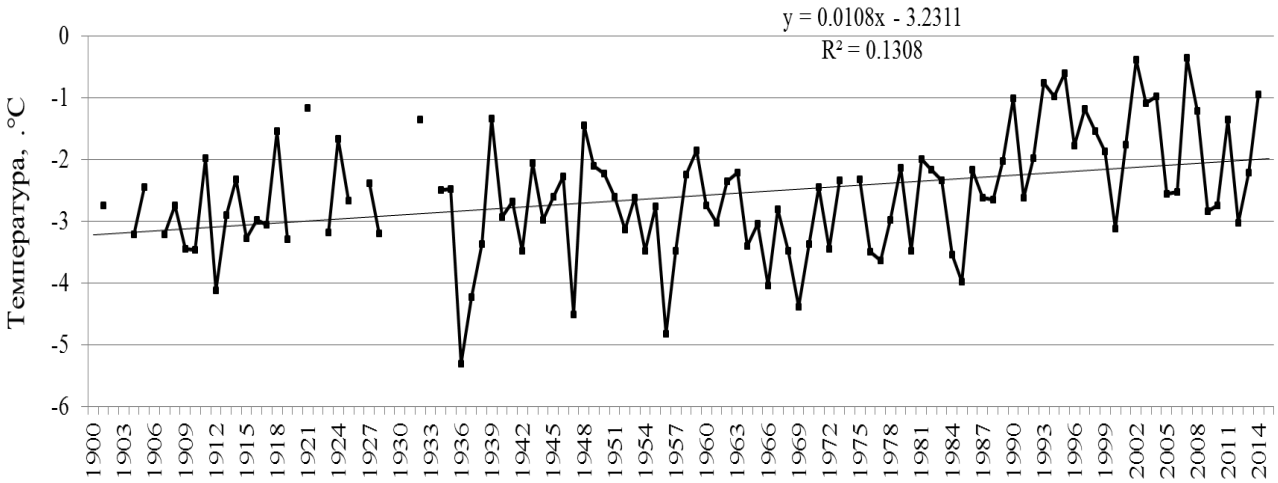

Рис. 5. Динамика изменения среднегодовой температуры воздуха за период наблюдений с 1900 по 2015 гг. Средняя температура воздуха за анализируемый период составляла -2.6°С.

Заметное повышение среднемесячных температур воздуха также усугубило ситуацию. 2013 г. был близок к среднемноголетней динамике по температуре воздуха (рис. 4), немного теплее было в 2014 г, а самым жарким оказался 2015 г., в котором, например, средняя температура воздуха в июле достигла +21.7°С при среднегодовом значении +18.5°С, а максимальные значения в июле неоднократно превышали +40°С. Таким образом, климат Баргузинской котловины становится более аридным, о чем также свидетельствуют климатические тренды по среднегодовой температуре и осадкам.

Расчеты показывают, что, по данным метеостанции в Курумкане, среднегодовая температура за 100 лет значимо повысилась более, чем на 1°С (рис. 5).

По данным таксации сосновых насаждений естественного происхождения на пробных площадях, а также маршрутных обследований лесных массивов, можно заключить, что до катастрофической засухи 2013-2015 гг. эти насаждения развивались нормально и успешно самовозобновлялись, формируя разновозрастные древостои. Старшее поколение сосны здесь насчитывает 40-50 лет, при этом имеются отдельные деревья гораздо большего возраста. Второе явно различимое поколение составляет порядка 20-30 лет. Чаще всего, это высокополнотные насаждения, местами разреженные, растущие по II бонитету (табл. 2).

Таблица 2. Таксационные характеристики сосновых древостоев на пробных площадях искусственного (И) и естественного (Е) происхождения.

Индекс точки	Тип леса	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Полнота	Бонитет
ВК-13а	сосняк травяной (Е)	20-22	6	7	0.6-0.8	II
ВК-16	сосняк рододендроновый (Е)	30	18-20	15	0.7-0.8	II
ВК-17	сосняк рододендроново-разнотравный (Е)	40-45	20	16	0.5-0.7	II
ВК-23	сосняк разнотравный (И)	25	8.5	12	0.4-0.6	III
ВК-23а	сосняк разнотравный (И)	25	10.5	13	0.7-0.8	II
Л-1	сосняк травяной (Е)	40-45	16-18	14-16	0.6-0.8	II
Л-2	сосняк травяной (Е)	40-45	18-20	15-17	0.4-0.6	II
Л-3	сосняк спирейный (Е)	35-40+50	17+21	15+19	0.4-0.5	II

Результаты обследования по состоянию деревьев (табл. 3) показали, что полностью здоровых насаждений не территории полигона не сохранилось. Даже в относительно благополучных насаждениях в глубине естественного лесного массива близ реки Гарга отмечены признаки усыхания у значительного числа деревьев, а по периферии, как это было обнаружено на ряде точек (ВК-11, ВК-27) и на пробной площади ВК-13а, они погибли практически все.

Таблица 3. Распределение деревьев сосны в древостоях по категориям состояния, экз.

Индекс точки	Категории состояния							
	1	2	3	4	5	6	7	Всего
ВК-23	0	1	1	1	2	50	4	59
ВК-23а	2	58	30	7	8	1	0	106
Л-1	0	48	92	40	36	44	16	276
Л-2	0	0	0	8	24	224	8	264
Л-3	32	88	68	8	4	0	4	204
ВК-13а	0	0	0	0	0	1200	0	1200
ВК-17	304	0	0	0	0	0	28	332

Несмотря на то, что усыханию подверглись деревья всех возрастов, можно утверждать, что особенно сильно пострадал подрост, который, по-видимому, из-за недостаточно развитой корневой

системы не мог добывать влагу из глубоких почвенных горизонтов. На пробных площадях Л-2 и ВК-13 он погиб полностью, на площади Л-3 погибло 35-40% подроста и около 15% находится в стадии засыхания. На площади Л-1 подрост не зафиксирован.

Полезащитные полосы из тополя, в целом, находятся в очень плохом состоянии. На значительном протяжении, стоящие на корню деревья и поросль, полностью погибли уже достаточно давно, либо находятся в состоянии распада и отмирания (табл. 4). Распределение тополя по категориям крайне изменчиво на разных пробных площадях: от преобладания живых деревьев и поросли до практически полностью погибшего древостоя.

Таблица 4. Распределение деревьев тополя в полезащитных лесополосах по категориям состояния.

Индекс точки	Категории состояния					
	дерево живое	дерево усохшее	поросль из спящих почек	корневая поросль живая	корневая поросль погибшая	Всего
ВК-19а	0	0	0	12	85	97
ВК-20	0	1	0	4	33	38
ВК-20а	0	1	0	1	94	96
ВК-22а	5	33	17	15	37	107
ВК-24а	46	15	0	125	7	193
ВК-24б	32	12	0	32	19	95
ВК-25	0	59	7	32	21	119

Как следует из рисунка 2В, естественная влажность почв в пределах ландшафтно-экологической трансекты изменялась весьма значительно как по глубине, так и в пространстве. Наибольшие ее значения в период исследований (25 июня 2016 г.) были обнаружены только в поверхностных (0-30 см) горизонтах почвы, где они превышали 10% в сосняках с сомкнутым древостоем (точки ВК-17, ВК-16, ВК-10, ВК-27). Высокими значениями естественной влажности (от 5 до 10%) характеризуется поверхностные слои в лесостепной части трансекты (точки ВК-22, ВК-20, ВК-12, ВК-28, ВК-14, ВК-7, ВК-7 и ВК-18) с островными небольшими лесами и целинными участками, а также со старыми залежами. Хорошим увлажнением (от 3 до 5%) поверхностных горизонтов характеризовалась остальная территория полигона и трансекты, находящаяся под старыми залежами с тополевыми и сосновыми лесополосами и целинными участками (рис. 2В).

Таблица 5. Физико-химические свойства слоистых песчаных отложений язв дефляции и участков со слабо развитым почвенно-растительным покровом.

Индекс точки	Глубина, см	pH	CO_2, %	Гумус, %	Фракции, %; размер, мм			
					1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	<0.01
ВК-24	0-22	9.1	1.8	0.12	48	46	3	3
	22-58	8.6	2.6	0.11	51	45	1	3
	58-125	8.7	2.3	0.10	67	30	1	2
	125-200	8.8	2.0	0.10	72	24	1	3
ВК-12	0-96(100)	9.4	0.8	0.07	49	47	1	3
	96(100)-102	9.0	0.8	0.02	72	25	1	2
	102-150	8.7	0.5	0.02	41	56	1	2
	150-190	8.8	0.8	0.01	26	71	1	2

Меньшим разнообразием естественной влажности, а главное, на более низком уровне ее содержания характеризуются подпочвенные (от 30-50 до 200 см) горизонты. Так, четко прослеживается ее резкое убывание с глубины 40-50 см иногда до 1-2%, а на глубине 180-190 см она увеличивается до 2-3% (рис. 2В). Таким образом, практически на всем пространстве трансекты на глубинах от 70 до 180 см сформировалась толща с очень малым количеством почвенной влаги. И

только в отдельных случаях: на оголенных песках, в язвах дефляции или в глубоких ложбинах происходит промачивание почвенного профиля на глубину до 180 и более см (точки ВК-24, ВК-22, ВК-12, ВК-10), формируя особый тип увлажнения по типу потускула.

В качестве сравнительного фона приводим данные по основным физико-химическим свойствам и внутрипрофильному распределению продуктивного запаса влаги на распространенных в районе исследований опесчаненных сильнодефлированных грядах – язвах эрозии и участках со слаборазвитым почвенным и растительным покровом (табл. 5 и 6).

Исходные слоисто-песчаные почвообразующие породы имеют очень легкий гранулометрический состав и, как следствие, провальную водопроницаемость и крайне низкую водоудерживающую способность, в результате которых влага достаточно равномерно распределяется по всему профилю, как это происходит на точках ВК-24 и ВК-12 (рис. 2В). Соответственно этому эти местообитания характеризуются самым значительным запасом продуктивной влаги в почвенном профиле, достигающим максимальных значений в 101.5 и 92.0 мм (табл. 6).

Таблица 6. Запас продуктивной влаги (мм) на слабозадернованных песках с язвами дефляции и закоренных почвах с мохово-лишайниковым покровом (%).

№ точки		ВК-24	ВК-12	ВК-19
Рельеф пробной площади		Выровненная поверхность с язвой дефляции	Вершина гряды с язвами дефляции и локальным возобновлением сосны (7-12 лет)	Вершина гряды с мохово-лишайниковым покровом
Тип современного использования и состояние / сообщество		пустошь / без растительности	пустошь, пастбище / полынно-пырейное	пустошь, пастбище / мохово-лишайниковое с разреженным разнотравьем
Проективное покрытие травяного яруса, %		0	15	90
Продуктивная влага, мм	0-40	30.5	19.8	8.0
	40-100	28.0	37.0	0.0
	100-150	25.0	19.9	2.4
	150-200	18.0	15.3	2.9
	Сумма	101.5	92.0	13.3

Существенной преградой для проникновения влаги в более глубокие горизонты является наличие мохово-лишайникового покрова (разрез ВК-19), что отразилось как на низких значениях естественной влажности (1-4% на глубине 40-100 см), так и на минимальном запасе продуктивной влаги, который был определен для всего профиля в целом на уровне 13 мм.

Естественные островные сосновые леса в лесостепной зоне, которые в период 3-летней засухи практически не пострадали, были изучены в центре небольшого субмеридианально вытянутого ареала соснового леса (точка ВК-10). Смягчение негативного для лесной растительности иссушения почв обусловлено не только высоким проективным покрытием древостоя, но и геоморфологически подчиненной позицией, способствующей аккумуляции влаги. Так, запас продуктивной влаги достигает здесь 59.6 мм, что обусловлено, с нашей точки зрения, затенением поверхности почвы кронами деревьев и наличием лесной подстилки, способствующих меньшей испаряемости влаги с поверхности почвы.

Кроме того, достаточно высокое содержание гумуса в дерновом горизонте (3.71%) и фракций крупной пыли (наибольшее среди других точек, взятых для сравнения), составляющее в 0-70 см слое 32-53% (ВК-10), а также сравнительно большое количество частиц физической глины (11-20%) способствовало сорбции и выполняло роль мульчирующего слоя, что снижало физическое испарение (табл. 7, 8).

Сосны, произрастающие на периферии лесных контуров (точка ВК-27), в относительно

нарушенных вырубкой местообитаниях с молодым перелеском (точка ВК-13) и на лесных опушках (точка ВК-11), оказались наиболее чувствительными к климатическим изменениям. Как было показано выше, для них было характерно практически полное (точки ВК-13 и ВК-27) или частичное (точка ВК-11) усыхание древостоя. Почвы имели связнопесчаный (ВК-13), рыхлопесчаный (ВК-11) и супесчаный (ВК-27) гранулометрические составы. Характерно, что в лесных экосистемах с незначительной долей степных видов влажность профиля значительно выше, что связано с условиями затененности, меньшими затратами на транспирацию и незначительной потерей влаги, вследствие покрытия лесной подстилкой (ВК-16, ВК-17; рис. 2В).

Искусственные участки соснового леса на территории полигона изолированы от естественных лесов, а каждый массив по отдельности занимает площадь 5-10 га и располагается на однородных полого-волнистых равнинах. Выбранный участок имеет прямоугольную форму 500 на 1100 м и

Таблица 7. Физико-химические свойства почв в естественных, искусственных массивах сосны и тополевых лесополосах.

Точка	Глубина, см	pH	CO_2, %	Гумус, %	Фракции, %; размер, мм			
					1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	<0.01
ВК-13а (сухой лес)	0-6(13)	7.7	-	2.14	10	55	28	7
	6(13)-14(20)	7.0	-	0.77	15	65	12	7
	14(20)-30(46)	6.8	-	0.50	26	60	6	7
	30(46)-112(119)	7.5	-	0.23	23	70	4	3
	112(119)-132	8.8	2.3	0.92	10	53	26	11
	132-200	9.0	2.3	0.18	9	66	20	6
ВК-11 (усыхающий лес)	0-8	7.4	-	0.74	28	39	22	11
	8-25	7.7	-	0.42	38	43	13	5
	25-36	9.0	1.1	0.12	43	51	2	4
	36-65	9.2	0.8	0.07	18	77	1	3
	65-77	8.9	0.8	0.02	49	46	1	3
	77-85	9.0	0.8	0.02	30	65	2	3
	85-119(124)	8.9	0.8	-	17	78	2	3
	119(124)-205	9.3	0.8	-	24	70	3	3
ВК-10 (живой лес)	0-5(9)	6.8	-	3.71	4	32	53	11
	5(9)-17(22)	6.9	-	1.05	6	37	35	22
	17(22)-33	7.3	-	0.47	11	37	32	20
	33-50	8.7	12.4	2.14	3	32	44	20
	50-71	9.2	5.5	0.46	1	37	46	15
	71-100(108)	9.1	1.5	0.35	7	61	27	6
	100(108)-122(129)	9.1	0.8	0.35	12	63	20	5
	122(129)-132(136)	8.8	0.2	0.11	11	83	3	3
	132(136)-200	8.6	0.1	0.04	23	72	3	2
ВК-23 (живая лесополоса)	0-22	7.8	-	1.16	21	57	15	6
	22-27(36)	8.0	-	1.80	41	25	24	9
	27(36)-51(57)	8.6	4.2	0.77	31	28	24	17
	51(57)-92(96)	9.5	0.8	0.27	65	30	2	3
	92(96)-108	9.6	0.8	0.20	55	39	3	3
ВК-23А (высохшая лесополоса)	0-15(17)	8.1	0.8	0.88	14	66	13	7
	15(17)-21(25)	7.7	-	1.01	6	55	2	12
	21(25)-73(80)	8.9	1.9	0.38	6	68	18	8
	73(80)-92(103)	9.3	2.5	0.24	24	63	8	4
	92(103)-200	9.1	2.1	0.19	37	54	6	3

Таблица 8. Запас продуктивной влаги (мм) в почвогрунтах естественных сосновых лесов и лесополос из тополя и сосны.

№ точки		ВК-13а	ВК-10	ВК-23	ВК-23а	ВК-24а	ВК-24б
Рельеф пробной площади		пологий склон северо-западной экспозиции	линейная ложбино-образная депрессия	выровнен-ный слабонак-лонный участок на поднятии	выровнен-ный слабонакло нный участок	выровненная эрозионная поверхность с язвами дефляции на древней дюне	ложбина в межгря-довом понижении
Сообщество		1	2	3	4	5	6
Проективное покрытие травя-ного яруса, %		40	55	25	14	4	29
Продуктивная влага, мм	0-40	30.5	17.1	10.2	29.0	7.8	19.7
	41-100	0.3	5.5	2.3	4.9	1.2	18.4
	101-150	1.4	16.0	1.0	2.6	3.2	4.8
	151-200	1.2	21.1	2.9	7.2	5.8	9.0
	Итого	33.4	59.6	16.4	43.7	18.0	51.9

Примечания к таблице 8: 1 – сосняк разновозрастный высохший спирейно-мятликовый с участием усохшей осины *(Pinus sylvestris+Populus tremula–Spiraea media–Poa attenuata),* 2 – сосняк живой разновозрастный спирейно-разнотравный *(P. sylvestris-Spiraea media–Polygonatum odoratum+Lathyrus humilis)*, 3 – сосняк сухой разнотравный *(P. sylvestris–Galium verum+Lappula squarrosa)*, 4 – сосняк живой разнотравно-злаковый *(P. sylvestris–Atriplex vera+Artemisia sieversiana+Elytrigia repens),* 5 – тополевник усыхающий разнотравно-астрагаловый (*Populus balsamifera–Astragalus dahuricum+Medicago falcata)*, 6 – тополевник высохший злаково-разнотравный (*Populus balsamifera–Elytrigia repens+ Atriplex vera+Potentilla bifurca).*

занимает площадь около 0.6 км^2. Такой их характер и определяет, в итоге, режим функционирования,выявленный и описанный нами для островных естественных сосняков. Естественная влажность в поверхностных горизонтах под живыми сосняками достигает 12.6%, под мертвыми – только 5%. Нижележащие горизонты (80-200 см) в обоих случаях отличаются снижением этого показателя до очень малых величин: 1-2% и менее 1%. Такому распределению влажности подчиняется и расчетный запас продуктивной влаги. В почвенном профиле под живым сосняком он достигает более 43 мм и превышает таковой под погибшими сосняками в 2.6 раза. При этом обращает на себя внимание очень низкий запас продуктивной влаги в корнеобитаемых горизонтах средневозрастных сосняков, что свидетельствует о прогрессирующих процессах иссушения (табл. 8).

В почвах как под сухими (ВК-23), так и живыми соснами (ВК-23а) по всему профилю преобладают частицы мелкого песка (57-68%), а доля физической глины мала (3-9%). При этом, в разрезе под сухими деревьями доля тонкого песка значительно выше, чем под живыми (15-24 и 2-18%, соответственно). Доля среднего песка в разрезе ВК-23 также заметно выше, чем в разрезе ВК-23а. Верхние горизонты почв под высохшими деревьями обладают 1.5-2-кратным превышением содержания гумуса по сравнению с таковым с живыми деревьями (1.80 % и 1.01%, соответственно).

Выживание тополевых искусственных противодефляционных лесополосных насаждений, произрастающих в лесостепной зоне, зависит от ряда факторов, среди которых особое место принадлежит их расположению по формам мезорельефа, особенностям гранулометрического состава и степени развитости степной растительности, которые в целом и определяют условия режима влажности почв (табл. 9). Таким образом, усыхание краевых частей естественных сосновых лесов, опушек и небольших перелесков, а также фрагментов искусственных сосновых и тополевых лесополос произошло в результате 3-летнего засушливого периода 2013-2015 гг. с измененным циклом выпадения осадков в течение вегетационного периода.

Таблица 9. Физико-химические свойства почвы лесополос из тополя бальзамического.

№ точки	Глубина, см	pH	CO_2, %	Гумус, %	Фракции, %; размер, мм			
					1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	<0.01
ВК-24а (живая)	0-38(40)	8.4	0.7	0.77	27	56	9	7
	38(40)-45	8.4	-	0.93	14	45	30	11
	45-91(95)	9.0	4.7	0.48	12	58	20	10
	91(95)-200	9.1	1.8	0.12	21	74	2	3
ВК-24б (высохшая)	0-21(27)	8.3	1.1	0.47	52	38	5	5
	21(27)-37(45)	7.8	-	0.76	57	30	8	5
	37(45)-54(71)	8.8	2.0	0.49	45	41	8	6
	54(71)-125	9.0	2.3	0.19	72	23	1	3
	125-175	9.0	1.5	0.12	78	19	0	3

Изучение экологических условий, сложившихся в лесостепных экосистемах Баргузинской котловины, показало, что первостепенное значение для состояния искусственных и естественных сосновых лесов, и тополевых лесополос имеет запас продуктивной влаги почвогрунтов. При этом высокое содержание влаги в верхней части (0-50 см) почвенно-грунтовой толщи и, следовательно, ее значительный запас, несомненно, играет положительную роль для выживания древесной растительности в засушливый цикл, зафиксированный нами, однако, с нашей точки зрения, его положительный эффект носит непродолжительный характер. Формирование на глубинах 70-180 см горизонта с естественной влажностью в 1-2% и менее позволяет констатировать, что иссушение этой части почвенного профиля продолжается, вследствие чего можно прогнозировать дальнейшее расширение ареала высыхающих лесов.

Главным условием снижения влагообеспеченности лесных сообществ до критического уровня является факт совмещения горизонта обезвоживания почвогрунтов с глубиной расположения основной массы сосущих корешков древостоя. Так, по данным раскопок корневых систем сосны, проведенных А.Г. Гаелем и Н.А. Воронковым в аналогичных местообитаниях с песчаными почвами, максимум всасывающих окончаний зарегистрирован на глубинах 100-220 см, а в котловинах выдувания с эоловыми песками – 100-120 см (Гаель, Воронков, 1965). Это позволяет с уверенностью предполагать, что снижение в корнеобитаемом слое естественной влажности почв до уровня влажности завядания, а запаса доступной влаги – близко к мертвому может приводить к усыханию даже в течение одного сезона не только лесополос из тополя бальзамического и сосны обыкновенной, но и древостоя сосны в естественных лесных сообществах.

Заключение

В 2014-2016 гг. в лесостепной зоне Баргузинской котловины отмечалось уменьшение атмосферных осадков. В эти годы изменился также цикл выпадения осадков: тихоокеанский июльско-августовский циклон не «разгружался» в самые жаркими месяцы вегетационного периода. Это привело к сильному иссушению почв, а сложившийся влагодефицитный стресс привел к усыханию как естественных, так и искусственных насаждений из сосны обыкновенной и тополя бальзамического. Усыхание сосновых лесов является также проявлением климатогенных процессов, приводящих к опустыниванию экосистем на широтах 54-55° с.ш.

Несмотря на многочисленные публикации о значительной устойчивости сосны обыкновенной к засухам по сравнению с другими лесообразующими породами, например, лиственницей сибирской и кедром (Dulamsuren et al., 2009), в условиях лесостепной и таежной зон Северного Прибайкалья в настоящее время сложились такие экологические условия, когда выработанная в течение многих тысячелетий адаптация дает сбой даже у такого ксерофитного вида как сосна обыкновенная. Учитывая, что гибель сосновых лесов отмечена нами на значительной территории, включая юго-восточные склоны Баргузинского хребта, можно расценивать данную проблему не только в качестве локальной экологической катастрофы, а как проблему регионального значения с ярко выраженной тенденцией к охвату новых территорий в горных котловинах Юго-Восточной Сибири.

Особую признательность за помощь в экспедиционных исследованиях и аналитических работах, проводимых с участием научных сотрудников ИОЭБ СО РАН и Бурятского государственного университета выражаем Э.Г. Цыремпилову и Б.Ц. Балданову, а также Т.А. Аюшиной, Т.Г. Басхаевой, А.Д. Жамбаловой, О.Г. Загузиной, Ц.Н. Насатуевой, А.Б. Сахьяевой, Т.М. Харпухаевой, С.А. Холбоевой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агрогидрологические свойства почв Забайкалья: справочник. 1970. Л.: Гидрометеоиздат. 270 с.

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

Аринушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ. 487 с.

Ахромейко А.И. 1950. Физиологическое обоснование разведения сосны в степях // Бузулукский бор. Т. 3. М.-Л.: Гослесбумиздат. 264 с.

Бажа С.Н., Гунин П.Д., Концов С.В. 2012. Опыт исследования гидротермического режима темно-каштановых почв Центральной Монголии // Аридные экосистемы. Т. 18. № 1 (50). С. 47-59.

Бажа С.Н., Балданов Б.Ц., Гунин П.Д., Дробышев Ю.И., Жамбалова А.Д., Концов С.В., Насатуева Ц.Н., Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Харпухаева Т.М., Цыремпилов Э.Г. 2016. Иссушение почв как главный фактор опустынивания лесостепных экосистем Баргузинской котловины // Природные и антропогенные изменения аридных экосистем и борьба с опустыниванием. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции 24-26 ноября 2016 г. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 67. Махачкала: Алеф. С. 26-28.

Баргузинская котловина: в прошлом, настоящем и будущем. 1993. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН. 157 с.

Безуглова О.С., Голозубов О.М., Полуян Д.И. 2015. Региональные особенности процессов опустынивания в Ростовской области // Аридные экосистемы. Т. 21. №1 (62). С. 17-21.

Бобринев В.П., Пак Л.Н. 2015. Влияние удобрений на рост лесных культур сосны и лиственницы в Восточном Забайкалье // Агрохимия. №. 5. С. 33-37.

Гаель А.Г., Воронков Н.А. 1965. Корневая система *Pinus sylvestris* L. на песчаных почвах Казахстана и Дона // Ботанический журнал. Т. 50. № 4. С. 503-516.

Гомбоев Б.О. 2006. Аграрное землепользование Внутренней Азии. Новосибирск: СО РАН. 225 с.

Гунин П.Д. 1990. Экология процессов опустынивания аридных экосистем: М.: ВАСХНИЛ. 354 с.

Давыдова Н.Д. 2014. Динамика показателей степных геосистем юго-восточного Забайкалья в условиях глобальных изменений климата // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 4. С. 120-125.

Золотокрылин А.Н. Засухи и опустынивание в суббореальных ландшафтах России // Известия РАН. Серия Географическая. 2013. № 5. С. 64-73.

Еникеев Ф.И. 2009. Плейстоценовые оледенения Восточного Забайкалья и юго-востока Средней Сибири // Геоморфология. № 2. С. 33-49.

Иванов А.Д. 1966. Эоловые пески западного Забайкалья и Прибайкалья. Улан-Удэ: Бурятское книжное изд-во. 232 с.

Классификация и диагностика почв России. 2004. Смоленск: Ойкумена. 342 с.

Копосов Г.Ф., Слесарев И.В., Гладков А.А. 1983. Водный режим // Почвы Баргузинской котловины. Новосибирск: Наука. С 68-178.

Макаров В.П. 2015. Состояние соснового бора в степной зоне Забайкалья // Аридные экосистемы. Т. 21. № 3 (64). С. 56-63.

Орлов А.Я., Кошельков С.П. 1971. Почвенная экология сосны. М.: Лесная промышленность. 323 с.

Полевой определитель почв России. 2008. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 150 с.

Роде А.А. 1960. Методы изучения водного режима почв. М.: Изд-во АН СССР. 244 с.

Розанов Б.Г., Зонн И.С. 1981. План действий по борьбе с опустыниванием в СССР: оценка, мониторинг, предупреждение и борьба с ним // Проблемы освоения пустынь. № 6. С. 22-31.

Тольский А.П. 1926. Усыхание Бузулукского бора (Самарской губернии) // Лесоведение и лесоводство. Вып. 2. С. 16-27.

Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Цыремпилов Э.Г. 2016. Почвы и формы рельефа Баргузинской котловины. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН. 210 с.

Dulamsuren Ch., Hauck M., Bader M., Oyungerel S., Osokhjargal D., Nyambayar S., Leuschner C. 2009. The different strategies of *Pinus sylvestris* and *Larix sibirica* to deal with summer drought in a northern Mongolian forest-steppe ecotone suggest a future superiority of pine in a warming climate // Journal of Forest Research. Vol. 39. P. 2520-2528.

Gunin P., Bazha S., Baldanov B., Baskhaeva T., Kontsov S., Nasatueva Ts., Ubugunov V., Ubugunova V., Kholboeva S., Tsyrempilov E. 2015. Soil cover encrustation and vegetation restoration on fallow lands of Barguzin depression // Ecosystems of Central Asia under Current Conditions of Socio-Economic Development: Proceedings of the International Conference. Vol. 2. Ulaanbatar (Mongolia), September 8-11, 2015. Ulaanbatar. P. 362-366.

Martonne E. 1926. Areisme et indice d'aridite // Les Comptes Rendus de l'Académie des sciences Vol. 182. P. 1395-1398.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 3 (72), с. 32-38

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 910.3:614.4

ФОНОВАЯ МЕДИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕГИОНОВ С ВЫСОКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

© 2017 г. Т.В. Дикарева, Е.Г. Королева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет
Россия, 119992, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail: tvdikareva@yandex.ru, koroleva@cs.msu.su

Поступила в редакцию10.05.2016

Статья посвящена медико-географической оценке семи регионов Казахстана, в которых открыты национальные парки и имеются условия для развития экологического туризма. Авторами проведена классификация районов по уровню заболеваемости населения с целью определения региональных медико-экологических параметров и фоновых (эталонных) характеристик и выполнено медико-географическое картографирование территории Республики Казахстан по комплексу природноочаговых болезней. Выявлены административные области с разной степенью медико-географического риска, что позволит разработать программы детального медико-экологического мониторинга в комплексе с организационно-управленческими мероприятиями на посещаемых туристами территориях.
Ключевые слова: национальные парки, экологический туризм, природноочаговые болезни, медико-географический риск.

Практика организации и управления государственными национальными парками в Республике Казахстан насчитывает не более трех десятилетий. За этот период на землях Казахстана было организовано 12 крупных национальных парков и готовятся к открытию еще три. Географически они располагаются в семи административных областях (табл. 1) и охватывают центральные, северные, восточные и южные регионы страны с большой долей аридных ландшафтов: лесостепных, степных, полупустынных и пустынных. В степной зоне расположено чуть меньше половины всех национальных парков (42%), а больше всего их в горных областях с высотной поясностью (7 парков). В трех природных зонах: степной, пустынной и лесостепной – планируется создать еще по одному национальному парку.

Все государственные национальные природные парки Казахстана имеют уникальную флору и фауну, разнообразную растительность и животный мир, сохранившиеся исторические и археологические памятники, что делает их весьма привлекательными для посетителей. Организованная в парках туристическая и научно-просветительская деятельность приводит к ежегодному увеличению туристических потоков в соответствующие регионы. Так, за последние 3 года общий туристический поток вырос на 20% и приблизился к 3000 тыс. туристов в год только по внутреннему туризму (http://stat.gov.kz/faces). Национальные парки Казахстана посещают как местные жители, так и туристы из других стран. Согласно данным КС МНЭ РК, в 2015 году Казахстан принял 692 тыс. иностранцев, гостиницы оказали услуг на 73 млрд. тенге, а в первом квартале 2016 года Казахстан посетило 144.7 тыс. иностранцев. Туристическая привлекательность Казахстана стабильно растет, в том числе и за счет развития экотуризма в национальных парках страны.

На этом фоне представляется крайне актуальной характеристика медико-географической ситуации в национальных природных парках Казахстана с оценкой риска заболеваемости людей существующими в регионах природноочаговыми заболеваниями, что явилось целью настоящей работы. В условиях глобальных изменений и растущей аридизации климата Казахстана такая оценка приобретает особо актуальное значение (Эльпинер, Шаповалов, 2009). В соответствии со схемой медико-экологическогого исследования, разработанной на кафедре биогеографии географического факультета МГУ (Малхазова, 2001; Малхазова, Королева, 2008; Королева, 2016), на первом этапе работы были выполнены: сбор данных, медико-географическая оценка и картографирование территории в ранге административных областей, классификация районов по уровню здоровья с

целью определения региональных медико-экологических параметров и фоновых (эталонных) характеристик. Эта информация будет востребована на следующих этапах исследований при проведении сравнительного анализа и определении оценки риска здоровью людей в конкретных наиболее посещаемых национальных парках Казахстана.

Таблица 1. Действующие и перспективные государственные национальные парки Республики Казахстан.

Национальный парк	Площадь, га	% от территории области	Административные области	Год образования парка	Количество туристов в год
Баянаульский	68453	0.5	Павлодарская	1985	2 500
Иле-Алатауский	199703	0.9	Алма-Атинская	1996	800
«Алтын-Эмель»	161153	0.7	Алма-Атинская	1996	более1000
«Кокшетау»	182076	0.7	Акмолинская и Северо-казахстанская	1996	более 1000
Каркаралинский	112120	0.3	Карагандинская	1998	600
«Бурабай»	129935	0.9	Акмолинская	2000	700
Катон-Карагайский	643477	2.3	Восточно-Казахстанская	2001	1200
Чарынский	127050	0.6	Алматинская	2004	500
Сайрам-Угамский	149053	1.3	Южно-Казахстанская	2006	400
«Кольсайские озера»	161045	0.7	Алматинская	2007	500
Жонгар-Алатауский	356022	1.6	Алматинская	2010	300
«Буйратау»	88968	0.2	Акмолинская и Карагандинская	2011	300
Тарбагатайский	144627	0.5	Восточно-Казахстанская	*планируется*	–
«Мерке»	–	–	Жамбыльская	*планируется*	–
Улытауский	54460	0.1	Карагандинская	*планируется*	–

Материалы и методы

Для медико-географической оценки были отобраны регионы (в ранге административных областей), на территории которых находятся действующие и планируемые государственные национальные природные парки: Алма-Атинская, Акмолинская, Карагандинская, Жамбыльская, Восточно-Казахстанская, Северо-Казахстанская и Южно-Казахстанская области.

В основу работы положены многолетние данные по заболеваемости населения актуальными для Республики Казахстан нозоформами: клещевой энцефалит, бешенство, чума, Конго-Крымская геморрагическая лихорадка, туляремия, лептоспироз, бруцеллез, сибирская язва и геморрагическая лихорадка с почечным синдромом. Источниками информации служили материалы информационно-статистических сборников Агентства РК по статистике (1990-2014 гг.), КазНМУ, публикации и картографические источники (Айкимбаев, 2009; http://www.stat.gov.kz; http://www.npc-ses.kz/ru/sanepidsobesednik.html; http://www.kaznmu.kz; http://www.vkgu.kz/ru/nauka/nauchnye-izdaniya-vkgu/regionalnyy-vestnik-vostoka/elektronnaya-versiya-nauchnogo-jurnala.htm; http://journal.ksph.kz/about.htm; http://kscqzd.kz/?node=4603-gal-2).

На предварительной стадии исследований проведена группировка данных по показателям уровня заболеваемости, соотношению заболевших по возрастным категориям, динамике заболеваемости и пространственной приуроченности очагов. Далее выявлялось количество нозоформ для каждого

региона Казахстана и рассчитывался индекс интегральной нозогенности территорий (Малхазова, 2001). На заключительном этапе было проведено медико-географическое картографирование, отражающее пространственные закономерности риска заболеваемости по каждой из рассматриваемых болезней и суммарный риск по всем нозоформам, выраженный с помощью бальных оценок.

Результаты и обсуждение

Природно-рекреационный потенциал и медико-географические риски в национальных парках Казахстана. Все национальные парки Казахстана очень молоды. За исключением Баянаульского, они организованы в последние 20 лет. Национальные парки Казахстана занимают от 0.1 до 2.3% от территории области. В то же время в России территория степных заповедников занимает не более 0.5% от областей, в которых они расположены (Дикарева, 2004). Уникальность природных условий ООПТ Казахстана является главной ценностью национальных парков и залогом растущего туристического интереса к ним. Судя по отчетам администраций национальных парков, количество организованных туристов, посещающих их, пока невелико – от 300 до 2.5 тыс. посещений в год, что объясняется недостаточной развитостью инфраструктуры, тем не менее, число туристов, как было указано выше, с каждым годом растет (табл. 1).

В целом распространение национальных парков можно распределить по четырем группам.

А) *Северная группа* включает в себя три национальных парка: Баянаульский (Павлодарская область), «Кокшетау» (Акмолинская и Северо-Казахстанская области), «Бурабай» (Акмолинская область), для которых характерна большая площадь, 15-30-летний возраст, богатый животный мир, а также высокая посещаемость туристами. Так, Баянаул является одним из излюбленных мест Центрального и Северного Казахстана для отдыха и рекреации. На территории одноименного парка функционируют дома и зоны отдыха, большинством из которых интенсивно пользуются любители экологического туризма. Возможности отдыха на воде, пешие и велосипедные прогулки по горам, скалолазание привлекают сюда поклонников активного отдыха среди природы. Ради этого едут и в «Кокшетау», и в «Бурабай», которые известны редкими и охраняемыми видами растений и животных, а также памятниками природы республиканского значения. Среди последних в «Кокшетау» известны Зеленый мыс, Смольная сопка, Водопад с пещерой, Остров Казачий озера Имантау и другие. Однако в Баянаульском и Бурабайском районах существуют очаги сибирской язвы; в Баянаульском районе также регистрируется бешенство, а на территории парка «Кокшетау» имеется пойменно-болотный очаг туляремии (Национальный атлас ..., 2008).

Б*) Юго-восточная группа* состоит из Иле-Алатауского, «Алтын-Эмель», Чарынского, Кольсайских озер, Жонгар-Алатауского национальных парков (Алма-Атинская область), Катон-Карагайского и планируемого Тарбагатайского национального парка (Восточно-Казахстанская область). Для всех них характерны большая площадь и большое разнообразие ландшафтных условий, богатая флора и фауны, а также огромный, пока еще не используемый в полной мере потенциал для развития экотуризма. Так, Като-Карагайский парк (самый большой в Казахстане и второй по посещаемости после Баянаульского парка) в 2014 году вошел в список особо охраняемых объектов природного наследия ЮНЕСКО благодаря уникальным природным комплексам Южного Алтая, имеющим высокую экологическую, научную, культурную и рекреационную ценность. Из опасностей природного характера следует отметить предгорно-ручьевой очаг туляремии и очаги клещевого энцефалита в Сарканском, Талгарском и Енбекшиказахском районах Алмаатинской области, Кербулакский очаг сибирской язвы, пойменно-болотный и предгорно-ручьевой очаги туляремии и Среднеазиатский пустынный очаг чумы (Национальный атлас ..., 2008).

В) *Южная группа* представлена Сайрам-Угамским национальным парком в Южно-Казахстанской области и планируемым парком «Мерке» в Жамбыльской области. Она характеризуются выдающимся разнообразием природных условий. Так, Сайрам-Угамский государственный национальный природный парк охватывает семь природных зон: от степной у подножия гор до высокогорной, что обеспечивает большой набор и разнообразие природных достопримечательностей. Здесь встречаются 59 видов млекопитающих, в том числе эндемичный для Западного Тянь-Шаня сурок Мензбира, около 300 видов птиц и 1635 видов растений, из которых 240 занесены в Красную книгу Казахстана. Туристическая и рекреационная зоны парка привлекают

ежегодно более 400 туристов в год. Природно-очаговые болезни (бруцеллез и сибирская язва), зафиксированные здесь, относятся к антропургическим очагам и связаны с ведением населением сельского хозяйства.

Г) *Центральная зона,* в составе которой Каркаралинский, «Буйратау», а также планируемый Улытауский национальные парки, принадлежит Карагандинской и части Акмолинской области. Здесь небольшие по площади территории обладают исключительным для Центрального Казахстана разнообразием ландшафтов, уникальной флорой, наличием реликтовых растений ледникового периода и имеют значительный потенциал для развития экотуризма. Каркаралинский национальный парк привлекает туристов необыкновенно красивыми ландшафтами сосновых лесов в сочетании с чистейшими пресными озерами. В горном массиве Кент на территории этого ООПТ есть археологические памятники: городище бронзового века и остатки буддийского монастыря Кызыл-Кеныш. Уникальные экосистемы сухих степей в естественном состоянии, а также реликтовые черноольховые леса и березовые колки, несомненно, привлекут экотуристов и любителей природы в самый молодой в Казахстане парк «Буйратау». В этих парках наиболее безопасная медико-географическая ситуация, поскольку отмеченные здесь очаги сибирской язвы связаны не с природной составляющей, а с сельскохозяйственной деятельностью человека и приурочены к населенным пунктам.

Интегральная оценка заболеваемости природноочаговыми болезнями на региональном уровне. Обобщенная характеристика медико-географической ситуации регионов и оценка интегрального риска заболеваемости природноочаговыми болезнями приведены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2. Оценка уровня заболеваемости отдельными природноочаговыми болезнями и суммарные показатели по всем нозоформам.

Области РК	Уровни заболеваемости (в баллах)									Суммарный показатель, баллы
	БР[1]	ТЛ[2]	КЛ[3]	Ч[4]	ККГЛ[5]	ГЛПС[6]	БШ[7]	ЛП[8]	СЯ[9]	
ЗКО	2	1	0	0	0	1	1	0	3	8
Атырауская	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Мангистауская	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4
Актюбинская	1	1	0	0	0	0	1	0	1	4
Костанайская	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
СКО	1	2	1	0	0	0	0	0	0	4
Акмолинская	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
Карагандинская	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Жамбылская	3	0	0	0	3	0	1	0	2	9
Кызылординская	2	0	0	1	2	0	2	0	1	8
Алматинская	2	2	2	0	0	0	1	0	1	8
ВКО	2	3	3	0	0	0	0	3	2	13
Павлодарская	1	0	0	0	0	0	0	1	1	3
ЮКО	2	0	0	0	1	0	3	0	1	7

Примечания к таблице 2: БР[1] – бруцеллез, ТЛ[2] – туляремия, КЛ[3] – клещевой энцефалит, Ч[4] – чума, ККГЛ[5] – Конго-Крымская геморрагическая лихорадка, ГЛПС[6] – геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, БШ[7] – бешенство, ЛП[8] – лептоспироз, СЯ[9] – сибирская язва.

Полученные значения «интегрального» (суммарного балльного) показателя риска были разбиты на пять градаций: 1-3 – очень низкий уровень риска, 4-5 – низкий, 6-7 – средний, 8-10 – высокий, 11-13 – очень высокий, на основании которых построена картосхема (рис. 1), отражающая суммарный риск заболевания в Республике Казахстан. Уровень риска в исследованных регионах лежит в диапазоне от 2 до 13 баллов. Самой высокой степенью риска среди исследованных регионов, а также во всем Казахстане обладает Восточно- Казахстанская область, где зафиксировано пять нозоформ, среди которых туляремия, клещевой энцефалит и лептоспироз имеют максимальные для

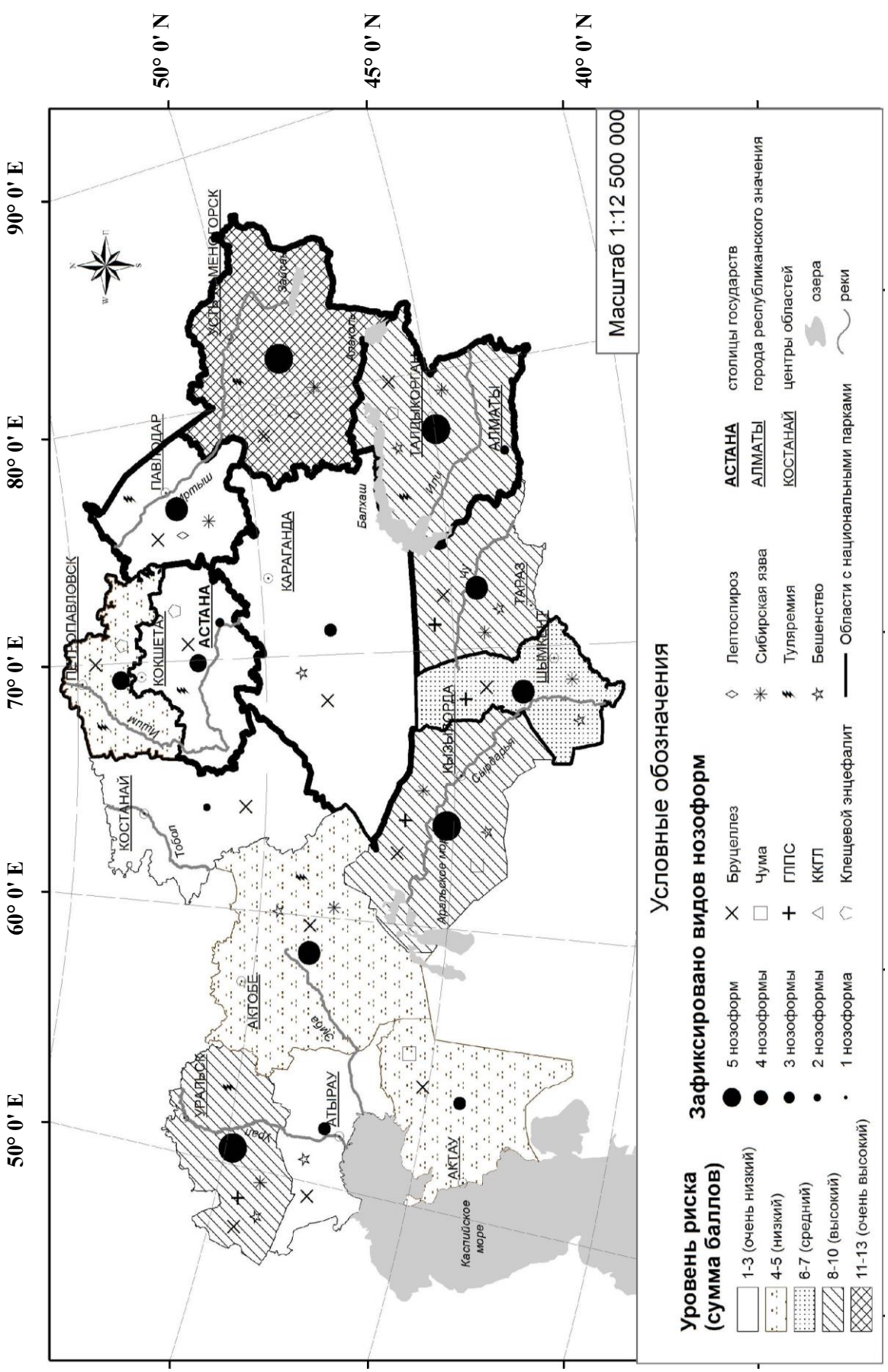

Рис. 1. Суммарный медико-географический риск (в баллах) в Республике Казахстан (в составлении картосхемы принимала участие С.К. Рахимбек).

страны уровни заболеваемости (рис. 1). Так, среднегодовое число случаев заболеваемости клещевым энцефалитом здесь составляет 177, что вдвое превышает аналогичный показатель в Алма-Атинской области и в десятки раз – в остальных регионах.

Больше всего (88% всех случаев) приходится на Катон-Карагайский район (где расположен одноименный национальный парк), г. Ридер и Усть-Каменогорск. Эту область относят к эпидемиологически опасным территориям по туляремии, поскольку уровень заболеваемости в ней более чем в 3.5 раза превышает республиканский и в 6-20 раз выше уровня других, эндемичных по туляремии областей (Atlas of …, 2010). На фоне единичных случаев заболеваний лептоспирозом в Акмолинской, Алма-Атинской, Карагандинской и Северо-Казахстанской областей, в Восточно-Казахстанской области за период с 1991 по 1999 гг. зарегистрировано три сотни случаев этой болезни.

В Жамбыльской области, где планируется организация национального парка «Мерке», выявлен один из самых высоких показателей по заболеваемости людей бруцеллезом (2588 случаев ежегодно), в Южно-Казахстанской области – по бруцеллезу, Конго-крымской геморрагической лихарадке и бешенству (среднегодовое число случаев заболеваний в 2007-2013 гг. – 35, что значительно выше, чем в любой другой области республики). Это дает основания считать Южно-Казахстанскую область наиболее эпидемиологически опасной по этой болезни. Конго-крымская лихорадка, нозоареал которой в последние годы существенно увеличивается в Казахстане, с начала 2000-х годов обнаружилась у 213 жителей, 75% из которых заболели в Жамбыльской и Южно-Казахстанской областях. Эти регионы отнесены к территориям с высоким суммарным риском. В эту же группу попадает Алма-Атинская область, где большое число нозоформ со средними значениями заболеваемости населения.

Карагандинская, Акмолинская, Павлодарская и Северо-Казахстанская области характеризуются меньшей степенью интегрального риска (2-4 балла), меньшим числом нозоформ (2-3 болезни) и минимальными или близкими к ним уровнями заболеваемости населения.

По типологии и географической локализации природно-очаговых болезней достаточно четко выделяются:

а) *северный кластер* (Акмолинская и Северо-Казахстанская области) с проявлением туляремии, клещевого энцефалита и бруцеллеза;

б) *юго-восточный* кластер (Алма-Атинская и Восточно-Казахстанская области) с эпидемиологическим проявлением туляремии, клещевого энцефалита, бруцеллеза и сибирской язвы;

в) *южный кластер* (Южно-Казахстанская и Жамбыльская области) с господством бруцеллеза, сибирской язвы и бешенства.

Павлодарская и Карагандинская области имеют свои специфические профили заболеваний, и поэтому они не относятся ни к одному из кластеров. В целом эти территории характеризуются низкой заболеваемостью и небольшим числом нозоформ.

Следует отдельно отметить, что бруцеллез, который регистрируется на всей территории Казахстана, связан с болезнями крупного и мелкого рогатого скота, однако наибольшее количество случаев заболеваний людей отмечается в южных и юго-восточных областях страны (Жамбыльская, Алма-Атинская, Восточно-Казахстанская и Южно-Казахстанская области).

Заключение

Эколого-географические особенности территорий национальных парков Казахстана, предопределяющие их большое ландшафтное и биологическое разнообразие, явились причиной существования и укоренения целого ряда природно-очаговых болезней, очаги которых находятся в привлекательных и перспективных для развития экологического туризма регионах. Типология существующих национальных парков по природно-ресурсному потенциалу и риску заболеваемости природно-очаговыми болезнями выявила четыре группы (северная, юго-восточная, южная и центральная), которые в общих чертах совпадают с выделенными медико-географическими кластерами (северный, юго-восточный, южный и две внекластерные области). Самой высокой степенью риска среди исследованных регионов обладает Восточно-Казахстанская область, где находится самый крупный по размерам и один из лидирующих по посещаемости Катон-Карагайский национальный парк. Его территория имеет потенциальную опасность для туристов заболеваемостью

пятью нозоформами, среди которых туляремия, клещевой энцефалит и лептоспироз достигли максимальных для Казахстана уровней. Аридные южные и юго-восточные области (Жамбыльская, Алма-Атинская, Восточно-Казахстанская и Южно-Казахстанская области) характеризуются наибольшей заболеваемостью населения бруцеллезом, но это связано с развитием сельского хозяйства и представляет большую опасность для местных жителей, чем для туристов. Карагандинская, Акмолинская, Павлодарская и Северо-Казахстанская области характеризуются наименьшей степенью интегрального медико-географического риска, меньшим числом нозоформ и минимальными или близкими к ним уровнями заболеваемости населения. Тем не менее, функционирование природных очагов и распространенность природноочаговых заболеваний, а также рост экологического туризма в национальных парках Казахстана обуславливает необходимость продолжения изучения медико-географической ситуации на региональном и локальном уровнях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Айкимбаев А.М. 2009. Основы биологической безопасности. Алматы: КазГЮУ. 189 с.

Дикарева Т.В. 2004. Охрана биоценотического и ботанического разнообразия степей Евразии на территории России // Аридные экосистемы. Т. 10. № 22-23. С. 69-80.

Королева Е.Г. 2016. Био-гео-анализ в экологии человека. LAP Lambert Academic Publishing RU. 85 с.

Малхазова С.М. 2001. Медико-географический анализ территорий: картографирование, оценка, прогноз. М.: Научный мир. 240 с.

Малхазова С.М., Королева Е.Г. 2008. Оценка состояния здоровья населения в районах нефте- и газодобычи (опыт регионального медико-экологического мониторинга // Биогеография в Московском университете. С. 294-306.

Национальный Атлас Республики Казахстан. 2008. // Окружающая среда и экология. Т. 3. Алматы. 158 с.

Эльпинер Л.И., Шаповалов А.Е. 2009. Аридизация и опустынивание территорий как медико-экологический фактор // Аридные экосистемы. Т. 15. № 37. С. 24-30.

Atlas of bacterial and virus zoonotic infections distribution in Kazakhstan. 2010. Almaty. 122 p.

Официальный сайт Комитета по статистике Министерства национальной экономики РК. URL: http//www.stat.gov.kz (дата обращения 03.05.2016).

Официальный сайт Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Научно-практический центр санитарно-эпидемиологической экспертизы и мониторинга» комитета по защите прав потребителей Министерства национальной экономики Республики Казахстан. URL: http://www.npc-ses.kz/ru/sanepidsobesednik.html (дата обращения 03.05.2016).

Электронная версия научного журнала «Вестник КазНМУ» на базе Казахского национального медицинского университета имени С.Д. Асфендиярова. URL: www.kaznmu.kz (дата обращения 03.05.2016).

Электронная версия научного журнала «Региональный Вестник Востока» на базе Восточно-Казахстанского государственного университета имени Сарсена Аманжолова. URL: http://www.vkgu.kz/ru/nauka/nauchnye-izdaniya-vkgu/regionalnyy-vestnik-vostoka/elektronnaya-versiya-nauchnogo-jurnala.htm (дата обращения 03.05.2016).

Электронная версия Центрально-азиатского научно-практического журнала (Journal of Central Asia). URL: http://journal.ksph.kz/about.htm (дата обращения 03.05.2016).

Электронная версия журнала «Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане» на базе Казахского научного центра карантинных и зоонозных инфекций имени Масгута Айкимбаева. URL: http://kscqzd.kz/?node=4603-gal-2 (дата обращения 03.05.2016).

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 3 (72), с. 50-58

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 504.062:631.4

ПРОБЛЕМЫ ПОИСКА ЭТАЛОННЫХ ПОЧВ СТЕПНОГО ЗАУРАЛЬЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ[1]

© 2017 г. Л.Н. Плеханова

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН
Россия, 142290, Московская область, г. Пущино, ул. Институтская, д. 2
E-mail: Dianthus1@rambler.ru

Поступила в редакцию 10.05.2016

Анализируется большой объем почвенных работ по территории степной зоны Зауральского плато с целью поиска эталонов для создания Красной Книги почв. В свете концепции основных, локальных, редких и комплексных эталонов почв (Климентьев и др., 1996) плакорный участок на целине в центре участка Степное Ильменского госзаповедника УрО РАН следует относить к основным почвенным эталонам, как наиболее ценный почвенный объект территории, репрезентативный для степной зоны Зауральского плато. Редкими для региона почвами на территории музея-заповедника следует считать буроземовидные почвы и почвы со следами древнего антропогенного воздействия – палеоурбаноземы. Также редкими являются ископаемые природные почвы – вертикальные хроноряды погребенных почв надпойменных террас, погребенные почвы под курганами, а также под валами городища Аркаим. Комплексным эталоном является весь участок Степное, где представлены различные почвы региона.
Ключевые слова: Красная Книга почв, палеопочвы, палеоурбаноземы, ценные почвенные участки, эталоны почв, антропогенное воздействие, палеоклимат.

Степная зона с древности играла важную роль в истории государств, а в настоящее время является одним из самых пострадавших от деятельности человека ландшафтов. Степь называют ландшафтом, оказавшимся на грани полной потери своего первоначального облика (Чибилев, 2013). Поддержание экологического баланса путем организации особо охраняемых территорий сегодня превращается в социально-экономический инструмент выживания человечества. Не нужно доказывать, что основой любой экосистемы являются почвы, проблема охраны которых в последнее время приобрела исключительную актуальность.

Разработка и создание Красных Книг почв в России отдана региональным властям и имеет под собой весьма запутанную законодательную базу. Тем не менее, в ряде лесных и степных регионов подобные исследования проведены и оформлены в виде выпущенных Красных Книг почв для Волгограда (Кретинин и др., 2006), Татарстана (Александрова и др., 2012), Ленинградской области (Апарин и др., 2007), Белгорода (Соловиченко и др., 2007), Оренбурга (Климентьев и др., 2001), Калмыкии (Ташнинова, 2000), Перми (Еремченко и др., 2010). Также в Волгограде вышла оригинальная разработка по созданию генофонда почв (Околелова, Егорова, 2004), в Башкортостане – материалы по особо ценным почвам (Мукатанов, 2004). Знаковым событием стал выпуск первого варианта Красной книги почв России под редакцией Г.В. Добровольского и Е.Д. Никитина (2009). На Урале и в Приуралье подобные работы пока увенчались успехом только в Оренбургской области, но сформирована рабочая группа исследователей в Екатеринбурге, что позволяет ожидать результатов по Среднему Уралу. В Челябинской области к настоящему времени рабочей группы пока не сложилось, но проведены некоторые исследования (Плеханова, 2007).

Для создания Красной Книги почв степного Зауралья к настоящему времени закончены работы по созданию учетных карточек ценных почвенных объектов заповедника «Аркаим». Учетные карточки переданы в Комиссию по охране почв Докучаевского общества почвоведов для создания Красной книги почв председателю комиссии д.б.н., профессору Е.Д. Никитину. Предложенные 16

[1] Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН «Природные катастрофы и адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата …».

участков внесены в Кадастр Красной книги почв России, на 8 участках проведены специализированные палеопочвенные исследования (Плеханова и др., 2005; Плеханова, Демкин, 2008; Плеханова, 2010; Plekhanova, 2014; Thiemeyer at al., 2013). Почвы данных участков представляют собой ценность по категориям «почвы опорных пунктов исследовательских учреждений» и «почвы археологических объектов».

Отметим, что в процессе проведения раскопок археологический памятник фактически уничтожается, вместе с ним уничтожаются и погребенные почвы – архивы информации о климате и ландшафтах тех эпох, когда они были погребены под валами городищ или под насыпями курганов. Этот факт должен иметь значение при оценке рисков угрозы исчезновения таких почв, при оценке статусов и приоритетов по сохранению биоразнообразия почв и микробиоты, содержащейся в погребенных почвах.

Необходимым и важным моментом при разработке региональных Красных книг почв следует считать поиск и выделение эталонов в существующей сети особо охраняемых природных территорий либо поиск почвенных эталонов и на их основе, с привлечением иных критериев, создание новых охраняемых территорий.

Объекты исследования

Объектом исследования являются почвы лесничества «Степное» Ильменского государственного заповедника (ИГЗ УрО РАН), где организационной единицей заповедника выступает лесничество, ранее известное как базовая территория музея-заповедника «Аркаим» площадью около трех тысяч гектар, в качестве комплексного эталона степных почв Зауральского пенеплена. Особенности почвенно-растительного покрова участка определяются как общеклиматическими условиями, так и разнообразием геолого-геоморфологических условий: наличием мелкосопочника с остатками кор выветривания, озерно-аллювиальной поверхностью неогенового и четвертичного периодов и поверхностями уровней былых подпрудных озер позднеплейстоценового и голоценового возраста, а также пойменной поверхностью низкого, среднего и высокого уровней.

Мы использовали в работе почвенно-археологический и сравнительно-географический методы. Выделение эталонных участков почв основано на результатах программы мониторинга почв заповедника, разработанной нами в 1998 г. и стартовавшей в 1999 году. При создании программы мы опирались на результаты сплошного обследования почв школой палеопочвоведеов из Пущино (И.В. Иванов, Д.В. Манахов, В.Е. Приходько) и обследования почв под руководством О.З. Еремченко, представляющей пермскую школу. Мы выделяли до 24 участков почв в парах целина-залежь, и участок, предлагаемый нами в качестве основного эталона, является лучшим плакором заповедника по ряду почвенных показателей, в том числе по микробиологической активности.

Мозаику почвенного покрова почвовед В.М. Фридланд называет «роскошным персидским ковром, где с помощью орнаментов и символов запечатлены все потаенные секреты природы» (1972). О почвах Зауралья в 1917 году К.П. Горшенин пишет: «Здесь нет той постепенности и правильности в смысле почвенного покрова, которые так рельефно представлены в Европейской России … Природа здесь так капризна, так непостоянна, что она отодвигает на второй план привычные нам зоны …» (Плеханова, 2004, с. 24). В структуре почвенного покрова здесь преобладают цокольные полихронные сочетания и мозаики, преимущественно неупорядоченные (Фридланд, 1972). Черноземы часто образуют мозаики и ташеты с черноземными автоморфными солонцами. В целом почвенный покров региона отличается высокой сложностью и контрастностью, неупорядоченностью распространения ареалов, реликтовостью и слабым проявлением взаимосвязей внутри почвенных комбинаций на всем протяжении их длительной эволюции.

Интенсивная и продолжительная денудация (снос материала) в условиях климата близкого к влажному тропическому (пермь, триас, юра) привела к формированию пенеплена или области разрушения гор. Геологическая история Зауральского пенеплена определила большое разнообразие почвообразующих пород по литологии, генезису, возрасту, характеру залегания, относительно широкое распространение древних, «экзотических» по отношению к современным ландшафтным условиям, пород, таких как мезокайнозойские и палеогеновые коры выветривания, часто перекрывающиеся небольшим по мощности чехлом четвертичных суглинков. Породы и рельеф в

пределах Зауральского пенеплена являются ведущими факторами дифференциации почвенного покрова. Литогенная основа Зауральского степного ландшафта представлена породами-свидетелями различных этапов геологической истории региона. Зауральский пенеплен и его древнейшие коры насчитывают более 200 млн. лет, их сохранение стало возможным благодаря режиму унаследованной стабилизации, характеризующемуся малыми градиентами тектонических движений при медленном общем поднятии.

В настоящее время на рассматриваемой территории остатки неогеновой озерно-аллювиальной равнины уступают по распространенности на междуречьях лишь четвертичным суглинкам, типичным для всего пенеплена. Именно эта ситуация характерна и для Аркаимской долины, ставшей «Степным» лесничеством ИГЗ УрО РАН. В результате длительного стабильного континентального развития территории южного Зауралья внешний облик ее современного рельефа определяют участки древней, но переработанной в кайнозое поверхности – денудационные цокольные равнины со свойственным им сочетанием холмистых равнинных участков и мелкосопочника. Поздний плейстоцен степного Зауралья характеризуется контрастными сменами природных обстановок от относительно влажной и теплой до перигляциальной гиперзональной. Свидетелями условий этих периодов являются соответственно гумусовые биогенные горизонты и криогенные деформации. Южный Урал в целом является уникальным по своей геологической и ландшафтной истории регионом, представляющим в настоящее время сложное сочетание разновозрастных реликтов (пород, почв, растительности) и соответствующих современным условиям природных объектов, развивающихся под знаком этих реликтов, существование которых допускается и поддерживается современными ландшафтами.

Состав почв лесничества «Степное» отражает их развитие на каолиновых корах, на рудопроявлениях меди, на кислых и основных изверженных породах, на лессовидных карбонатных суглинках, неогеновых засоленных глинах и аллювиальных отложениях.

Результаты и обсуждение

Первые практические шаги по сохранению многообразия почв России были предприняты в Оренбургской области, где проведены работы по выявлению особо ценных почвенных участков и выпущена одна из первых региональных Красных Книг почв (2001), разработана система почвенных эталонов. На основании этой системы к *основным эталонам* отнесены категории зональных почв высоких таксономических уровней (почвы плакоров). В *местные (локальные) эталоны* объединены почвы со свойствами, обусловленными местными особенностями почвообразования (литологией пород, характером рельефа, гидротермического режима). *Комплексные эталоны* экспонированы закономерно изменяющимися типами почв, взаимообусловленными в своем историческом развитии. На территории (Приуралья) региона это в основном солонцово-солончаковые комплексы. *Эталоны редких почв* (уникальные, редкие почвы РФ, региона) сформированы в необычных условиях почвообразования, имеют сложную историю развития, что отразилось на строении их профилей (Климентьев и др., 2001).

Лесничество «Степное» ИГЗ УрО РАН представлено в Кадастре почв Красной Книги России за № 75 следующим образом: «Площадь 3761.3 га. Преобладают различные виды черноземов, начиная с неполноразвитых щебнистых вариантов, покрывающих сопки, и заканчивая обыкновенными, выщелоченными и южными черноземами на выровненных подножиях сопок. На засоленном аллювии пойм рек формируются мелкие, средние и глубокие солонцы, автоморфные и гидроморфные солончаки. На остепненных участках высокой поймы формируются аллювиальные дерновые почвы. Под колковыми лесами распространены солоди; встречаются буроземовидные почвы. Категории ценности: редкие целинные и освоенные почвы, измененные реперные почвы – объекты мониторинга, почвы опорных пунктов исследовательских учреждений, почвы ключевых учебных полигонов, почвы археологических объектов, почвы – среда обитания краснокнижных видов растений и животных, целинные эталонные почвы, ископаемые природные почвы. Опубликовано более 130 источников литературы об этих почвах» (Красная книга … , 2009, с. 43). Подобное описание нельзя считать достаточным для указания на действительные категории ценности почвенных участков, представленных в Аркаимской долине.

В заповедной долине распространены черноземы слабосформированные с петрофитной

растительностью, черноземы обыкновенные и южные под разнотравно-ковыльно-типчаковыми степями на покровных суглинках неоген-четвертичных поверхностей. Зональные почвы (разновидности черноземов) развиваются преимущественно на делювиальных глинах и средних-тяжелых суглинках, но ареал черноземов выщелоченных – легкосуглининстые и супесчаные почвы. Иллюстрируя распространенность черноземных почв, приведем наши расчеты по рабочей карте обследования заповедника под руководством О.З. Еремченко, где выявлено, что черноземы занимают 47.4% базовой территории (табл. 1). Под лесными колками и островными лесами (осиново-березовыми, лиственично-березово-сосновыми) развиты солоди и лесные почвы, близкие к серым лесным. Широко распространены луговые почвы балок и пойм, солончаки и солончаковые почвы с соответствующими лугами. Большие площади занимают солонцы и солонцовые почвы, встречающиеся на всех геоморфологических поверхностях, формирующиеся преимущественно на суглинках. Разновидности засоленных почв в заповеднике занимают 27.1% территории. На глинистых породах широко распространены полигональные криоксероморфные формы микрорельефа разного времени формирования и комплексность почвенного покрова.

Таблица 1. Краткая характеристика почвенного покрова лесничества «Степное» Ильменского государственного заповедника УрО РАН.

№	Обозначение ареала	Название почвы	Площадь ареала, га	% от обследованной площади
1	$Ч^{В}$	Чернозем выщелоченный	475	13.9
2	$Ч^{О}$	Чернозем обыкновенный	168.75	4.9
3	$Ч^{ОК}$	Чернозем обыкновенный карбонатный	281.25	8.2
4	$Ч^{Н}$	Чернозем неполноразвитый	700	20.4
		Всего разновидностей черноземов:		47.4
5	$СН_{Ч1}+СН_{Ч2}$	Солонцы черноземные мелкие и средние	162.5	4.7
6	$СН_{Ч1}+СН_{Ч2}+Л_{Ч}$	Комплексы солонцов черноземных мелких и средних с лугово-черноземными почвами	206.25	6
7	$СН_{ЛЧ3}$	Солонец лугово-черноземный глубокий	118.75	3.5
8	$Ч^{О}+СН_{Ч2}+СН_{Ч3}$	Комплексы черноземов обыкновенных с солонцами черноземными средними и глубокими	337.5	9.8
		Всего засоленных почв:		7.1
9	$А_{ЛЧ}+СН_{ЧЛ1}+А_{Д}$	Аллювиально-луговая, аллювиально-дерновая с солонцами черноземно-луговыми мелкими	700	20.4
10	$Л_{Ч}$	Лугово-черноземная	137.5	4
11	$Б_{Л}$	Лугово-болотная	31.25	0.9
12	$С_{Д}^{С}$	Солоди лугово-степные и лесные ненасыщенные почвы	106.25	3.1

Примечание к таблице 1: таблица составлена Л.Н. Плехановой согласно почвенным ареалам рабочей карты О.З. Еремченко (1994 г.) с обследованной площади в 3425 га.

Почвенный покров следует считать документом всей истории степного ландшафта. Процессы почвообразования в условиях многократных перестроек природно-климатической обстановки степного Зауралья не прерывались, а лишь переходили из одних форм в другие. Наиболее яркие свидетельства в профиле современных почв имеют отношение к неогеновой солончаковой стадии, позднеплейстоценовому криогенному этапу и голоценовому почвообразованию. Исследователями

подчеркивается языковатость, солонцеватость-солончаковатость, значительный возраст и многообразные реликтовые свойства в профиле черноземов Зауралья.

В свете концепции почвенных эталонов О.В. Черновой (1995), А.И. Климентьева с соавторами (2001), в согласии с принципами выбора эталонных объектов Г.В. Добровольского с соавторами (2006), *плакорный участок черноземных почв на целине* в центре Аркаимской долины (рис. 1) следует относить к *основным почвенным эталонам*, поскольку он представляет собой один из наиболее ценных почвенных объектов на территории лесничества «Степное».

Закон широтной зональности почв, их расположения в зависимости от климата и растительности был установлен основоположником почвоведения В.В. Докучаевым (1949). Им же выделялись «зональные, нормально растительные, наземные» почвы в «плакорных положениях» и «интразональные», расположенные в понижениях и развивающиеся под воздействием грунтовых вод. Первоначальные представления о зональности почв во многом изменились, в результате чего была сформулирована концепция горизонтальной зональности – полосчатого распространения почвенных ареалов (при их широтном, субмеридиональном и даже меридиональном простирании) на равнинах. Простирание и направление почвенных зон обуславливается характером изменений гидротермических условий. При этом в пределах одной почвенной зоны предлагается выделять несколько зональных (плакорных) типов почв по Ю.А. Ливеровскому (1974) в соответствии со следующими критериями: 1) зональные почвы не получают никакого, кроме атмосферных осадков, дополнительного увлажнения; 2) они формируются на породах любого гранулометрического состава; 3) даже в плакорных условиях при слабой расчлененности рельефа могут сформироваться гидроморфные почвы, которые тоже следует рассматривать как зональные (например, тундровые глеевые, торфянисто-болотные верховых болот). Был сформулирован закон множественности зональных типов почв (Глазовская, 1973), по которому в пределах одной и той же почвенной зоны может существовать несколько зональных типов почв.

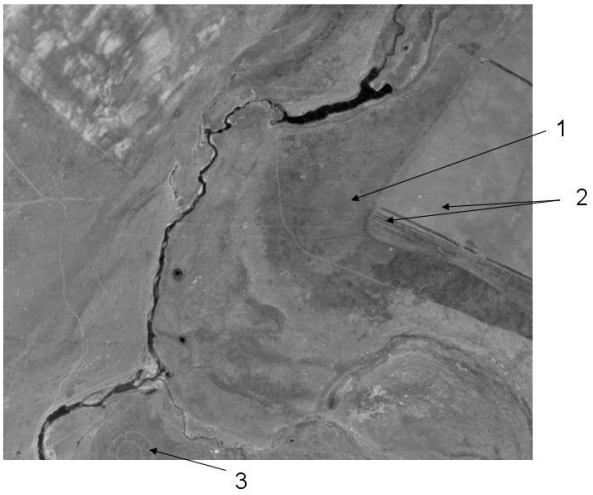

Рис. 1. Аэрофотоснимок Аркаимской долины, 1986 г. *Условные обозначения:* 1 – целинный участок на низкой надпойменной террасе; 2 – залежи, разделенные лесополосами; 3 – укрепленное поселение Аркаим XVIII-XVI вв. до н.э.

Описание зональной растительности традиционно предваряет оговорка о том, что растительные сообщества располагаются на плакорных местообитаниях, на суглинистых грунтах и в условиях автоморфного увлажнения. Этот критерий был введен Е.М. Лавренко (1947) для сравнения растительных сообществ на плакорах различных природных зон, когда разнообразие растительности будет следствием лишь макроклиматической составляющей. Однако степная зона подверглась тотальной распашке в результате программы освоения целины, в некоторых регионах до 90% территории, а степи сегодня признаны одной из самых угрожаемых экосистем мира. Черноземы суглининстые даже в заповедной Аркаимской долине распаханы, находятся на долинных склонах и представляют собой транс-позицию в распределении почвенно-растительных сообществ по пологоуклонной катене. Нетронутый распашкой целинный участок был нами обнаружен лишь на черноземах более легкого гранулометрического состава – на черноземах супесчаных.

Поскольку почвы черноземного типа являются наиболее распространенными на территории заповедника и характерны для степной зоны в целом, за ними необходимы постоянные наблюдения. Необходимость и принципы мониторинга почв аридных территорий в целом анализируются

З.Г. Залибековым на примере одного из типичных аридных районов Терско-Кумской низменности (Залибеков и др., 2009). Мониторинг природной среды в Аркаимской заповедной долине решает задачи фонового мониторинга (зональный степной эталон юга Челябинской области) и задачи регенерационного мониторинга с целью слежения за самовосстановлением природных экосистем после заповедания территории. В Аркаимской долине имеются массивы пахотных черноземных почв, распаханных в 60-е гг. XX века и переведенных в 1991 г. в залежи в связи с введением заповедного режима. Отметим, что незадолго до заповедования земель на некоторых залежах были посевы многолетних трав и геоботанически массивы этих земель являлись лугами. Некоторые результаты мониторинга этих наиболее ценных в качестве основного эталона почв представлены в ряде публикаций. При постановке задач мониторинга и выборе параметров мы задавались целью фиксации короткопериодных изменений в почвах заповедника. С характерным временем «десятилетий» возможно зафиксировать изменения солонцовых почв и формирование солонцов вследствие климатических изменений вкупе с антропогенным давлением или деградацию солонцов либо пытаться оценить скорости восстановления залежных земель. Самовосстановление залежей после перестройки и распада СССР стало серьезным хозяйственным вопросом. Из ряда химических показателей логично проследить изменение гумусного состояния, но еще более чувствительным критерием мы посчитали восстановление микробных сообществ, интегральным показателем которого служит целлюлазная активность почв. Велись наблюдения за фитоценозами. Геоботаником из Пущино выступал А.М. Ермолаев (Плеханова и др., 2003), от новосибирской школы работы вела Н.П. Миронычева-Токарева (Левит, Миронычева-Токарева, 2005). Исследована восстановительная микробиологическая активность автоморфных почв (Плеханова и др., 2003; Плеханова, Потапова, 2014) и химические свойства почв транзитных участков (Приходько и др., 2006; Prikhodko, Manakhov, 2014). В настоящее время на этих мониторинговых площадках применяется ряд методов изучения биологической и ферментативной активности почв для сравнения с другими изученными аридными регионами (Каширская и др., 2016). Согласно полученным данным, скорость разложения целлюлозы на залежи начинает повышаться в сезоны 2005-2006 гг. (при начале наблюдений в 1999 г.), достигает целинных значений 2007 г. и далее держится на этом уровне, то есть залежь на четвертичных супесях центра долины пришла к зональным показателям через 16 лет после введения заповедного режима и через 25 лет после последней вспашки с подсевом трав (Плеханова, Потапова, 2014). Это объясняется циклами сукцессионной динамики сообществ и соответствует полному циклу восстановления степной растительности при сукцессионной динамике степных фитоценозов. Иные картины мы наблюдали на других площадках мониторинга, для некоторых ценозов составив прогноз самовосстановления (Потапова, Плеханова, 2016).

Площадки мониторинга черноземов обыкновенных супесчаных на неоген-четвертичных отложениях расположены на низкой аллювиальной террасе с супесчаным покровом. Строение почв следующее (в скобках указаны границы горизонта в см): разрез Арк-301 (под целинной разнотравноковыльной луговой степью), $А_Д$ (5), $А_1$(27), АВ (38-42), В (90-130), $В_{ca}$ (150), ВС (170↓). Почва была диагностирована как чернозем обыкновенный маломощный глубококарбонатный супесчаный. По классификации 2004 г. чернозем глубоко-дисперсно-карбонатный супесчаный. Координаты расположения опорных разрезов для целинного эталона – 52° 39' 28.2" с.ш., 59° 34' 57.4" в.д.; для залежного разреза – 52° 39' 21.3" с.ш., 59° 35' 01.6" в.д.

Редкими для региона почвами на территории Аркаимской долины следует считать буроземовидные почвы, описанные О.З. Еремченко (1997). Также *редкими* являются ископаемые природные почвы – погребенные солонцы, описанные на площадке мониторинга № 5, на кургане под Кондуровкой, а также при раскопках Черкасинской аллеи менгиров (Плеханова, 2004); вертикальный хроноряд четырех погребенных почв описан на надпойменной террасе р. Утяганки в районе поселения Утяганское-1 (Иванов и др., 2001; Плеханова и др., 2001; Плеханова 2010).

Общепризнано, что пойменные почвы являются синлитогенными, и в связи с этим богатство памяти пойменных почв об условиях своего формирования обусловлено сочетанием в этих условиях процессов седиментации, гидроморфизма, литоморфогенеза, почвообразования, денудации и эрозии на прилегающих территориях бассейнов стока, галогенеза, гидроморфизма и разнообразных почвообразовательных процессов. Исследования показали, что профили пойменных почв состоят из 4-5 и более последовательных различных голоценовых почв: лесных, луговых, солончаков, солонцов

различной степени деградации, формировавшихся в различных гидротермических условиях различных уровней аллювиальных поверхностей. Часто пойменные почвы представляют собой комплексы гумусовых горизонтов, каждый из которых преобразован почвообразовательными процессами, характерными для разновозрастных поверхностей. Возраст этих поверхностей может быть оценен по углеродному анализу (^{14}C) гумуса, древесины, кости, а также методами археологического датирования, методами геологической стратиграфии от слоев с известным возрастом, по средней скорости пойменного осадконакопления, торфонакопления и другими методами.

Наибольшим разнообразием и сложностью путей эволюции характеризуются почвы высоких пойм. В их развитии нашли отражение изменения климата и биоты, динамика аллювиально-озерного осадконакопления, делювиообразования и эрозии, колебания уровня грунтовых вод, засоления и рассоления, а также других природных явлений. Детальное изучение эволюции почв поймы Аркаимской долины позволяет не только расшифровать ее как таковую, но использовать результаты этого изучения для реконструкции палеогеографических обстановок в голоцене и, в частности, экологических условий жизни обществ эпохи бронзы. Естественно, что для контроля и изучения взаимосвязей необходимо привлечение данных по другим районам.

Остановимся подробнее на уникальном объекте с четырьмя погребенными почвами, расположенными на поселении в Аркаимской долине и образующими вертикальный хроноряд. Последовательность формирования древних почв изучена на примере разреза № 20, расположенного в высокой пойме р. Утяганки (приток р. Большой Караганки) лесничества «Степное» ИГЗ УрО РАН, на высоте 319 м н.у.м. (Зауральское плато) в подзоне черноземов обыкновенных (Плеханова, 2010). Современная почва – солонец осолоделый солончаковый высокогипсовый. Профиль почвы сложный и состоит из одной дневной почвы и четырех погребенных почв (их горизонты обозначены квадратными скобками) и соответствующих им наносов. Профиль имеет следующее современное строение (в скобках приведена нижняя граница горизонта в см): A_DE (3), B_{1SL}(8), B_{2SL} [A1] IV (16), $BC_{CS,\ S}$ [A1]IV (29), $C_{Ca,\ S,\ CS}$ [A1]III (66), [A1]II (76), $[A1B]_{Ca}$ II (96), [A1] I (120), [A1B] I (140). Эти почвы также являются *редкими, имеющими сложную историю развития*.

На основании морфогенетической характеристики почв могут быть реконструированы этапы почвообразования, осадконакопления, основные черты природных условий прошлых эпох. При реконструкции кроме морфогенетических данных использована средняя скорость накопления пойменного аллювия, принятая за 0.1 мм/год, что подтверждается исследованиями в различных районах степной зоны России. Интерпретацию данных о пойменных почвах справедливо назвать геолого-почвенным методом, где анализ почвенных и геологических процессов производится в тесной взаимосвязи. Геолого-почвенные исследования позволили выявить этапы развития поверхности поймы, эволюции пойменных почв и скоростей осадконакопления, позволили приблизительно оценить возраст погребенных почв и дать общую оценку палеогеографических условий для отдельных хроноэтапов.

Почвы со следами древнего антропогенного воздействия в виде включенного в профиль почв нового горизонта – культурного слоя – также следует относить к категории *редких* почвенных эталонов, *имеющих сложную историю развития*. Мы предложили называть их палеоурбаноземами (Плеханова, 2004), обоснование введения нового термина выполнено Э.П. Зазовской (2013). Описание свойств палеоурабоноземов представлено нами в работах по Башкирскому Зауралью (Плеханова, 2008), лесо-степному Зауралью (поселение Мочище и курган у оз. Касарги). Участок со сложной стратиграфией, где выделено восемь подслоев культурного слоя, исследован в Оренбургской области (Плеханова, Ткачев, 2013). Особое значение реконструкция природных изменений голоцена приобретает в связи с археологическими изысканиями, требующими четкой информации о состоянии ландшафта в различные эпохи жизни древних обществ, а с другой стороны дающими обширные материалы и возможности, помогающими расшифровать палеопочвенную летопись.

Заключение

Плакорный участок черноземных почв на целине в центре Аркаимской долины следует относить к *основным* почвенным эталонам, как наиболее ценный почвенный объект лесничества «Степное»

Ильменского государственного заповедника, репрезентативный для всей степной территории Зауральского плато. Уникальным эталоном *редких* почв – палеоурбаноземов – являются поселенческие культурные слои археологических памятников Аркаимской долины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова А.Б., Бережная Н.А., Григорьян Б.Р., Иванов Д.В., Кулагина В.И. 2012. Красная книга почв Республики Татарстан. Казань: Фолиант. 190 с.

Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А., Матинян Н.Н., Сухачева Е.Ю. 2007. Красная книга почв Ленинградской области. СПб: Аэроплан. 315 с.

Глазовская М.А. 1973. Почвы мира. М.: Изд-во МГУ. 427 с.

Добровольский Г.В., Чернова 0.В., Семенюк О.В., Богатырев Л.Г. 2006. Принципы выбора эталонных объектов при создании Красной книги почв России // Почвоведение. № 4. С. 387-395.

Докучаев В.В. 1949. Учение о зонах природы. Избранные соч. В. 3 Т. III. М.: Гос. изд-во с.-х. литературы. С. 317-329.

Еремченко О.З. 1997. Пиродно-антропогенные изменения солонцовых почв в Южном Зауралье. Пермь: Изд-во Перм. ун-та. 319 с.

Еремченко О.З., Филькин Т.Г., Шестаков И.Е. 2010. Редкие и исчезающие почвы Пермского края. Пермь: Пермское книжное издательство. 91 с.

Зазовская Э.П. 2013. Палеоурбаноземы раннесредневековых предгородских центров: генезис и устойчивость // Автореф. дисс. … канд. геогр. наук. М.: ИГ РАН. 22 с.

Залибеков З.Г., Биарсланов А.Б., Асгерова Д.Б. 2009. О действующей системе мониторинга почв аридных территорий // Аридные экосистемы. Т. 15. № 4 (40). С. 13-21.

Иванов И.В., Плеханова Л.Н., Чичагова О.А., Чернянский С.С., Манахов Д.В. 2001. Палеопочвы Аркаимской долины и бассейна р. Самары – индикатор экологических условий в эпоху бронзы // Бронзовый век Восточной Европы: характеристика культур, хронология и периодизация». Материалы международной научной конференции «К столетию периодизации В.А. Городцова бронзового века южной половины Восточной Европы». Самара: НТЦ. С. 375-384.

Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Ельцов М.В., Борисов А.В. 2016. Изменчивость микробной биомассы в палеопочвах разновозрастных курганов Нижнего Поволжья в связи с динамикой увлажненности климата // Аридные экосистемы. Т. 22. № 1 (66). С. 20-30.

Климентьев А.И., Чибилев А.А., Блохин Е.В., Грошев И.В. 2001. Красная Книга почв Оренбургской области. Екатеринбург: Институт степи УрО РАН. 296 с.

Красная книга почв России: объекты Красной книги и Кадастра особо ценных почв. 2009. / Ред. Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. М.: МАКС-Пресс. 576 с.

Кретинин В.М., Брагин В.В., Кулик К.Н., Шишкунов В.М. 2006. Редкие и исчезающие почвы природных парков Волгоградской области. Волгоград: Издательство ВолГУ. 140 с.

Левит А.И., Миронычева-Токарева Н.П. 2005. Степные и лесостепные ландшафты юга Челябинской области и их трансформация. Челябинск: Крокус. 196 с.

Лавренко Е.М. 1947. Принципы и единицы геоботанического районирования // Геоботаническое районирование СССР. Труды комиссии по естественноисторическому районированию СССР. Изд-во АН ССР. Т. II. Вып. 2. С. 9-13.

Ливеровский Ю.А. 1974. Почвы СССР. М.: Изд-во МГУ. 461 с.

Мукатанов А.Х. 2004. Особо ценные почвы Башкортостана: материалы для Красной книги почв Республики Башкортостан. Уфа: Гилем. 179 с.

Околелова А.А., Егорова Г.С. 2004. Генофонд почв Волгоградской области. Волгоград: Политехник. 100 с.

Плеханова Л.Н. 2004. Природно-антропогенная эволюция почв речных долин степного Зауралья во второй половине голоцена. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Москва. 186 с.

Плеханова Л.Н. 2007. Заповедные эталоны экосистем: охранять или использовать? // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 4. С. 56-60.

Плеханова Л.Н. 2008. Палеопочвенные исследования археологического памятника «Поселение Ново-Байрамгуловское (Бакшай)», расположенного на территории Башкирского Зауралья // Вестник Восточной экономико-юридической гуманитарной академии (ВЭГУ). № 6. С. 56-68.

Плеханова Л.Н. 2010. Древние нарушения почвенного покрова речных долин степного Зауралья // Природа. № 3. С. 37-43.

Плеханова Л.Н. 2010. Некоторые результаты работ по созданию Красной Книги почв Челябинской области // Вестник Челябинского государственного университета. № 8. С. 29-35.

Плеханова Л.Н., Демкин В.А. 2008. Палеопочвы комплекса «Солончанка IX» и климат степного Зауралья

в IV в. н.э. // Экология. № 5. С. 357-365.

Плеханова Л.Н., Демкин В.А., Манахов Д.В. 2005.Палеопочвенные исследования курганов эпох бронзы и раннего железа (II тыс. до н.э. – I тыс. н.э.) в степном Зауралье // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. № 4. С. 3-9.

Плеханова Л.Н., Иванов И.В., Ермолаев А.М. 2003. Некоторые результаты биомониторинга почв заповедника «Аркаим» Челябинской области // Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии в адаптивном земледелии / Ред. А.В. Вражнов. Челябинск: Изд-во Челябинский агроинженерный университет. С. 237-253.

Плеханова Л.Н., Иванов И.В., Чичагова О.А. 2001. Эволюция почв и осадконакопление в поймах рек степной зоны // Проблемы эволюции почв. Тезисы докладов IV Всероссийской конференции. М.: Изд-во ПОЛТЕКС. С. 135-136.

Плеханова Л.Н., Потапова А.В. 2014. Мониторинг целлюлазной активности почв как биологического индикатора восстановления залежей степного Зауралья после введения заповедного режима // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. Т. 19. Вып. 5. С. 1335-1339.

Плеханова Л.Н., Ткачев В.В. 2013. Физико-химические свойства почв многослойного поселения эпохи бронзы в окрестностях г. Гай // Поволжская археология. № 4 (6). С. 225-234.

Приходько В.Е., Манахова Е.В., Манахов Д.В., Плеханова Л.Н., Захарова Ю.В. 2006. Изменение состояния гумуса почв степного Зауралья в заповедном режиме // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. № 3. С. 10-17.

Прохорова А.В., Плеханова Л.Н. 2016. Прогнозная оценка скорости восстановления залежных черноземов степного Зауралья при введении заповедного режима // Проблемы региональной экологии**.** № 2. С. 67-71.

Соловиченко В.Д., Лукин С.В., Лисецкий Ф.Н., Голеусов П.В. 2007. Красная книга почв Белгородской области. Белгород: Изд-во БелГУ. 138 с.

Ташнинова Л.Н. 2000. Красная Книга почв и экосистем Калмыкии. Элиста: «Джангар». 216 с.

Фридланд В.М. 1972. Структура почвенного покрова. М.: Мысль. 422 с.

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

Чибилев А.А. 2013. Степной мир Евразии от Венгра до Монголии // Отчет по гранту РГО «Степной мир Евразии» за 2012-2013 гг. Оренбург: Русское географическое общество. ИС УрО РАН. Т. 1. 120 с.

Plekhanova L.N. 2014. Paleosols and climate of the steppe zone in Early Iron age: identifying short term warming of climate on slightly-sensors soils // Eurasian Journal of Soil Science. № 3. P. 220-229.

Prikhodko V.E., Manakhov D.V. 2014. Transformation of the Organic Matter of Steppe Soils of the Trans-Ural Region after Their Conversion into the Reserved Regime // Eurasian Soil Science. Vol. 47. No. 4. P. 236-244.

Thiemeyer H., Peters S., Jedmowski L. 2013. Landscape evolution and soil formation in the Kargaily-Ayat region // Multidisciplinary investigations of the Bronze Age settlements in the Southern Trans-Urals (Russia) / Eds. Rudiger Krause. Verlag: Dr. Rudolf Habelt, GmbH, Bonn. P. 21-37.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 3 (72), с. 59-65

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.417.1

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ПОСТАГРОГЕННЫХ СУХОСТЕПНЫХ ПОЧВАХ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

© 2017 г. Э.О. Чимитдоржиева

Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6. E-mail: erzhena_ch@mail.ru

Поступила в редакцию14.06.2016

Приведены новые данные по запасам углерода в постагрогенных каштановых почвах Западного Забайкалья. Выявлены количественные и качественные особенности формирования в них запасов углерода. Показано, что общие запасы углерода в сухостепных экосистемах имеют разные соотношениях его органических и неорганических форм. В постагрогенных сукцессиях происходит постепенное восстановление запасов углерода, близкого к целинным аналогам.
Ключевые слова: углерод, запасы, гумус, микробная биомасса, чистая первичная продукция, карбонаты, постагрогенные каштановые почвы, Западное Забайкалье.

Ситуация с зарастанием залежей в России, сложившаяся в 1990 – начале 2000 гг., и выводом из оборота огромного массива аграрных угодий не имеет аналогов в мире. В России образовались огромные площади залежных постагрогенных земель 67-68 млн. га (Люри и др., 2010), где возникли постагрогенные сукцессионные системы, почти одновременно стартовавшие на огромных пространствах в разных природных зонах. В результате этого на обширных территориях идет значительная трансформация углеродного баланса и запасов углерода. Залежные земли являются мощными аккумуляторами атмосферного углерода, они аккумулируют ежегодно почти 64 млн. тонн углерода.

Согласно проведенным ориентировочным расчетам с использованием модели RothC (Романовская, 2006), ожидается, что в северных регионах страны поглощение атмосферного углерода почвами залежных земель может происходить достаточно интенсивно. Однако отсутствие верификации данной модели для условий других регионов не позволяет оценить реальную скорость накопления углерода в этих постагрогенных почвах. Д.И. Люри с соавторами (2010, с.365) упоминал о том, что «значительные сложности были связаны с расчетом накопления углерода залежами Азиатской территории России, поскольку непосредственных исследований содержания углерода на залежах разного возраста мы там не проводили, а аналогичных литературных данных не нашли. Поэтому мы смогли провести лишь очень приблизительную оценку». С этой точки зрения особый интерес представляют залежные экосистемы сухостепных почв Западного Забайкалья.

Изучение изменения запасов углерода в ходе естественного восстановления залежей важно, во-первых, потому, что они являются «интегральным» показателем развития экосистемы, связанным с динамикой почвенного и растительного покровов, и, во-вторых, поскольку залежи являются крупными аккумуляторами углерода, играя тем самым важную роль в процессах глобального изменения климата.

Использование почв в сельском хозяйстве – это «стресс» для почв. Постагрогенное восстановление почв в разных зонах протекает с различной скоростью во времени и имеет свои особенности для каждой конкретной почвы. В ходе постагрогенной сукцессии на залежах происходит закономерное развитие сукцессии в сторону увеличения плодородия почвы до зонального уровня, идет процесс восстановления естественной зональной растительности, происходит изменение процессов и свойств во времени по направлению к исходной природной почве. Известно, что наиболее длительно восстанавливаются сложно организованные экосистемы и профили почв от средней тайги до широколиственных лесов (первые сотни лет), наиболее быстро – черноземы южной лесостепи. Промежуточными по длительности восстановления являются аридные почвы (Люри и др., 2010).

Постагрогенные сукцессии в Западном Забайкалье изучены фрагментарно (Давыдова, 2006;

Чимитдоржиева, 2011, 2012). Изученные нами наблюдения на данный момент охватывают первую рудеральную фазу постагрогенной сукцессии (до 30 лет).

Целью настоящей работы является выявление запасов углерода в ходе постагрогенной сукцессии на залежах сухостепной зоны Западного Забайкалья.

Объекты и методы исследования

Объектами наших исследований являются 20-летние залежные каштановые почвы Тугнуйской котловины, расположенной в южной части Республики Бурятия. Для сравнения в статье используются пахотные и целинные аналоги почв (Чимитдоржиева, 2014).

На каждой точке проводилось описание растительности и почв. После описаний почв проводился отбор образцов с целью изучения постагрогенных изменений запасов углерода. Для этого проведены анализы их физико-химических свойств по общепринятым в почвоведении методами. Объемная масса определена по методу А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной (1986). Углерод гумуса почвы определяли микрохромовым методом Тюрина, определение CO_2 карбонатов – весовым методом (Аринушкина, 1970). С-микробной биомассы определяли регидратационным методом (Благодатский и др., 1987).

Химический состав надземной массы и корней растительных остатков исследован на элементном анализаторе CHNS/O Series II фирмы Perkin Elmer. Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена в среде электронных таблиц Microsoft Excel.

Важным аспектом при изучении залежных земель является их продуктивность и состав растительных сообществ. Только на основе оценки первичной продуктивности растительности можно судить о функционировании экосистемы в целом, определить основные потоки вещества и энергии, протекающие уже непосредственно в почве.

Растительность постагрогенных каштановых почв представлена следующими видами: *Achnatherum sibiricum, Iris humilis, Kochia prostrata, Ixeris graminea, Heteropappus biennis, H. altaicus, Stipa krylovii, Cymbaria daurica, Ribes pulchellum, Scorzonera austriaca, Dianthus versicolor, Potentilla bifurca, P. acaulis, Galatella dahurica, Veronica incana, Goniolimon speciosum, Rheum undulatum, Serratulla centauroides, Artemisia frigida.* Травостой очень низкий, разреженный и бедный по видовому составу. Степень проективного покрытия составляет 40-50%.

Исследуемым постагрогенным каштановым почвам, функционирующим в условиях более жесткого режима увлажнения, свойственны небольшая мощность горизонта А, резкая граница перехода в горизонте В, часто промытого от карбонатов, мучнисто-карбонатная пропитка в горизонте Вк. Среди них преобладают разновидности легкого гранулометрического состава. Эта особенность определяет водно-физические свойства, незначительное содержание $C_{орг}$ (около 1%), низкую емкость катионного обмена (табл. 1). Для исследуемых каштановых почв характерно отсутствие в профиле легкорастворимых солей гипсового горизонта.

Результаты и их обсуждение

В биогеохимическом цикле углерода почвы являются важнейшими резервуарами органического и неорганического углерода, представленного органическим веществом почвы и почвенными карбонатами.

А. Запасы органического углерода. Антропогенные воздействия на экосистемы, в частности, смена вида эксплуатации земель, изменяют запас органического углерода почв. Распашка целинных земель приводит к значительной эмиссии CO_2 в атмосферу, в то время как зарастание брошенных пахотных угодий приводит к постепенному восстановлению естественного состояния почв и накоплению в них углерода.

Главным составляющим почвенного $C_{орг}$ является углерод: чистой первичной продукции, гумуса и микробной биомассы.

Чистая первичная продукция (NPP). Остатки высших растений в виде наземного и корневого опада являются основным источником соединений, формирующих относительно стабильный фонд органического вещества почвы. В разных экологических условиях образование фитомассы и ее поступление в почву качественно и количественно различаются.

Время восстановления растительности на залежах в сухостепной зоне до близкого к целинному

аналогу занимает, по-видимому, не менее 50 лет. Интенсивная антропогенная трансформация сухостепных сообществ привела к тому, что участки с полным набором видов, характерных для финальных стадий сукцессии, стали редкими. Они занимают малые площади, расположены далеко друг от друга и с трудом служат естественными семенными резерватами, необходимыми для освоения растениями залежных участков. В этой ситуации восстановление залежи часто прекращается не доходя до климакса и образуется финальный субклимакс, представленный корневищными злаками и степным разнотравьем (Люри и др., 2010).

Таблица 1. Физико-химические показатели каштановых почв.

Горизонт	Глубина, см	$C_{орг}$, %	N, %	pH воды	Поглощенные основания			Частицы размером <0.01мм, %
					Ca^{2+}	Mg^{2+}	Сумма	
					моль (экв)/100 г почвы*			
Р. 4, целина								
A_1	0-26	1.28	0.17	6.7	14.6	3.9	18.5	27.5
A_1B	26-34	0.75	0.09	6.9	13.9	3.3	17.3	21.7
B	34-70	0.41	–	7.2	10.8	3.1	13.9	19.3
Вк	70-88	0.06	–	8	16*		16	15.5
Ск	88-150	–	–	8.4	14*		14	15.3
Р. 5, залежь								
A_1	0-24	1.04	0.12	6.9	12.6	3.5	16.1	21.6
A_1B	24-37	0.64	0.05	7.2	8.1	3.2	11.3	19.2
B	37-56	0.29	–	7.4	10	3.1	13.1	14.8
$Вк_1$	56-84	0.06	–	7.8	14*		14	12.1
$Вк_2$	84-112	0.04	–	8.2	14*		14	10.6
Ск	112-160	–	–	8.4	10*		10	8.1
Р. 6, пашня								
$A_{пах}$	0-24	0.58	0.08	6.9	8.8	3.3	12.1	20.5
A_1B	24-34	0.46	0.04	7.3	8.5	3.1	11.6	18
$Вк_1$	34-67	0.23	–	7.9	10*		10	15.4
$Вк_2$	67-104	0.06	–	8.5	8*		8	10.8
Ск	104-200	–	–	8.6	8*		8	9.2

Примечание к таблице 1: моль (экв)/100 г почвы* – емкость поглощения.

Структура растительных сообществ залежных земель в системе куртинных защитных лесных насаждений в сухих степях изучена К.Н Куликом и А.М. Пугачёвой (2016). Особенности восстановления залежной растительности луговых степей Центрального Черноземья (Воронежская область) изучены Т.И. Казанцевой с соавторами (2010). Современная структура и динамика растительных сообществ на южной границе сухих степей Центральной Монголии исследована П.Д. Гуниным с соавторами (2010). Влияние пастбищной нагрузки на трансформацию сухостепных экосистем в долине Маныча изучено Н.В. Лебедевой с соавторами (2011). Агрогенная деградация черноземов исследована Г.С. Кустом с соавторами (2010).

Результаты наших исследований показали: чистая первичная продукция (NPP) на каштановой почве составляет на залежи – 1.06, целине – 1.47, пашне – 0.27 кг/м^2 в год (табл. 2), из которых на надземную массу приходится 4-10%, а на подземную 90-96%. В связи с малым продуцированием растениями исследуемых сухостепных экосистем надземной растительной массы выявлены большие различия в весовом соотношении надземной и подземной частей фитоценозов, которые составляли 1:14.7 – 1:23.5.

Величина NPP в сухой степи невысока. Аридность климата ограничивает как продукцию, так и деструкцию органического вещества в почвах. Во всех сообществах в формировании чистой первичной продукции отмечено преимущественное участие подземной биомассы.

Таблица 2. Характеристика растительных остатков, поступающих в почву.

Угодье	Растительность	Продукция, кг/м^2 год			BNP/ANP	C, %
		NPP	ANP	BNP		
Целина	Полынно-разнотравно-злаковая	1.47	0.06	1.41	23.5	40.3/41.7*
Залежь	Злаково-разнотравно-полынная	1.06	0.07	0.99	14.7	37.8/42.4
Пашня	Яровая пшеница	0.27	0.08**	0.19	2.5	36.6/30.3

Примечания к таблице 2: 40.3/41.7* – в числителе – надземная масса, в знаменателе – масса корней в % на воздушно-сухое вещество; 0.08** – стерневая масса.

Вместе с растительными остатками в постагрогенную каштановую почву поступает углерода – 0.45, в целинную – 0.61, в агрогенную – 0.08 кгС/м^2. Чистая первичная продукция постагрогенных почв занимает промежуточное положение между целиной и пашней, то есть в залежи идет медленное восстановление продуктивности, стремящейся к целинному эталону. Криоаридные условия: суровая зима, короткое лето, недостаток увлажнения – предопределяют скорость восстановления.

Запасы гумуса. Гумус является универсальной системой, определяющей и регулирующей практически все факторы, влияющие на формирование почвенного профиля и рост плодородия. Почвенный гумус является одним из основных звеньев непрерывной цепи трофических связей между различными жизненными формами. Гумус замыкает эту цепь и в то же время служит ее первым звеном. Для непрерывности жизни на Земле необходимо, чтобы после завершения каждого очередного цикла биологического круговорота оставалось какое-то количества гумуса – источника энергии для микроорганизмов, начинающих новый цикл (Орлов, 1974). Распашка сухостепных почв приводит к их «стрессовому состоянию», связанному с существенным изменением поверхностных горизонтов, главным образом за счет минерализации гумуса и припахивания нижних горизонтов с неблагоприятными свойствами.

По нашим данным, запасы углерода гумуса в постагрогенных почвах составляют в 0-20 см слое почвы 2.4 кгС/м^2, тогда как в целинных аналогах данный показатель составляет 3.0, в пахотных – 1.3 кгС/м^2.

Первичной реакцией почвы на вывод из сельскохозяйственного оборота в большинстве случаев следует считать увеличение содержания в них органического вещества. Это объясняется, прежде всего, прекращением выноса органического материала с урожаем и накоплением его в пределах почвенного профиля. Многие исследователи гумусного состояния различных типов почв, находящихся в залежи, подтверждают, что по мере увеличения срока снятия антропогенной нагрузки статус гумусированности почв постепенно повышается. В работе Н.И. Сухановой с соавторами (2007) на черноземах обыкновенных показано, что ежегодные скорости восстановления общего содержания углерода органического вещества почв в слое 0-15 см в первые 10 лет составляют 0.025% углерода, последующие 10 лет – 0.005%, а в течение следующих 56 лет – 0.001%. Уменьшение интенсивности восстановления содержания гумуса может свидетельствовать о стабилизации гумусового статуса этих почв. В работе А.А. Степанова с соавторами (2007) отмечено заметное увеличение содержания гумуса в верхнем (0-15 см) слое 50-летней залежи по сравнению с пашней на 20-75%. По данным W.M. Post с соавторами (2000), получаемые значения скорости накопления органического вещества в почвах широко варьируются и в среднем составляет 0.03 кгС/м^2 в год. В исследованиях J.D. Liao с соавторами (2006) скорость накопления углерода в верхних 15 см почвенного профиля составляет 0.01-0.03 кгС/м^2 в год за 130 лет. Результаты, полученные А.А. Романовской и Т.Г. Аракелян (2007), свидетельствуют, что в среднем дерново-подзолистые суглинистые почвы двух районов Московской области в течение того же промежутка времени накопили чуть меньше – 0.3% С за 15-20 лет после прекращения сельскохозяйственного использования.

Запасы углерода микробной биомассы. Содержание микробной биомассы в почве чувствительно к антропогенным воздействиям и факторам окружающей среды, репрезентативно отображает краткосрочную динамику и пространственную вариабельность почвенного органического вещества, является надежным индикатором его качественных изменений. При переходе пахотных почв в разряд

залежных земель в них меняется направленность потоков основных биогенных элементов, что в первую очередь сказывается на микробиологической активности почв.

Запасы углерода микробной биомассы постагрогенной каштановой почвы составляют 0.07 кгС/м^2, что сопоставимо с запасами микробной биомассы целинных аналогов (Чимитдоржиева, 2014), а это свидетельствует о том, что в залежной системе идет восстановление запасов микробного пула.

Следует отметить, что микробиологические показатели криоаридных почв значительно ниже, а параметры их колебаний выше по сравнению с аналогами почв других территорий, что предопределяет нестабильный уровень потенциального плодородия.

Таким образом, вклад $C_{гум}$, $C_{ров}$ и $C_{мб}$ в формирование запасов органического углерода постагрогенных каштановых почв составляет соответственно 82.2%, 15.4% и 2.4%.

Следует отметить, что, например, для каштановых почв Казахстана данные показатели равны соответственно 87.5%, 11.3% и 1.2%; Республики Тыва – 77.6-77.9%, 16.8-20.0% и 1.2-3.2%, Восточного Забайкалья – 86.5%, 11.3% и 2.2% (Кыргыс, 2004).

Б. Запасы углерода карбонатов. В расчетах потоков и резервуаров углерода часто недоучитываются неорганические компоненты почв, хотя в почвах карбонатного ряда присутствуют значительные запасы неорганического углерода, превышающие годичную продукцию углекислоты почвой в несколько десятков раз, что свидетельствует об огромной буферной емкости этих почв. Скорость расхода углерода на образование карбонатных пород примерно в 6 раз выше скорости отложения органического углерода. Буферные резервуары регулируют газообмен почвы с атмосферой, причем масштабы и динамичность этого регулирования весьма различны (Рысков и др., 1993).

Наши исследования показали, что максимальные запасы $C_{карб}$ в слое 0-150 см обнаружены в постагрогенных и целинных каштановых почвах, этот показатель колеблется от 9.6 до 10.3; а в пахотной каштановой почве составляет 4.2 кгС/м^2, что в 2.2-2.5 раза меньше, чем на целине и залежи. По сравнению с каштановыми почвами сухих степей Евразии (Оренбургская обл., Алтайский край) запасы $C_{карб}$ в наших почвах находятся примерно на одном уровне, что объясняется особенностями гидротермического режима региона.

В каштановых почвах запасы неорганического углерода больше, чем органического, то есть запасы $C_{карб}$ увеличиваются и запасы $C_{гум}$ уменьшаются с усилением аридизации почв.

На основе расчета количества углерода, запасенного в карбонатах каштановых почв, мы можем говорить о том, что карбонаты в исследуемых почвах являются важным пулом в глобальном геохимическом цикле углерода, а карбонатные аккумулятивные функции педосферы в криоаридных регионах более значительны, чем гумусовые аккумулятивные.

Таблица 3. Запасы углерода в каштановых почвах, кг С/м^2.

Почва	Запасы $C_{орг}$						$C_{орг}$	$C_{карб}$	$C_{общ}$ (Сорг + Скарб)
	$C_{гум}$, слой 0-20 см	$C_{ров}$			$C_{мб}$	Общий запас	слой почвы 0-150 см		
		C_{ANP}	$C_{BNP\ 0-20\ см}$	C_{NPP}					
Целина	3	0.02	0.59	0.61	0.07	3.68	7.3	10.3	17.6
Залежь	2.4	0.03	0.42	0.45	0.07	2.92	5.4	9.6	15
Пашня	1.3	0.03	0.06	0.08	0.06	1.44	3.2	4.2	7.4

В. Общие запасы углерода представлены в таблице 3. По сравнению с Европейскими аналогами $C_{общ}$ в исследуемых почвах низки. В постагрогенных каштановых почвах данный показатель равен 15 кгС/м^2, где внутри систем наблюдается заметное превышение карбонатов ($C_{карб}$=9.6, а $C_{орг}$=5.4 кгС/м^2). В целинных аналогах запасы общего углерода выше, чем в постагрогенных и составляют 17.6кг С/м^2. В каштановых почвах углерод в большей степени аккумулируется в форме карбонатов (59-64%), что в 1.4-1.7 раз больше запасов $C_{орг}$. Таким образом, запасы педогенного углерода внутри систем имеют разные соотношения органических и неорганических форм.

Сопоставление целинных, пахотных и постагрогенных почв позволило вскрыть основное

направление эволюции постагрогенной каштановой почвы под естественными растительными сукцессиями. Вследствие отсутствия отчуждения растительного материала в виде урожая происходит постепенное накопление запасов углерода. Самовосстановление заброшенных пахотных угодий можно определить как совокупность естественных природных процессов, проявляющихся в «стремлении» почвенной системы вернуться в исходное, ненарушенное состояние.

В исследуемых почвах сухих степей величина агрогенного «стресса» оценивается как меньшая по сравнению, например, с таежными почвами, так как здесь нет принципиальной смены микроклиматических условий, которые создает лес, нет внесения чужеродного органического материала в виде органических удобрений, а просто происходит запахивание зеленой массы и нет принципиальной смены реакции среды в почвах, меняющей условия существования почвенной биоты и условия миграции веществ (Люри и др., 2010). При криоаридных условиях для полного постагрогенного восстановления запасов углерода требуются, вероятно, сотни лет.

Выводы

1. Запасы общего углерода внутри систем имеют разные соотношения органических и неорганических форм. В каштановых постагрогенных почвах углерод в большей степени аккумулирован в форме карбонатов (64%).

2. Установлено, что вместе с растительными остатками ежегодно в почвы поступает значительное количество углерода. Выявлены широкие соотношения надземной и подземной частей фитоценозов, которые составляют в постагрогенных каштановых почвах – 1:15, тогда как в пахотных – 1:2.5 и целинных – 1:23.5.

3. Участие углерода биомассы микроорганизмов в общем запасе органического углерода незначительно и составляет для постагрогенных каштановых почв 2.4% от $C_{орг}$. Однако ими пренебрегать не следует в связи с огромным вкладом углерода в интенсивность трансформационного потока растительного вещества и энергии в экосистемах.

4. Общие педогенные запасы углерода в сухостепных экосистемах незначительны при разных соотношениях внутри систем органических и неорганических форм. Однако запасы углерода постагрогенных каштановых почв больше, чем таковая в пахотных почвах, но меньше, чем в целинных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аринушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ. 487 с.

Благодатский С.А., Благодатская Е.В., Горбенко А.Ю., Паников Н.С. 1987. Регидратационный метод определения микробной биомассы в почве // Почвоведение. № 4. С. 64-71.

Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. 1986. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат. 416 с.

Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Цэрэнханд Г., Дробышев Ю.И., Ариунболд Э. 2010. Современная структура и динамика растительных сообществ на южной границе сухих степей Центральной Монголии // Аридные экосистемы. Т. 16. № 2 (42). С. 65-75.

Давыдова О.Ю. 2006. Изменение растительности и показателей почвенного плодородия на залежных угодьях в условиях Бурятии: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Улан-Удэ. 153 с.

Казанцева Т.И., Бобровская Н.И., Тищенко В.В. 2010. Особенности восстановления залежной растительности луговых степей Центрального Черноземья (Воронежская область) // Аридные экосистемы. Т. 16. № 2 (42). С. 76-86.

Кулик К.Н., Пугачёва А.М. 2016. Структура растительных сообществ залежных земель в системе куртинных защитных лесных насаждений в сухих степях // Аридные экосистемы. Т. 22. № 1 (66). С. 77-85.

Куст Г.С., Розов С.Ю., Кутузова Н.Д. 2010. Агрогенная деградация черноземов как причина развития почвенной засухи, снижающей продуктивность сельскохозяйственных культур // Аридные экосистемы. Т. 16. № 1 (41). С. 16-27.

Кыргыс Ч.С. 2004. Круговорот углерода в системе «растение – почва» в степях Убсунурской котловины. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Томск: ТГУ. 24 с.

Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. 2010. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС. 416 с.

Орлов Д.С. 1974. Гумусовые кислоты почв. М.: Изд-во МГУ. 332 с.

Романовская А.А. 2006. Почвенный углерод залежных земель в России // Почвоведение. № 1. С. 52-61.

Романовская А.А., Аракелян Т.Г. 2007. Почвенный органический углерод залежных земель в Московской области // Гуминовые вещества в биосфере. С. 618-626.

Рысков Я.Г., Мергель С.В., Арлашина Е.А., Хохлова О.С., Моргун Е.Г. 1993. Эмиссия и сток CO_2 в почвах, содержащих карбонаты // Дыхание почвы. Пущино: НЦБИ РАН. С. 107-124.

Степанов А.А., Суханова Н.И. 2007. Изменение молекулярно-массового распределения и степени амфифильности гуминовых веществ чернозема обыкновенного карбонатного в ходе естественного восстановления степной растительности // Труды IV Всероссийской конференции «Гуминовые вещества в биосфере». С-Пб: Изд-во СПбГУ. С. 86-94.

Суханова Н.И., Курганова И.Н, Лопес де Гереню В.О., Керимзаде В.В. 2007. Изменение содержания органического углерода и дыхательной активности чернозема обыкновенного под влиянием зарастания естественной растительностью // Труды IV Всероссийской конференции «Гуминовые вещества в биосфере». С-Пб: Изд-во СПбГУ. С. 310-314.

Чимитдоржиева Э.О., Чимитдоржиева Г.Д. 2011. Эмиссия диоксида углерода из постагрогенных степных и сухостепных почв Западного Забайкалья // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии (ТСХА). № 2. С. 93-102.

Чимитдоржиева Э.О., Чимитдоржиева Г.Д., Давыдова Т.В., Цыбенов Ю.Б. 2012. Чистая первичная продукция постагрогенных почв Западного Забайкалья // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. Т. 18. № 4. С. 28-31.

Чимитдоржиева Э.О. 2014. Накопление и динамика С-биомассы в криоаридных почвах Забайкалья // Аридные экосистемы. Т. 20. № 2 (59). С. 30-36.

Liao J.D., Boutton T.W., Jastrow J.D. 2006. Storage and dynamics of carbon and nitrogen in soil physical fractions following woody plant invasion of grassland // Soil Biology and Biochemistry. № 38. P. 3184-3196.

Post W.M., Kwon K.C. 2000. Soil carbon sequestration and land use change: processes and potential // Global Change Biology. Vol. 6. P. 317-327.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 3 (72), с. 66-74

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 550.42 (571.54)

КРАТКОВРЕМЕННАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ДЕГРАДИРОВАННОГО ПАСТБИЩА В КРИОЛИТОЗОНЕ: ПОЧВЕННО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

© 2017 г. А.А. Данилова*, Г.Н. Саввинов, Л.Д. Гаврильева**, П.П. Данилов**, М.И. Ксенофонтова**, А.А. Петров****

**Сибирский Федеральный научный центр агробиотехнологий РАН*
Россия, 630501, Новосибирская обл., п. Краснообск, а/я 356. E-mail: Danilova7alb@yandex.ru
***Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера*
Северо-Восточного федерального университета
Россия, 677000, г. Якутск, пр. Ленина, д. 1

Поступила в редакцию 10.06.2016

Изучали число КОЕ и активность микробного сообщества (МС) криоаридных аласных почв при кратковременной изоляции (4-5 лет) пастбища. Место МС среди других компонентов аласной экосистемы по скорости отклика на изоляцию имело вид: надземная растительность – функциональный спектр МС – число КОЕ – подземная фитомасса, общий и подвижный углерод почвы, активность нитрификации. Скорость отклика соответственно равнялась: 1 год – 4 года – 5 лет – более 5 лет.

Ключевые слова: мерзлотные почвы, алас, микробное сообщество, пастбищная дигрессия, изоляция, Центральная Якутия.

Изучение темпов и особенностей самовосстановления нарушенных экосистем остается важной практической и теоретической проблемой экологии. В этом плане достаточно специфическими объектами являются пастбищные экосистемы при прекращении выпаса. Основная часть пастбищ мира расположена в аридной и полуаридной зонах, чрезвычайно уязвимых к антропогенной нагрузке. Деградация последних в результате перевыпаса является серьезной проблемой современности. Публикации по многолетним наблюдениям преимущественно касаются аридных пастбищ, расположенных на территориях со среднегодовой температурой воздуха выше или около нуля градуса по Цельсию. Географически эти данные касаются почв аридных пастбищ Хакассии, Тувы, Монголии (Степи …, 2002), Лессовой равнины Китая (Jing et al., 2014 и др.), Внутренней Монголии (Su et al., 2005; Pei et al., 2008; Li et al., 2012), Ирана (Raiesi, Riahi, 2014), Северной Африки (Slimani et al., 2010) и др.

Показатели пастбищной экосистемы по степени изученности при изоляции располагаются в убывающий ряд: надземная фитомасса – видовой состав растительности – подземная фитомасса – физико-химические свойства почвы – живая фаза почвы. Значимость подобных знаний применительно к пастбищам криолитозы высока с точки зрения оценок скорости и особенностей самовосстановления экосистем, функционирующих в экстремальных условиях, для поиска путей защиты от деградации. В этом плане аласные экосистемы Центральной Якутии существуют в условиях, экстремальных с трех позиций: многолетняя мерзлота, недостаток атмосферных осадков, засоление почвы.

В наших предыдущих публикациях мы провели анализ динамики аласной экосистемы при деградации и изоляции пастбищных угодий (Данилова и др., 2013; Danilova et al., 2016). Была сделана попытка ранжирования различных показателей биодинамики экосистемы по чувствительности к изоляции. Наиболее чувствительным, как и следовало ожидать, были признаны состав растительности и запас надземной фитомассы, тогда как показатели подземной части экосистемы (запас подземной фитомассы, $C_{орг}$) слабо реагировали на кратковременную изоляцию пастбища. Через 5 лет после изоляции достоверные различия между вариантами были установлены по показателям микробной системы почвы.

Целью настоящего сообщения является уточнение минимального срока изоляции криоаридного пастбища, необходимого для регистрации первых сдвигов в микробной системе мерзлотной почвы.

Объекты и методы

Аласы представляют собой специфические геоморфологические образования криолитозоны. В термокарстовой котловине образуется экосистема, представляющая собой комплекс биомов, переходящих от озерного через болотный (нижний гидротермический пояс), луговой (средний пояс), остепненный (верхний) к типичному лесному. Согласно региональной классификации (Еловская, 1987; Десяткин, 2008), почвы нижнего пояса определены как мерзлотные дерново-глеевые, среднего – мерзлотные луговые, верхнего – мерзлотные остепненные. Почвы засолены по хлоридно-гидрокарбонатному типу имеют водородный показатель ($pH_{водн}$) до 9.5 и гранулометрический состав – от легкосуглинистого до супесчаного.

Годовое количество осадков составляет 247 мм. Из них за май-сентябрь выпадает 162 мм. Испаряемость достигает 420-500 мм. Средняя температура за год колеблется от –7 до –10°С. Летние температуры достигают 30-35°С. При этом близкое залегание многолетнемерзлых пород способствует формированию на данной территории самых холодных почв в Северном полушарии (Савинов и др., 2005).

Изучили два типичных зрелых котловинных провально-термокарстовых аласа, имеющих разную степень антропогенной нагрузки, расположенных на Тюнгюлюнской террасе (пятая надпойменная терраса р. Лены) в северной части Лено-Амгинского междуречья. Травостой фонового аласа Тобуруон (62° 28' 29.7" с.ш., 130° 56' 40.5" в.д.) используется под сенокос, выпас животных ограничен. Травостой аласа Уелэн (62° 33' 24.3" с.ш., 130° 54' 01.4" в.д.) сильно деградирован вследствие перевыпаса и достигает III стадия дигрессии – сильной сбитости. При рекомендованной для аласных лугов норме нагрузки, равной 0.5 голов к.р.с./га, показатель на данном аласе достигает 6. Такая нагрузка типична для большинства аласов Центральной Якутии, находящихся в непосредственной близости от населенных пунктов. Для изучения особенностей самовосстановления компонентов аласной экосистемы при прекращении выпаса на деградированном аласе Уелэн в 2009 г. были отгорожены участки для исключения доступа животных. В работе проанализированы данные за 2011-2014 гг. Общее число КОЕ (колониеобразующих единиц) сапротрофных микроорганизмов определяли на среде РПА (рыбопептонный агар), разбавленной в 30 раз. Как известно, условия разбавленных сред более предпочтительны для учета почвенных микроорганизмов (Звягинцев, 1978). Скорость роста КОЕ определяли путем учета колоний через 1, 2, 3 суток после посева, соответственно, выделяли группы с высокой скоростью роста, средней и низкой. Функциональный спектр (ФС) микробного сообщества почвы оценивали модифицированным методом МСТ (мультисубстратный тест; Данилова и др., 2015). В тесте было задействовано 24 субстрата, степень утилизации которых оценивали по развитию цветной реакции с солями тетразолия в баллах. Анализ функционального спектра проводили по двум критериям: суммарной активности (richness), представляющей собой сумму баллов активности по всем субстратам, и выравненности функционального спектра (evenness), которую рассчитывали по формуле:

$$E=1/\sum (p_i)^2,$$

где p_i – доля балла активности утилизации каждого субстрата в общей сумме баллов по всем субстратам (Degens et al., 2001).

Устойчивость ФС оценивали в условиях компостирования почвы без дополнительных источников углерода путем расчета коэффициента варьирования величины E (V_E) при инкубации почвы за период 0, 14 и 28 дней после начала опыта (Данилова и др., 2015). Чем выше величина V_E, тем менее устойчив спектр. Подвижный углерод определяли по оптической плотности вытяжки после инкубации почвы в течение 4 ч в фосфатном буфере (pH 6.4) по Соренсену (Агрохимические методы …, 1975). Инвертазную активность почвы определяли по А.Ш. Галстяну (1978), $C_{орг}$ – по И.В. Тюрину, $C_{щел}$ – по В.В. Пономаревой, Т.А. Плотниковой, $N_{общ}$ – по Къельдалю, активность нитрификации – при компостировании почвы в оптимальных гидротермических условиях (Агрохимические методы …, 1975). Запас подземной фитомассы определили путем декантации почвы водой на сите с диаметром ячеек 0.25 мм. В работе приведены данные, полученные в образцах почв, отобранных из слоя 0-10 см. Данный слой включал преимущественно органогенный горизонт, граница которого колебалась от 5 до 10 см. При анализах подстилку отбрасывали. На каждом варианте опыта анализировали по 3 образца, представлявших собой смешанный образец из 5 точек.

Сходство вариантов опыта оценивали по результатам многомерного анализа по методу главных компонент в пакете программ Statsoft Statistica (Боровиков, 2003).

Результаты исследования

В почвах изолированных участков число КОЕ было несколько выше в сравнении с почвами пастбища. Статистическая достоверность этой зависимости была нестабильной по годам: была доказана в остепненном поясе только на третий год изоляции, в луговом – на второй, в остальные годы наблюдалась только в виде тенденции (рис. 1).

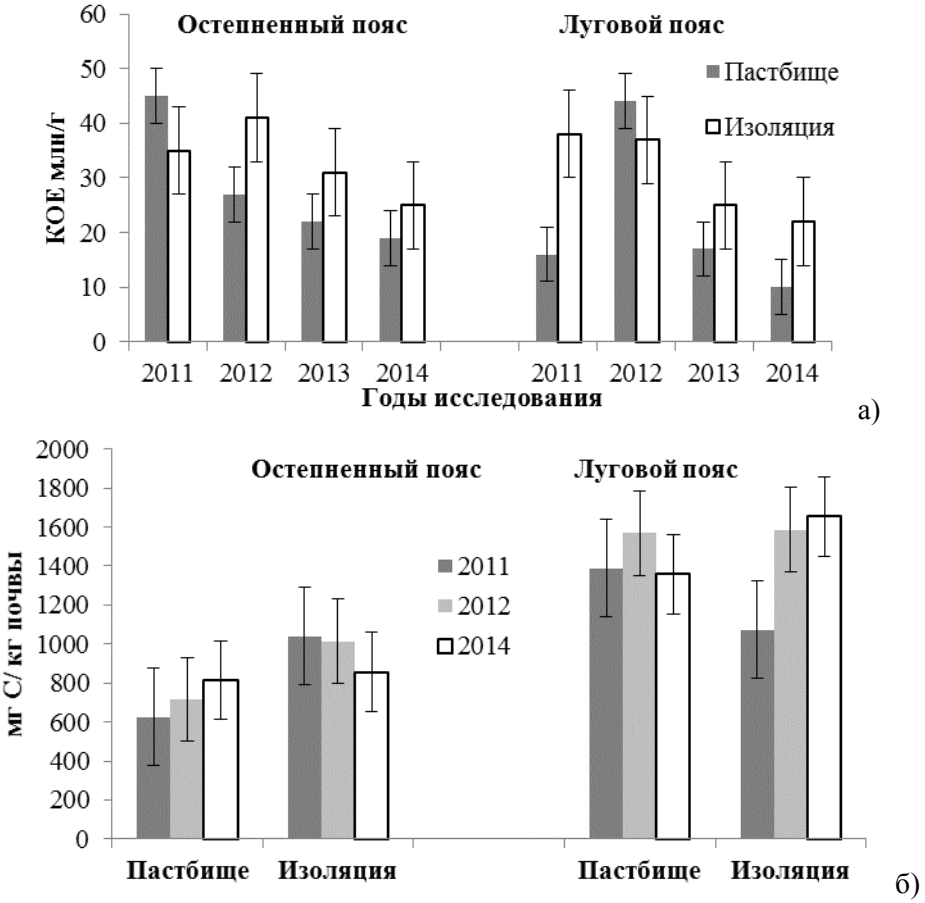

Рис. 1. Число КОЕ и содержание подвижного углерода в аласных почвах в зависимости от срока изоляции пастбища. Вертикальные линии показывают доверительный интервал при P=0.95.

При этом обнаружена достоверная дифференциация сообщества по скорости роста на агаризованной среде (рис. 2). За 4-5 лет состав культивируемой части микробного сообщества в остепненном поясе достиг показателей фоновой почвы: соотношение групп по скорости роста было близким на всех трех вариантах (фон, пастбище, изоляция) и составляло 40-30-30% от общего числа КОЕ. В луговом поясе характерное преобладание в сообществе медленно растущей группы при изоляции стало ослабевать и соотношение групп стало меняться в сторону почв остепненного пояса. Соотношение групп имело вид 10-20-70% и 20-30-50% соответственно на пастбище и изоляции.

Изменение активности микробного сообщества изучали по многолетней динамике ФС его культивируемой части со второго (2011 г.) по пятый (2014 г.) год изоляции (рис. 3). По общему виду спектров почв опытных и фоновых достаточно сложно сделать однозначные выводы. Однако обработка спектров по методу главных компонент позволила уточнить следующие моменты. Через 2 года после начала опыта отклик микробного сообщества на изоляцию не был зарегистрирован: около 64% вариации признака были обусловлены влиянием фактора «аласный пояс».

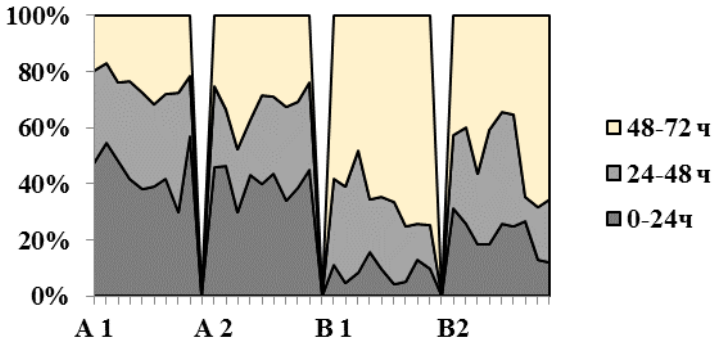

Рис. 2. Распределение КОЕ по скорости роста на агаризованной среде в % от общего числа на чашке, (n=9). *Условные обозначения:* А – остепненный пояс, В – луговой пояс, 1 – пастбище, 2 – изоляция; высокая скорость роста (появление колоний за 24 ч), средняя (за 24-48 ч), низкая (за 48-72 ч).

Через 3 года влияние изоляции стало достоверным в луговом поясе. Эта закономерность сохранялась и в четвертый год опыта. При этом признаки луговой почвы при изоляции приближались к таковым остепненной почвы. Только на пятый год наблюдений в обоих поясах аласов влияние изоляции стало достоверным: 59% вариации признака были обусловлены влиянием этого фактора. Таким образом, отклик микробного сообщества почвы на изоляцию деградированного пастбища достоверно зафиксировали в луговом поясе через 3 года после начала опыта, в остепненном – через 5 лет.

Судя по размаху колебания выравненности ФС (Ev) при стрессе, устойчивость сообщества в остепненных поясах фонового аласа и на пастбище была близкой, при пастбищной дигрессии устойчивость существенно падала в луговом поясе (повышение Ev до 30% против 10% на фоновом аласе). Прекращение выпаса способствовало стабилизации ФС сообщества на обоих объектах, наиболее существенно – в луговом поясе (снижение Ev до 8% против 30% на пастбище).

При этом, судя по суммарной активности (84 балла) и показателю выравненности спектра (E=24), почвы остепненного пояса на фоновом аласе и при изоляции обладали наиболее активной и разнообразной по метаболическому спектру микробным сообществом, наименее – почвы лугового пояса как фонового, так и деградированного аласа (сумма 7, E=8). Изоляция способствовала активизации микробного сообщества лугового пояса, показатели достигли соответственно 48 и 12, вариант приблизился к остепненному поясу деградированного аласа (табл. 1).

Таким образом, в обоих поясах аласа изоляция сопровождалась повышением разнообразия и функциональной устойчивости микробного сообщества почвы к стрессу. Отмеченные закономерности были связаны с динамикой состава и количеством растительного опада, который поступает в почву. Показатели для оценки процессов, происходящих при этом в подземной части экосистемы приведены на рисунке 1 и в таблице 2. Изоляция сопровождалась заметной тенденцией к повышению содержания подвижного органического вещества в почве. Однако влияние фактора «аласный пояс» было выше, чем фактор «изоляция».

Запас подземной фитомассы через 4-5 лет после изоляции достоверно повысился только в луговом поясе, что связано с увеличением доли злаковых растений в этом варианте. Содержание в почве $C_{орг}$ при прекращении выпаса повысилось практически до фоновых значений. Судя по соотношениям C/N, $C_{щел}/C_{орг}$, изменения в органическом веществе почвы были количественными и в целом не отразились на качестве последнего. Инвертазная активность как результирующий показатель взаимодействия корневой системы, микробного комплекса, твердой фазы почвы (Burns et al., 2013) при изоляции выросла в луговом поясе примерно на 40%, в остепненном – на 30% и достигла фоновых значений. Активность автотрофной нитрификации резко возросла при пастбищной дигрессии и не снизилась за пять лет изоляции, оставаясь примерно в 3 раза выше фоновых значений.

Обсуждение

Актуальность исследования скорости отклика различных показателей биодинамики экосистем на внешнее воздействие связана не только с фундаментальным интересом к данному вопросу. Не менее важен подбор наиболее чувствительного критерия для оценки начальных этапов изменения экосистемы. Данный вопрос на аридных пастбищах изучен преимущественно на примере фитомассы.

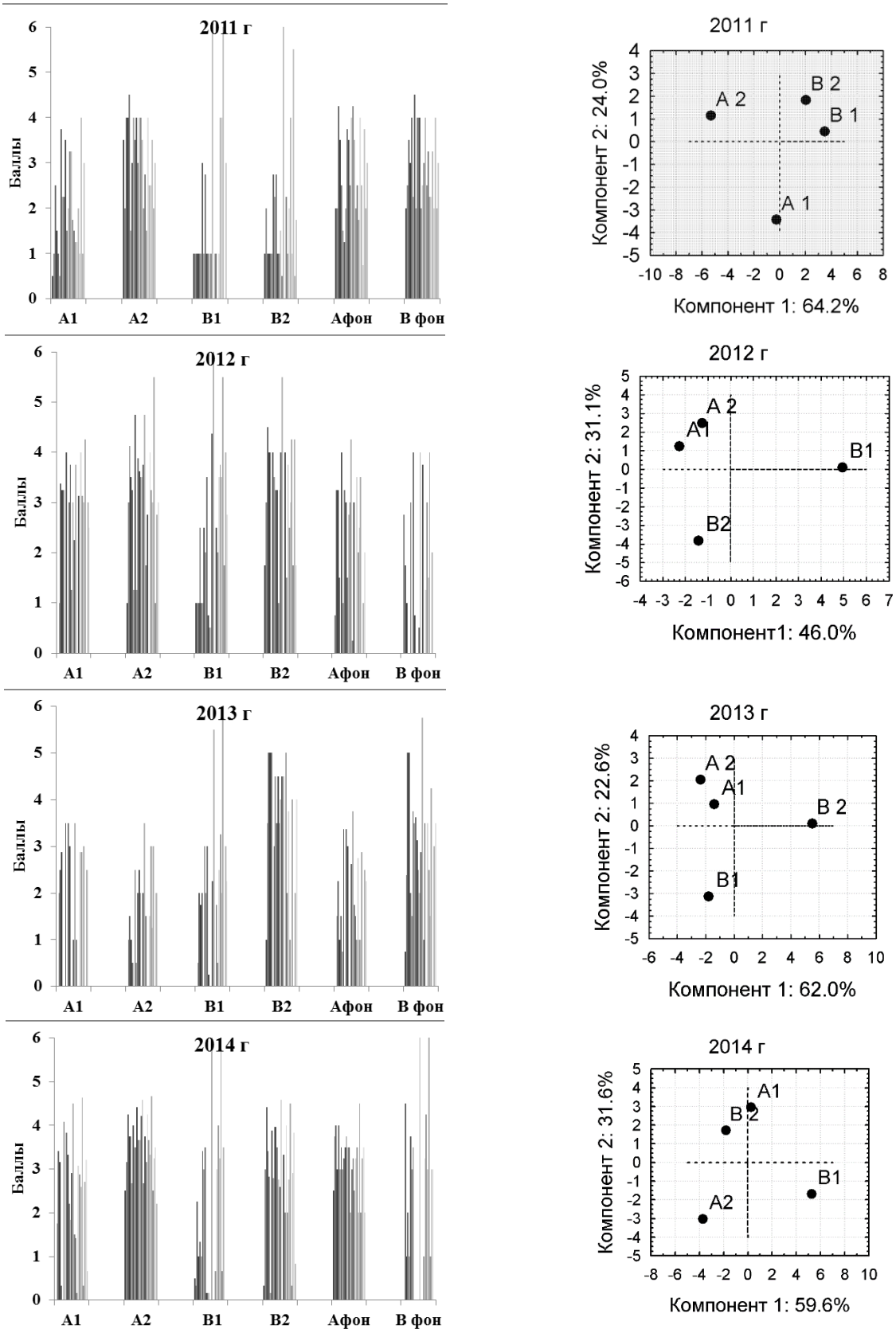

Рис. 3. Функциональная структура микробного сообщества аласных почв при изоляции деградированного пастбища. *Условные обозначения:* А – остепненный пояс, В – луговой пояс, 1 – пастбище, 2 – изоляция, фон – ненарушенный алас.

Таблица 1. Устойчивость функционального спектра микробного сообщества мерзлотных почв при прекращении выпаса на деградированном пастбище (динамика величины E), при n=9.

Дни после начала опыта	Фоновый алас		Деградированный алас			
			Пастбище		Изоляция	
	A*	B**	A	B	A	B
0	16	19	13	13	15	18
15	23	22	19	13	22	16
30	14	18	12	7	20	16
Среднее	17	19	15	11	19	17
V_E,%	30	10	30	30	20	8

Примечание к таблице 1 и 2: A* – остепненный пояс, B** – луговой пояс.

Таблица 2. Некоторые свойства исследуемых почв в слое 0-10 см, средние данные за 2013-2014 гг. при n=6.

Показатель	Фоновый алас		Деградированный алас				ДИ*
			Пастбище		Изоляция		
	A	B	A	B	A	B	
Запас подземной фитомассы, т/га	30	11	20	9	20	20	5
C орг., %	3.2	4.9	2.8	2.5	3.2	4.5	1.2
C/N	12	10	14	9	12	10	1.2
Сщел/Сорг., %	14	4	16	9	16	9	2
Нитрификация, мг $N\text{-}NO_3$/кг за 14 дней	19	16	75	55	70	62	10
Инвертаза, мг глюкозы /г за 18 ч	33	35	30	24	39	34	5

Примечания к таблице 2: ДИ* – доверительный интервал при P=0.95.

Как известно, именно по надземной биомассе регистрируют первый отклик пастбищной экосистемы на изоляцию. При этом установлено, что в условиях настоящей степи изменение запасов подземной фитомассы отстает от надземной как минимум на 5 лет и достигает максимальных значений примерно через 15 лет после начала опыта (Jing et al., 2014). По данным D. Wang с соавторами (2014), в почве типичной степи Лессовой равнины Китая за 8 лет изоляции при увеличении надземных запасов C на 107% подземный запас C вырос всего на 25%. Повышение запасов подземной фитомассы обычно сопровождалось повышением содержания $C_{орг}$ в почве (Jing et al., 2014; Su et al., 2005; Pei et al., 2008; Li et al., 2012; Raiesi, Riahi, 2014; Slimani et al., 2010). Процесс был наиболее интенсивен в первые годы изоляции, в аридных условиях в бедных почвах через 6-12 лет показатель достигал фоновых значений (Su et al., 2005, 2007; Li et al., 2012).

На основе полученных нами сведений можно оценить примерную скорость изменения компонентов объекта нашего исследования при изоляции. Так, запас надземной фитомассы достиг фоновых значений уже через год после изоляции, через 4 года превышал таковые на 50%. При этом в луговом поясе интенсивно менялся состав травостоя: солерос вытеснялся злаковой растительностью (Danilova et al., 2016). Установленные темпы превышали таковые, отмеченные на сходных по продуктивности пастбищах сухих степей Тувы и Забайкалья (Степи …, 2002). Как известно, при изоляции запас надземной фитомассы обычно достигал фоновых значений за 2-6 лет, ботанический состав травостоя восстанавливался более медленно – как минимум через 10-25 лет (Горшкова, Сахаровский, 1983; Степи …, 2002; Русанов, 2011; Wang et al., 2010).

По нашим данным, запас подземной фитомассы в остепненном поясе аласного пастбища достигал 30 т/га в слое почвы 0-10 см, что заметно выше, чем на упомянутых ранее указанных объектах, и существенно не изменился за 4 года изоляции. В луговом поясе исходный уровень показателя не превышал 10 т/га, при изоляции за 4 года вырос почти в 2 раза. По литературным данным, общий запас подземной биомассы при кратковременной (2-3 года) изоляции аридных

пастбищ меняется незначительно (Степи …, 2002). В аласном пастбище подобная закономерность была отмечена в остепненном поясе, тогда как в луговом повышение показателя было достаточно существенным, что связано с возрастанием доли злаков в травостое. В соответствии с накоплением запасов подземной биомассы имел устойчивую тенденцию к росту и содержанию общего углерода в почве, особенно это было заметно в луговом поясе. Снижение влияния изоляции на свойства почвы с понижением ее увлажненности известно (Raiesi, Riahi, 2014). В соответствии с изменением количества и состава поступающего в почву растительного вещества менялось и микробное сообщество почвы. По мнению исследователей, именно его параметры могут быть индикаторами начальных этапов изменения компонентов экосистемы. Для интегральной характеристики микробной системы почвы при длительной изоляции F. Raiesi и M. Riahi (2014) использовали углерод микробной биомассы. В случае кратковременных воздействий на почву этот показатель недостаточно чувствителен (Звягинцев, 1987). При помощи молекулярных методов Xiaoqi Zhou с соавторами (2012) показал, что разнообразие микробного сообщества почвы, достоверно возрастающее в первые годы изоляции, значительно снижается после 16-25 лет опыта. Дополнительным подходом к оценке микробного разнообразия почв признан метод МСТ (Torsvik, Øvreås, 2002). По некоторым сведениям, выводы, получаемые этими методами, часто совпадают. В нашей работе применили модификацию метода МСТ, позволяющую изучение сапротрофной части микробного сообщества почвы. Установленная нами информативность подхода связана с тем, что именно эта часть сообщества первая реагирует на изменение количества и состава поступающего растительного вещества.

В аласной экосистеме функциональный спектр сапротрофной микробиоты более быстро менялся именно в луговом поясе по сравнению с остепненным. При этом наблюдалось изменение состава микробного сообщества почв лугового пояса в сторону показателей почв остепненного пояса, что связано со сближением состава растительности. В целом изоляция сопровождалась повышением функционального разнообразия микробного сообщества почвы. Именно по динамике функционального спектра сообщества нам удалось установить сроки, когда различия между исходной и изолированной почвой становятся достоверными (статистический анализ выделяет варианты в разные группы). Удалось также установить, что эти различия за 4-5 лет изоляции перешли из категории количественных к качественным. А именно, микробное сообщество почв изолированных участков оказалось более устойчивым к стрессу по сравнению с пастбищем. При кратковременной (4-5 лет) изоляции деградированного пастбища в криолитозоне наблюдали повышение функционального разнообразия и устойчивости микробного сообщества криоаридной почвы.

Попытка найти прямые количественные взаимосвязи между функциональным спектром сообщества и содержанием подвижного органического вещества пока не увенчались успехом. А именно, вполне ожидаемое повышение последнего при изоляции пока оказалось только тенденцией. Статистическое доказательство достоверности связи пока оказалось невозможным из-за большого пространственного и временного варьирования показателя. Одним из доказательств значительной роли живых корней в биодинамике почв изолированных участков может служить специфика распределения инвертазной активности по вариантам опыта. Как известно, синтез внеклеточных ферментов клетками микроорганизмов в ответ на поступление в почву свежего органического вещества резко возрастает только в присутствии корней высших растений (Averill, Finzi, 2013).

Заключение

Таким образом, в нашей работе проследили особенности зависимости: продуктивность надземной растительности аласного пастбища при изоляции – динамика подземной части экосистемы. Установлены временные рамки этого отклика. В наших исследованиях надземная фитомасса восстановилась через год после изоляции, а отклик микробного сообщества мы смогли зарегистрировать и статистически доказать только через 3-4 года после начала опыта. К сожалению, эту величину сопоставить с литературными данными не было возможности, так как подобных сведений в доступной нам литературе мы не обнаружили.

Актуальна экологическая оценка обнаруженных закономерностей. Нам удалось экспериментально показать повышение устойчивости функционирования микробной системы мерзлотных почв даже в условиях кратковременной изоляции пастбища. Однако в нашей

предыдущей публикации (Данилова и др., 2013) было показано, что основной источник неустойчивости деградированных аласных экосистем заключается в чрезмерном повышении активности минерализационных процессов в почве. Как следует из представленных данных, при кратковременной изоляции снижения активности этих процессов (автотрофная нитрификация) не наблюдалось. Следовательно, восстановление ФС сапротрофного сообщества, так и других изученных показателей, является только началом восстановительного процесса и степень нарушенности экосистемы деградированного пастбища все еще остается достаточно высокой.

Таким образом, по скорости отклика на изоляцию деградированного пастбища в криоаридной зоне компоненты аласной экосистемы можно расположить в убывающий ряд: надземная растительность → функциональный спектр культивируемой части микробной системы почвы → число КОЕ → подземная фитомасса → общий и подвижный углерод почвы → активность нитрификации. Скорость отклика соответственно равнялась: 1 год – 4 года – 5лет – более 5 лет. Прекращение выпаса на деградированном пастбище в зоне многолетней мерзлоты приводило к явлениям сходным, наблюдаемым в подобных случаях в других регионах мира, что связано с общностью причины этих изменений – повышением продуктивности травостоя. Особенности биодинамики деградированных аласных лугов в первые годы изоляции свидетельствуют о высоких потенциальных возможностях этих экосистем к самовосстановлению. При этом высокая активность автотрофной нитрификации свидетельствует о сохраняющемся дисбалансе в круговороте вещества в почвах изолированного участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агрохимические методы исследования почв. 1975. / Ред. А.В. Соколова. М.: Наука. 656 с.

Боровиков В.П. 2003. Искусство анализа данных на компьютере. С-Пб.: Питер. 686 с.

Галстян А.Ш. 1978. Определение активности ферментов почв. Ереван: Айастан. 55 с.

Горшкова А.А., Сахаровский В.М. 1983. Восстановление сбитых степных пастбищ при кратковременной изоляции // Вестник сельскохозяйственной науки. № 3. С. 107-109.

Данилова А.А., Савинов Г.Н., Данилов П.П., Петров А.А. 2015. Способ оценки функциональной устойчивости сапротрофного микробного сообщества почвы. Патент РФ № 2562855, опубликован 10.09.2015. Бюллетень № 25.

Десяткин Р.В. 2008. Почвообразование в термокарстовых котловинах-аласах криолитозоны. Новосибирск: Наука. 323 с.

Данилова А.А., Данилов П.П., Савинов Г.Н., Гаврильева Л.Д., Петров А.А., Алексеев Г.А. 2013. Изменение свойств аласных почв Центральной Якутии при пастбищной дигрессии // Аридные экосистемы. Т. 19. № 4. С. 25-31.

Еловская Л.Г. 1987. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР. 172 с.

Звягинцев Д.Г. 1987. Почва и микроорганизмы. М.: МГУ. 256 с.

Русанов А.М. 2011. Почва как фактор восстановления растительности естественных пастбищ // Экология. № 1. С. 34-42.

Савинов Д.Д., Миронова С.И, Босиков Н.П., Анисимова Н.П., Аверенский А.И., Гаврильева Л.Д., Гоголева П.А., Дмитриев А.И., Жирков Ф.Н., Исаев А.П., Капитонов А.Н., Килибеева О.Н., Ларионов А.Г., Лыткина Л.П., Мордосов И.И., Пестерев А.П., Пестрякова Л.А., Прокопьев Н.П., Пшенникова Е.В., Ревин Ю.В., Собакина И.Г., Соколова В.А., Скрябина Н.Д., Тарабукина В.Г., Тимофеев П.А. 2005. Аласные экосистемы. Новосибирск: Наука. 263 с.

Averill C., Finzi A. 2013. Plant regulation of microbial enzyme production in situ // Soil Biology and Biochemistry. Vol. 56. P. 49-52.

Burns R.G., DeForest J.L., Marxsen J., Sinsabaugh R.L., Stromberger M.E.,Wallenstein M.D., Weintraub M.N., Zoppini A. 2013. Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions // Soil Biology and Biochemistry. Vol. 58. P. 216-234.

Danilova A., Savvinov G., Gavrileva L., Danilov P., Ksenofontova M., Petrov A. 2016. Biodynamics of Degraded Pastures at the Grazing Exclusion in Permafrost Region // Research Journal of Pharmaceutical. Biological and Chemical Sciences (RJPBCS). Vol. 7 (1). P. 1023-1016.

Degens B.P., Schipper L.A., Sparling G.P., Duncan L.C. 2001. Is the microbial community in a soil with reduced catabolic diversity less resistant to stress or disturbance? // Soil Biology and Biochemistry. Vol. 33. P. 1143-1153.

Jing Z., Cheng J., Su J., Bai Y., Jin J. 2014. Changes in plant community composition and soil properties under 3-decade grazing exclusion in semiarid grassland // Ecological Engineering. Vol. 64. P. 171-178.

Li Y., Zhou X., Brandle J.R., Zhang T., Chen Y., Han J. 2012. Temporal progress in improving carbon and nitrogen storage by grazing exclosure practice in a degraded land area of China's Horqin Sandy Grassland // Agriculture

Ecosystems and Environment. Vol. 159. P. 55-61.

Pei S., Fu H., Wan C. 2008. Changes in soil properties and vegetation following exclosure and grazing in degraded Alxa desert steppe of Inner Mongolia, China // Agriculture, Ecosystems and Environment. Vol. 124. P. 33-39.

Raiesi F., Riahi M. 2014. The influence of grazing exclosure on soil C stocks and dynamics, and ecological indicators in upland arid and semi-arid rangelands // Ecological Indicators. Vol. 41. P. 145-154.

Slimani H., Aidoud A., Rozé F. 2010. Tirty Years of protection and monitoring of a steppic rangeland undergoing desertification // Journal of Arid Environments. Vol. 74. P. 685-691.

Su Y.-Z., Li Y.-L., Cui J.-Y., Zhao W.-Z. 2005. Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China // Catena. Vol. 59. P. 267-278.

Torsvik V., Øvreås L. 2002. Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems // Current Opinion in Microbiology. Vol. 5. P. 240-245.

Wang C., Han X., Xing X. 2010. Effects of grazing exclusion on soil net nitrogen mineralization and nitrogen availability in a temperate steppe in northern China // Journal of Arid Environments. Vol. 74. P. 1287-1293.

Wang D., Wu G.-L., Zhu Y.-J., Shi Z.-H. 2014. Grazing exclusion effects on above- and below-ground C and N pools of typical grassland on the Loess Plateau (China) // Catena. Vol. 123 P. 113-120.

Xiaoqi Zhou, Yanfen Wang, Yanbin Hao. 2014. Short-term rather than long-term exclusion of grazing increases soil bacterial diversity in an Inner Mongolian steppe // Acta Ecologica Sinica. Vol. 32. P. 180-183.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, №3 (72), с. 75-87

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.467

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД СУХОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ДОЛИНЫ МАНЫЧА[1]

© 2017 г. В.Ю. Шматко, Л.П. Ильина

Институт аридных зон Южного научного центра РАН
Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, д. 41. E-mail: shmatko@ssc-ras.ru, iljina@ssc-ras.ru

Поступила в редакцию 06.06.2016

Установлено эколого-фаунистическое сходство сообществ почвенных нематод для сухостепных почв, близких по генетическому положению и протекающим в них почвообразовательным процессам. На 7 ключевых участках с различными биотопами выявлено 78 видов почвенных нематод из 41 рода, 24 семейств и 7 отрядов. Выявлено, что особенности сообществ почвенных нематод проявляются в видовом разнообразии фауны, доминировании отдельных трофических групп и родов. В целом фауну нематод можно оценить, как достаточно разнообразную (Индекс разнообразия Шеннона 1.53-2.35) и зрелую (Индекс зрелости сообществ Бонгерса 2.83-4.9), что свидетельствует о слабой нарушенности и стабильности условий их обитания.
Ключевые слова: почвенные нематоды, сухостепные почвы, растительность, таксономический состав, эколого-трофический состав, индекс разнообразия, индекс зрелости сообществ.

Почвенная фауна – неотъемлемая часть почвенной биоты, наиболее разнообразная и многочисленная группа из всех многоклеточных беспозвоночных, обитающих в почве. Почвенные нематоды по численности составляют около 90% педофауны биогеоценоза, их биомасса в окультуренных почвах может достигать 22 г/м^2, при этом видовое разнообразие колеблется от 42 до 140 видов (Соловьева, 1986; Соловьева и др., 1989).

Почвенные нематоды, обладая высокой численностью, совместно с почвенной микрофлорой участвуют в разложении и преобразовании органического вещества, делая его доступным для растений, грибов и бактерий (Парамонов, 1962; Yeates, 1971; Козловская, 1976; Шматко, 2012; Матвеева и др., 2015). Нематоды таких групп, как бактерио- и микофаги, регулируют численность грибов и бактерий, как подавляя, так и стимулируя их размножение и развитие (Woods et al., 1982; Wasilewska, Bienkowski, 1985). Паразитические нематоды воздействуют на растение-хозяина, что влияет на количество и состав поступающей в почву фитомассы. Кроме того, почвенные нематоды являются важным компонентом в регуляции газообмена почв, так как для них характерна высокая оксифильность (Overgaard-Nielson, 1949). Следует отметить, что, несмотря на многочисленность и активное участие в почвообразовательных процессах, обитающие в почве нематоды, включающие свободноживущие и фитопаразитические формы, относятся к слабоизученной группе беспозвоночных животных. В связи с этим целью данного исследования было изучение особенностей эколого-фаунистического комплекса почвенных нематод сухостепных ландшафтов долины Маныча.

Объект и методы исследования

Исследования проводили в 2012-2015 гг. в долине Маныча (Кумо-Манычская депрессия, 46° 28' с.ш., 42° 40' в.д.) на территории Орловского района Ростовской области на базе Научно-экспедиционного стационара «Маныч» Южного научного центра РАН. Представленные в статье результаты являются частью начатых с 2009 г. регулярных экологических и таксономических исследований фауны почвенных нематод в охранной и заповедной зонах Государственного природного заповедника «Ростовский». Заповедник состоит из 4 самостоятельных участков, вытянутых цепочкой в широтном направлении по правобережью Манычской долины и расположенных в 5-25 км друг от друга. Общая площадь заповедника – 9464.8 га.

[1] Работа выполнена по Базовой НИР «Современная структура и генетические связи биоценозов равнинных ландшафтов юга Европейской части России» (№ гос. рег. 01201363191).

Исследуемая территория характеризуется сухим континентальным климатом с резкими суточными и годовыми колебаниями температуры, с гидротермическим коэффициентом <0.7 и суммой осадков 358-400 мм/год (Природные ..., 2002). Анализ многолетних данных (с 1936 г. по 2009 г.) о погоде свидетельствует об изменении климатических условий данной территории: зарегистрировано увеличение среднегодовой температуры на 1.7°С и среднегодового количества осадков в последнее десятилетие (Экологический …, 2010). Наиболее четко выраженный тренд роста среднемесячной температуры (на 3-4°С) наблюдается в зимние месяцы (Панов и др., 2006). Основными почвообразующими породами являются карбонатные и карбонатно-сульфатные лессовидные суглинки и глины, глиногипсы (сульфатные породы), глинистые и тяжелосуглинистые породы аллювиального происхождения (Минкин и др., 1986).

Современная структура почвенного покрова Долины Маныча обусловлена взаимосвязью природных и антропогенных факторов. При этом ведущую роль играет микрорельеф, различный характер увлажнения, уровень минерализации грунтовых вод, а также антропогенное воздействие (распашка целинных почв, выбивание почв в результате перевыпаса скота, использование при орошении вод повышенной минерализации и др.). На исследуемой территории основным типом почв является каштановый. Встречаются подтипы каштановых, темно-каштановых, светло-каштановых почв, а также тип лугово-каштановых. Они представлены следующими родами: карбонатные, солонцеватые, солончаковатые. Среди засоленных типов почв отмечены солонцы каштановые и солончаки гидроморфные (Ильина, Невидомская, 2007; Ильина и др., 2010). Следует отметить, что при возрастающей аридизации климата последних лет зональные почвы сухостепной зоны приобретают значительную солонцеватость и солончаковатость. В условиях сухой степи скудное увлажнение положительных элементов поверхности в сочетании со значительным промачиванием отрицательных форм рельефа за счет стока с прилегающей поверхности является основной причиной формирования высококонтрастной структуры почвенного покрова и интенсивной дифференциации, сопряженной с ней растительности (Минкин и др., 1986; Калиниченко, 2003; Ильина и др., 2010).

Для исследования были выбраны 7 ключевых участков с различными биотопами, расположенные на территории 2 заповедных участков (Стариковский и Островной) и охранной зоны заповедника «Ростовский» (рис. 1).

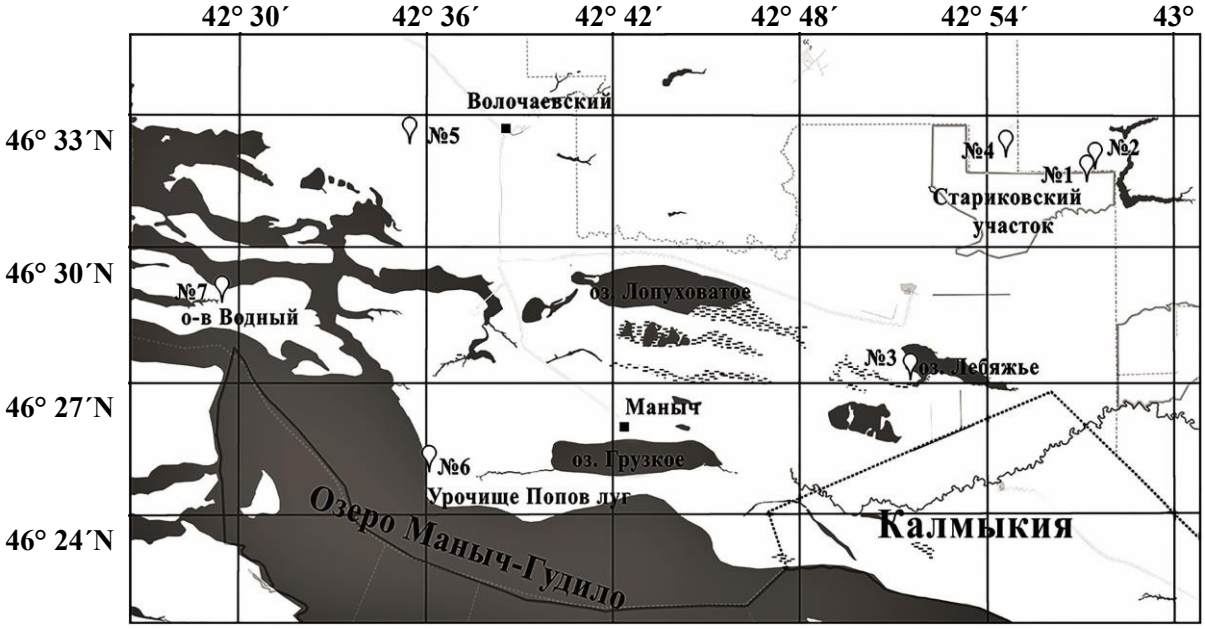

Рис. 1. Схема расположения ключевых участков.

Участок 1 – (46° 31' 28.46" с.ш., 42° 57' 06.92" в.д., Стариковский участок). Целинный биотоп с типчаково-ковыльной растительностью, с доминированием дерновинных злаков (ковыль Лессинга (*Stipa Lessingiana* Trin.), ковыль украинский (*S. ucrainica* P. Smirn.), ковыль волосовидный (*S. capillata* L.), овсяница валисская (*Festuca valesiaca* Gaudin) и каштановой солонцеватой почвой.

Участок 2 – (46° 31' 39.99" с.ш., 42° 57' 18.61" в.д., граница Стариковского участка). Биотоп лесополосы с доминированием вяза (*Ulmus pumila* L.) и разнотравно-злаковых ассоциаций с преобладанием пырея ползучего (*Elytrigia repens* L.) и с каштановой карбонатной слабозасоленной почвой.

Участок 3 – (46° 27' 03.84" с.ш., 42° 51' 26.88" в.д., озеро Лебяжье, Стариковский участок). Биотоп с типчаково-ковыльно-разнотравной растительностью, с редкими группировками полыни черной (*Artemisia pauciflora* Web.), спорыша солонцового (*Polygonum salsugineum* Bieb), развивается на каштановом солонце.

Участок 4 – (46° 31' 59.02" с.ш., 42° 54' 30.82" в.д., Охранная зона заповедника). Биотоп с сильной степенью пастбищной нагрузки (метлицево-эфемеровый сбой (мятлик живородящий – *Poa vivipara* (Koel.) и разные виды сорного разнотравья (однолетние виды семейств Brassicaceae и Poaceae), представлен каштановой солонцеватой почвой.

Таблица 1. Характеристика агрофизических показателей почв ключевых участков.

Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Подвижные формы NPK (мг /100 г почвы)			Плотность, P, г/см^3	Влажность, W, %	Гранулометрический состав
		NO_3	P_2O_5	K_2O			
Ключевой участок №1, каштановая солонцеватая почва							
0-20	3.01	1.24	1.4	30	1.12	35.18	легкосуглинистый
20-50	2.08	0.89	1.24	25	1.43	58.67	среднесуглинистый
Ключевой участок №2, каштановая карбонатная слабозасоленная							
0-20	2.54	1.12	1.36	25	1.07	30.45	легкосуглинистый
20-50	1.89	0.58	1.11	24	1.38	46.52	среднесуглинистый
Ключевой участок №3, солонец каштановый							
0-20	2.32	0.52	1.21	25	1.15	32.08	среднесуглинистый
20-50	1.85	0.36	0.64	15	1.52	40.15	тяжелосуглинистый
Ключевой участок №4, каштановая солонцеватая почва							
0-20	1.76	0.48	1.3	27	0.89	27.67	легкосуглинистый
20-50	0.57	0.25	0.57	15	1.47	45.18	тяжелосуглинистый
Ключевой участок №5, лугово-каштановая почва							
0-20	2.84	1.09	1.45	30	0.78	47.26	легкосуглинистый
20-50	1.76	0.76	1.34	18	1.21	64.53	легкосуглинистый
Ключевой участок №6, солончак гидроморфный соровый							
0-20	1.52	0.58	1.2	18	0.87	52.35	среднесуглинистый
20-50	1.22	0.36	0.75	15	1.16	58.47	глинистый
Ключевой участок №7, солончак гидроморфный типичный							
0-20	1.62	0.52	1.09	20	0.95	60.06	среднесуглинистый
20-50	1.34	0.46	0.87	15	1.21	57.65	глинистый

Участок 5 – (46° 32' 50.30" с.ш., 42° 35' 30.19" в.д., Охранная зона заповедника). Луговой биотоп с преобладанием пырейно-разнотравных ассоциаций (пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*), осока узколистная (*Carex stenophylla*), синеголовник плосколистный (*Eryngium planum*)), развивается на лугово-каштановой почве.

Участок 6 – (46° 25' 1.56" с.ш., 42° 36' 0.92" в.д., прибрежная часть озера Маныч-Гудило, Островной участок). Солончаковый биотоп без растительности, представляет собой солончак гидроморфный соровый.

Участок 7 – (46° 28' 45.99" с.ш., 42° 29' 26.75" в.д., балка Журавлиная. Остров Водный,

Островной участок). Характеризуется солончаковым биотопом с галофильными сообществами (с преобладанием солероса европейского (*Salicornia europaea* L., содоминантными выступают виды рода сведы (*Saueda prostrata* Pall., *S. confusa* Iljin), петросимонии супротивнолистной (*Petrosimonia oppositifolia* Pall.), петросимонии трехтычинковой (*P. triandra* (Pall.) Simonk.) на солончаке гидроморфном типичном.

При изучении почвенных показателей на ключевых участках закладывались почвенные разрезы, в которых по генетическим горизонтам отбирались образцы. В полевых условиях проведено морфологическое описание почв (структура, гранулометрический состав, сложение, признаки засоления, наличие карбонатов и т.д.) по общепринятым методикам (Кауричев, 1980). На каждом участке закладывали 2 почвенных разреза, в которых образцы отбирали послойно на глубину 0-20 и 20-50 см (определение почвенных показателей проводили в 3-кратной повторности). В лабораторных условиях в почвенных образцах были определены: содержание гумуса методом Тюрина в модификации Орлова – Гриндель (Орлов, Гришина, 1981), подвижные формы NPK – нитратного азота дисульфофеноловым методом, фосфора методом Мачигина и калия – пламеннофотометрическим методом (Агрохимические ..., 1975; Аринушкина, 1970). Плотность измеряли в образцах почв ненарушенного сложения буром Качинского послойно каждые 5 см (в таблице 1 приведены средние значения для слоев 0-20 и 20-50 см), влажность почвы определяли термовесовым методом (Агрохимические ..., 1975). Определение ионно-солевого состава засоленных почв проводили стандартным методом водной вытяжки (Аринушкина, 1970; Александрова, Найденова, 1986). При установлении химизма и степени засоления почв использованы классификации Н.И. Базилевич и Е.Н. Панковой, а также В.А. Ковды и В.В. Егорова (Аринушкина, 1970; Кауричев, 1980).

При изучении горизонтального распространения нематод в почвах ключевых участков использованы методики О.З. Метлицкого и М.А. Матвеевой (1975), О.З. Метлицкого (1985), которые позволяют получать достоверные результаты при относительно небольшом количестве отбираемых почвенных образцов. Средняя почвенная проба в слое 0-30 см была получена при смешивании проб, отобранных методами ступенчатой диагонали и конверта. Выделение почвенных нематод проведено модифицированным методом Бермана с последующей фиксацией нематод в 5% формалине при температуре 60°С. Все полученные экземпляры нематод были подсчитаны, постепенно переведены в глицерин и монтированы в постоянные препараты по стандартной методике (Hall, 1996).

Выявленные виды нематод разделяли по трофическому предпочтению, используя две классификации (Wasilewska, 1971; Yeats et al., 1993). Всего выделено 6 эколого-трофических групп нематод: бактериотрофы (питающиеся микробной массой), микотрофы (питающиеся мицелием грибов), факультативные фитотрофы (питающиеся эпидермальными клетками корней растений, водорослями и частично это микотрофы), облигатные фитотрофы (питающиеся исключительно растениями, поглощающие их соки), всеядные (питающиеся бактериями, протистами, мицелием грибов и просто разлагающейся органикой) и хищники (имеющие вооруженную стому и нападающие на мелких нематод, олигохет, энхитреид и пр. мелких беспозвоночных).

Для характеристики фауны почвенных нематод использовали следующие показатели:

- обилие таксонов нематод (количество экземпляров на 100 см^3) и их доминирование в сообществе (в % от общей нематодофауны);
- индекс разнообразия Шеннона (H`), который рассчитывали по формуле:

$$H` = -\Sigma\, p_i \log_2 p_i \quad (1),$$

где p_i – доля особей i-го рода; в выборке истинное значение p_i оценивается как n_i/N (табл. 2);

- индекс зрелости (MI) сообществ нематод (Bongers, 1990), основанный на количестве видов с разными жизненными циклами, биологическими особенностями и устойчивостью к неблагоприятным условиям среды.

Таксоны нематод (рода и семейства) разделены по шкале Бонгерса от 1 (colonizer) до 5 (persisters). Индекс зрелости сообществ нематод рассчитывали по формуле:

$$MI = \sum \frac{Vi \times Fi}{n} \quad (2),$$

где *Vi* – значение i-го таксона по c-p шкале Bongers, *Fi* – количество этого таксона, n – общее количество нематод в пробе (табл. 2).

Таблица 2. Таксономический и эколого-трофический состав почвенных нематод ключевых участков.

С-Р*	Троф. гр.**	Семейство	Таксон	Ключевой участок, экз/100 см^3, n_i						
				№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
отряд Alaimida										
4	Б	Alaimidae	*Alaimus primitivus*	7	–	–	–	–	–	–
отряд Aphelenchida										
2	М	Aphelenchidae	*Aphelenchus avenae*	7	–	–	17	–	–	–
2	М	Aphelenchoididae	*Aphelenchoides* sp.	7	–	–	–	–	–	–
2	М	Aphelenchoididae	*Aphelenchoides subparietinus*	–	7	–	–	–	–	–
отряд Araeolaimida										
2	Б	Plectidae	*Anaplectus* sp.	–	–	30	–	–	–	–
2	Б	Plectidae	*Anaplectus granulosus*	–	–	91	9	–	–	–
2	Б	Plectidae	*Plectus geophilus*	–	–	–	–	8	–	–
2	Б	Plectidae	*Plectus parietinus*	34	–	–	–	–	–	–
3	Б	Aulolaimidae	*Aulolaimus* sp.	–	–	–	–	–	6	–
3	Б	Aulolaimidae	*Aulolaimus oxycephalus*	–	–	–	–	–	6	–
отряд Dorylaimida										
3	Опр	Belonolaimidae	*Geocenamus* sp.	54	–	–	–	–	–	–
4	М	Leptonchidae	*Leptonchus* sp.	34	–	–	–	–	–	–
4	В	Dorylaimidae	*Dorylaimus* sp.	–	–	–	–	–	–	–
4	В	Dorylaimidae	*Laimydorus* sp.	–	–	30	–	–	–	509
4	В	Dorylaimidae	*Mesodorylaimus* sp.	–	–	–	–	–	–	21
4	В	Nordiidae	*Actinolaimoides* sp.	27	–	–	–	–	–	–
4	В	Nordiidae	*Longidorella* sp.	–	–	–	9	–	–	–
4	В	Nordiidae	*Longidorella parva*	–	–	–	9	–	–	–
4	В	Quidsinematidae	*Ecumenicus* sp.	–	–	–	–	40	–	–
4	В	Quidsinematidae	*Ecumenicus monohystera*	–	–	60	353	–	–	–
4	В	Quidsinematidae	*Eudorylaimus* sp.	40	80	634	147	344	–	–
4	В	Quidsinematidae	*Eudorylaimus acuticauda*	–	–	–	–	16	–	–
4	В	Quidsinematidae	*Eudorylaimus carteri*	–	–	–	–	120	–	–
4	В	Quidsinematidae	*Eudorylaimus centrocercus*	–	–	30	–	–	–	–
4	В	Quidsinematidae	*Eudorylaimus pussulosus*	–	–	–	–	40	–	–
4	В	Quidsinematidae	*Eudorylaimus vestibulifer*	–	–	121	–	–	–	–
4	В	Quidsinematidae	*Labronema* sp.	–	–	–	9	48	–	–
4	В	Quidsinematidae	*Labronema vulvapapillatum*	–	–	–	–	32	–	–
4	В	Quidsinematidae	*Microdorylaimus parvus*	–	–	–	9	–	–	–
5	В	Aporcelaimidae	*Aporcelaimellus* sp.	34	–	272	–	–	–	–
5	В	Aporcelaimidae	*Aporcelaimellus obsicaudatus*	–	–	272	–	–	–	–
5	В	Aporcelaimidae	*Aporcelaimus* sp.	–	–	–	–	64	–	–
5	В	Aporcelaimidae	*Metaporcelaimus* sp.	–	–	–	69	–	–	–
5	В	Aporcelaimidae	*Metaporcelaimus simplex*	–	–	–	69	–	–	–
5	В	Paraxonchiidae	*Paraxonchium laetificans*	–	–	121	–	8	–	–
4	Х	Discolaimidae	*Discolaimoides* sp.	–	7	–	–	–	–	–
4	Х	Discolaimidae	*Discolaimus major*	–	87	60	–	16	–	–
5	Х	Nygolaimidae	*Nygolaimus* sp.	13	–	–	–	–	–	16
5	Х	Nygolaimidae	*Nygolaimus paratenuis*	–	–	181	–	–	–	–
5	Х	Nygolaimidae	*Paravulvus acuticaudatus*	–	–	–	–	24	–	–

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	Опр	Dorylaimelidae	*Dorylaimellus* sp.	–	–	30	–	–	–	–
5	Опр	Longidoridae	*Longidorus* sp.	40	7	–	–	–	–	–
5	Опр	Longidoridae	*Longidorus euonymus*	13	–	–	–	–	–	–
5	Опр	Longidoridae	*Longidorus leptocephalus*	13	–	–	–	–	–	–
5	Опр	Longidoridae	*Longidorus longicaudatus*	–	15	–	–	–	–	–
5	Опр	Longidoridae	*Longidorus sylphus*	13	–	–	–	–	–	–
5	Опр	Longidoridae	*Longidorus tardicaudata*	13	–	–	–	–	–	–
отряд Monhysterida										
2	Б	Monhysteridae	*Diplolaimella allgeni*	–	–	–	–	–	19	–
2	Б	Monhysteridae	*Diplolaimella* sp.	–	–	–	–	–	6	–
2	Б	Monhysteridae	*Monhystera* sp.	–	–	–	–	–	195	–
отряд Rhabditida										
1	Б	Diplogasteridae	*Diplogasteritus* sp.	–	–	–	–	–	13	–
2	Б	Cephalobidae	*Acrobeles* sp.	88	22	30	9	–	3	–
2	Б	Cephalobidae	*Acrobeles ciliatus*	27	–	60	–	–	–	–
2	Б	Cephalobidae	*Acrobeles sparsus*	–	–	–	26	16	–	–
2	Б	Cephalobidae	*Acrobeloides* sp.	13	15	–	–	–	–	–
2	Б	Cephalobidae	*Acrobeloides nanus*	–	7	–	–	–	–	–
2	Б	Cephalobidae	*Cephalobus* sp.	–	–	151	–	–	–	5
2	Б	Cephalobidae	*Cephalobus persegnis*	–	7	121	–	–	–	–
2	Б	Cephalobidae	*Chiloplacus* sp.	7	–	–	17	–	–	–
2	Б	Cephalobidae	*Chiloplacus demani*	–	–	–	34	–	–	–
2	Б	Cephalobidae	*Chiloplectus cancellatus*	–	–	–	–	8	–	–
2	Б	Cephalobidae	*Eucephalobus* sp.	7	–	–	–	–	–	–
2	Б	Cephalobidae	*Eucephalobus oxyuroides*	–	–	30	181	–	–	–
2	Б	Cephalobidae	*Eucephalobus striatus*	–	7	60	–	–	3	–
2	Б	Cephalobidae	*Heterocephalobus elongatus*	–	7	–	–	–	–	–
2	Б	Cephalobidae	*Placodira lobata*	–	–	30	–	–	–	–
3	Б	Rhabdolaimidae	*Rhabdolaimus* sp.	–	–	–	–	–	45	–
3	Б	Rhabdolaimidae	*Udonchus tenuicaudatus*	–	–	–	–	–	3	–
отряд Tylenchida										
2	Опр	Tylenchidae	*Coslenchus costatus*	–	7	–	–	8	–	–
2	Опр	Tylenchidae	*Coslenchus pastor*	–	–	–	–	–	3	–
2	Опр	Tylenchidae	*Filenchus* sp.	–	22	60	–	–	–	16
2	Опр	Tylenchidae	*Lelenchus* sp.	–	–	91	–	–	–	–
2	Опр	Tylenchidae	*Lelenchus leptosoma*	–	–	60	–	–	–	–
3	Опр	Hoplolaimidae	*Helicotylenchus* sp.	7	225	30	–	24	3	–
3	Опр	Hoplolaimidae	*Helicotylenchus pseudorobustus*	–	327	–	–	32	–	–
3	Опр	Pratylenchidae	Pratylenchoides sp.	–	–	91	–	–	–	–
3	Опр	Pratylenchidae	*Pratylenchoides ivanovae*	–	–	30	–	–	–	–
3	Опр	Telotylenchidae	*Tylenchorhynchus* sp.	297	–	–	–	–	3	–
3	Опр	Telotylenchidae	*Tylenchorhynchus clavus*	–	–	–	–	16	–	–
ВСЕГО, N:				795	849	2776	967	864	308	567

Примечания к таблице 2: С-Р* – с-р значение по таблице Бонгерса от 1 до 5 в соответствии с жизненными циклами, биологическими особенностями, устойчивостью к неблагоприятным условиям среды; Троф. гр. ** – Б – бактериотрофы, М – микотрофы, В – всеядные, Х – хищные нематоды. Опр – облигатные паразиты растений.

Результаты и обсуждение

Почвы ключевых участков. Характеристика агрофизических показателей почв ключевых участков представлена в таблице 1. Содержание гумуса в почве является интегральным показателем плодородия. Оптимальное гумусное состояние обеспечивает ценную агрономическую структуру, благоприятный водно-воздушный режим, высокую емкость катионного обмена (Орлов, 1981). Особенности распределения гумуса по профилю изученных нами почв тесно связаны с условиями их формирования в сухостепной зоне, для них характерно повышенное содержание гумуса в верхних горизонтах и его постепенное уменьшение вниз по профилю. Выявлено, что повышенное содержание гумуса имеют верхние горизонты целинной каштановой солонцеватой почвы – 3.01% (участок № 1) и лугово-каштановой почвы 2.84% (участок № 5), вниз по профилю происходит уменьшение этого показателя до 2.08-1.76% соответственно. Для ключевого участка № 2 (каштановая карбонатная слабозасоленная почва) содержание гумуса в верхнем горизонте составляет 2.54%, в нижележащем – 1.89%. Для солонца каштанового (участок № 3) распределение гумуса аналогичное: в верхнем горизонте повышенное (2.32%), в нижележащем постепенно убывает до 1.85%. Для каштановой солонцеватой почвы с сильной степенью пастбищной нагрузки (участок № 4) содержание гумуса очень низкое: в поверхностном слое – 1.76%, в нижележащем – 0.57%. На участках с солончаками гидроморфными (№ 6-7) содержание гумуса не превышает 1.62% в поверхностных горизонтах, вниз по профилю уменьшается до 1.22-1.34%. При использовании стандартной системы показателей гумусного состояния по Д.С. Орлову (1981) для оценки общего содержания гумуса выявлено, что очень низким содержанием гумуса в верхних горизонтах характеризуются солончаки гидроморфные, а также каштановая солонцеватая почва с сильной степенью пастбищной нагрузки. В целом все почвы ключевых участков имеют низкое содержание гумуса, не превышающее 3%.

Для агрохимической характеристики почв были определены подвижные формы азота (нитратный), фосфора и калия (табл. 1). Установлено, что все почвы ключевых участков имеют низкую и очень низкую степень обеспеченности подвижными формами азота (нитратного) и фосфора (преимущественно соединения фосфора с кальцием, магнием и полуторными окислами). Для подвижных форм калия выявлено, что солончаки гидроморфные имеют повышенную степень обеспеченности, а все остальные почвы – высокую. Распределение по профилю подвижных форм питательных элементов следующее: в верхних горизонтах их содержание максимально, вниз по профилю оно постепенно уменьшается до очень низкого содержания.

По показателю плотности все верхние горизонты почв ключевых участков менее уплотнены ($P<1.15$ г/см^3), чем нижележащие ($P=1.16$-1.52 г/см^3).

При определении влажности почв установлена закономерность – все верхние горизонты более сухие, а нижележащие более увлажнены и имеют показатели важности 46.52-64.53%. Максимально увлажнены солончаки гидроморфные (участки № 6-7; табл. 1).

По гранулометрическому составу солонец каштановый в верхнем горизонте среднесуглинистый, в солонцовом (иллювиальном) горизонте тяжелосуглинистый, солончаки гидроморфные в верхних горизонтах среднесуглинистые, в нижележащих глинистые. Лугово-каштановая почва легкосуглинистая, почвы остальных ключевых имеют в верхних горизонтах легкосуглинистый, а в нижележащих среднесуглинистый гранулометрический состав (табл. 1).

Ранее проведенными исследованиями выявлено, что влияние выпаса на почвы в первую очередь отражается на показателях, характеризующих плодородие. В градиенте пастбищной нагрузки почвы подвергаются интенсивному иссушению и деградации: уплотняются верхние горизонты, при этом значение плотности практически может соответствовать этому показателю в солонцеватом горизонте, существенные изменения в структуре происходят на агрегатном уровне. Почвы пастбищ с сильной степенью нагрузки характеризуются низким содержанием и запасом гумуса, соответственно, низким уровнем плодородия (Лебедева и др., 2011; Лебедева и др., 2010). При умеренном выпасе пастбищные экосистемы длительное время функционируют устойчиво: в них накапливается растительная биомасса, поддерживается баланс между ее синтезом и деструкцией, в верхних почвенных горизонтах образуется гумус, почва обогащается питательными веществами, активизируется биологический круговорот (Абатуров, Кулакова, 2010).

Состав водных вытяжек засоленных почв. Водная вытяжка дает представление о содержании в почве водорастворимых веществ как органических, так и минеральных, состоящих преимущественно

из простых солей. В результате проведенных исследований выявлено, что 5 ключевых участков засолены. Полученные результаты водной вытяжки позволили установить качественный состав водорастворимых солей в профиле засоленных почв, степень и химизм (тип) засоления (табл. 3). На основании полученных данных выявлено, что каштановые солонцеватые почвы и солонец каштановый (ключевые участки № 1, 3, 4) имеют на поверхности небольшое количество солей, тогда как в средней части профиля наблюдается один или даже несколько ясно выраженных максимумов солей, что свидетельствует о рассолении верхней части профиля и накоплении легкорастворимых солей на глубине вследствие формирования иллювиального горизонта. В каштановых солонцеватых почвах сухой остаток в верхних горизонтах не превышает 1%, в солонцовых горизонтах он составляет 0.53-1.34%, что соответствует слабой и сильнозасоленной степени засоления. Солонец каштановый в верхнем горизонте слабозасолен (величина сухого остатка 0.45%), в иллювиальном горизонте сильнозасолен (сухой остаток 1.58%).

Таблица 3. Состав водной вытяжки засоленных почв ключевых участков (в мг-экв/100 г почвы).

Глубина взятия образца, см	Сухой остаток, %	Щелочность		Cl	SO_4	Ca	Mg	Na (по разности)	pH
		CO_3	HCO_3						
Ключевой участок №1, каштановая солонцеватая почва									
0-20	0.27	−	0.45	0.37	0.48	0.76	0.24	0.3	7.8
20-50	0.64	−	1.11	145	1.54	1.82	0.51	1.77	8
Ключевой участок №3, солонец каштановый									
0-20	0.45	−	0.95	1.02	0.61	0.56	0.33	1.69	8
20-50	1.58	0.03	1.21	2.36	2.27	2.08	1.06	2.73	8.5
Ключевой участок №4, каштановая солонцеватая почва									
0-20	0.12	−	0.27	0.58	0.35	0.41	0.52	0.27	7.3
20-50	1.34	−	1.08	1.29	1.82	1.74	0.89	1.56	7.8
Ключевой участок №6, солончак гидроморфный соровый									
0-20	2.36	−	0.33	1.56	1.18	0.37	0.15	2.55	8.5
20-50	1.87	−	0.64	1.38	2.06	1.12	1.07	1.89	8.7
Ключевой участок №7, солончак гидроморфный типичный									
0-20	2.07	−	0.25	1.43	1.04	0.54	0.32	1.86	8.5
20-50	1.72	−	0.50	1.09	2.15	1.72	0.48	1.54	8.3

Установлено, что щелочность от карбонатов присутствует только в солонцовом горизонте солонца каштанового и не превышает 0.03 мг-экв/100 г, также щелочность от бикарбонатов имеет повышенные значения на глубине 20-50 см (0.84-1.21 мг-экв/100 г) по сравнению с верхними горизонтами. В каштановых солонцеватых почвах среди анионов преобладает сульфат-ион; его содержание равномерно увеличивается вниз по профилю от 0.37-0.58 до 1.29-1.45 мг-экв/100 г. Для хлор-иона отмечена аналогичная закономерность: в верхних горизонтах его количество не превышает 0.58 мг-экв/100 г, а в нижележащих – 1.45 мг-экв/100 г (табл. 3).

В солонце каштановом преобладает хлор-ион; его содержание в верхнем горизонте – 1.02 мг-экв/100 г, в солонцовом горизонте увеличивается до 2.36 мг-экв/100 г. Преобладающим катионом в солонце каштановом был натрий; вниз по профилю его содержание возрастает, отмечено преобладание водорастворимого кальция над магнием. Преобладающим катионом для каштановых солонцеватых почв является кальций; его содержание увеличивается вниз по профилю, аналогичное распределение по профилю отмечено для магния и натрия (табл. 3).

В верхних горизонтах засоленные почвы ключевых участков имеют нейтральную или слабощелочную среду почвенного раствора (pH=7.3-7.8), в солонцовых горизонтах щелочную (pH=7.8-8.5), что связано с накоплением водорастворимых форм натрия и наличием в почвенном растворе двууглекислой соли натрия (табл. 3).

Ключевые участки № 6-7 расположены на солончаках гидроморфных, для которых характерным признаком является накопление легкорастворимых солей в верхних горизонтах, вниз по профилю их содержание уменьшается, что свидетельствует о непрерывном подъеме засоленных грунтовых вод по профилю и их испарении, вследствие чего происходит засоление всей толщи почвы, а верхний горизонт непрерывно обогащается солями. Эти почвы сильно засолены с поверхности – величина плотного остатка составляет 2.07-2.36%, вниз по профилю уменьшается до 1.72-1.87%. Почвенный раствор имеет щелочную среду (pH=8.3-8.7). Среди анионов в верхних горизонтах преобладает хлор-ион (1.43-1.56 мг-экв/100 г), в нижележащих – сульфат-ион (2.06-2.15 мг-экв/100 г). Среди катионов в верхних горизонтах преобладает натрий 1.86-2.55 мг-экв/100 г, содержание водорастворимого кальция больше, чем магния, вниз по профилю отмечено увеличение их содержания (табл. 3).

На основании анализа качественного состава водной вытяжки был определен химизм (тип) засоления почв ключевых участков. Каштановые солонцеватые почвы (участки № 1, 4) характеризуются хлоридно-сульфатным химизмом засоления, солонец каштановый имеет сульфатно-хлоридное засоление, солончаки гидроморфные с поверхности – сульфатно-хлоридные, вниз по профилю – хлоридно-сульфатные.

Учитывая, что лессовидные породы засолены, в них, как правило, повышено содержание хлоридов и сульфатов кальция и магния, в особенности, натрия, а также что преобладающие в первом метровом слое легкорастворимые соли нередко находятся выше карбонатов, то в засоленных почвах получают развитие процессы периодического поднятия этих солей до засоленных горизонтов (Ильина, 2007; Минкин и др., 1986).

Состав и структура почвенных нематод. В результате проведенных работ на 7 ключевых участках заповедника «Ростовский» было выявлено 78 видов почвенных нематод из 41 рода, 24 семейств и 7 отрядов (табл. 2). Точная видовая принадлежность дана для 45 видов: *Alaimus primitivus* de Man, 1880; *Aphelenchus avenae* Bastian, 1865; *Aphelenchoides subparietinus* Sanwal, 1961; *Aulolaimus oxycephalus* de Man, 1880; *Anaplectus granulosus* (Bastian, 1865) De Coninck and Schuurmans Stekhoven, 1933; *Plectus geophilus*de Man, 1880; *Plectus parietinus* Bastian, 1865; *Aporcelaimellus obsicaudatus* (Bastian, 1865) Altherr, 1968; *Metaporcelaimus simplex* (Thorne and Swanger, 1936) Andrássy, 2001; *Discolaimus major* Thorne, 1939; *Longidorus euonymus* Mali and Hooper, 1974; *Longidorus leptocephalus* Hooper, 1961; *Longidorus longicaudatus* Siddiqi, 1962; *Longidorus sylphus* Thorne, 1939; *Longidorus tardicaudata* Merzheevskaya, 1951; *Longidorella parva* Thorne, 1939; *Nygolaimus paratenuis* Thorne, 1974; *Paravulvus acuticaudatus* (Thorne, 1930) Heyns, 1968; *Paraxonchium laetificans* (Andrássy, 1956) Altherr and Loof, 1969; *Ecumenicus monohystera* (de Man, 1880) Thorne, 1974; *Eudorylaimus acuticauda* (de Man, 1880) Andrássy, 1959; *Eudorylaimus carteri* (Bastian, 1865) Andrássy, 1959; *Eudorylaimus centrocercus* (de Man, 1880) Andrássy, 1959; *Eudorylaimus pussulosus* Andrássy, 1991; *Eudorylaimus vestibulifer* (Micoletzky, 1922) Andrássy, 1959; *Labronema vulvapapillatum* (Meyl, 1954) Loof and Grootaert, 1981; *Microdorylaimus parvus* (de Man, 1880) Andrássy, 1986; *Diplolaimella allgeni* W. Schneider, 1937; *Acrobeles ciliatus* Linstow, 1877; *Acrobeles sparsus* Heins, 1969; *Acrobeloides nanus* (de Man, 1880) Anderson, 1968; *Cephalobus persegnis* Bastian, 1865; *Chiloplacus demani* (Thorne, 1925) Thorne, 1937; *Chiloplectus cancellatus* (Zullini, 1978) Holovachov, Susulovsky and Boström, 2000; *Eucephalobus oxyuroides* (de Man, 1876) Steiner, 1936; *Eucephalobus striatus* (Bastian, 1865) Thorne, 1937; *Heterocephalobus elongatus* (de Man, 1880) Andrássy, 1967; *Placodira lobata* Thorne, 1937; *Udonchus tenuicaudatus* Cobb, 1913; *Helicotylenchus pseudorobustus* Sher, 1966; *Pratylenchoides ivanovae* Ryss, 1980; *Tylenchorhynchus clavus* Khan, 1990; *Coslenchus costatus* (de Man, 1921) Siddiqi, 1978; *Coslenchus pastor* Andrássy, 1982; *Lelenchus leptosoma* (de Man, 1880) Andrássy, 1954. Таксономическое распределение и эколого-трофический состав ключевых участков установленных видов представлены в таблице 2.

По численности нематод и количеству обнаруженных видов наиболее высокие показатели имеет биотоп с типчаково-ковыльно-разнотравной растительностью на солонце каштановом (участок № 3; табл. 2, 4).

Этот ключевой участок находится в охранной зоне и слабо подвержен пастбищной нагрузке, поэтому имеет место незначительное нарушение растительности. По почвенным показателям он близок к целинным каштановым солонцеватым почвам. Установлено, что численность нематод была 2776 экз./100 см^3, а индекс таксономического разнообразия – 4.1. Обнаружено 26 видов из 16 родов. По численности в эколого-трофическом составе доминирующей группой оказалась группа всеядных

нематод (55%), в которой преобладали нематоды из родов *Eudorylaimus* (30%), *Aporcelaimus* (20%). Группа бактериотрофов составляла 22%, из которых 10% это нематоды рода *Cephalobus*, нематоды остальных родов не превышали 6% (табл. 4, рис. 2).

Таблица 4. Структура сообществ и характер доминирования почвенных нематод на ключевых участках.

Ключевой участок	Количество видов/родов	Число, экз/100 см^3	Схема эколого-трофического доминирования	Доминирующие эколого-трофические группы и рода, в %	MI	H`
№1	22/17	795	Опр→Б→В→М→Х	Опр – 57: *Tylenchorhynchus* 37, *Longidorus* 12, *Geocenamus* 7. Б – 23: *Acrobeles* 14	3.39	2.4
№2	16/14	849	Опр→Х→В→Б→Фпр→М	Опр – 67: *Helicotylenchus* 65. Х – 11: *Discolaimus* 10. В – 9: *Eudorylaimus* 9.	3.14	1.6
№3	26/16	2776	В→Б→Х→Фпр→Опр	В – 55: *Eudorylaimus* 30, *Aporcelaimellus* 20 Б – 22: *Cephalobus* 10	3.67	1.5
№4	15/11	967	В→Б→М→Опр	В – 68: *Ecumenicus* 37, *Eudorylaimus* 15, *Metaporcelaimus* 14. Б – 29: *Eucephalobus* 19	3.54	1.7
№5	18/13	864	В→Опр→Х→Б→Фпр	В – 82: *Eudorylaimus* 60, *Labronema* 9, *Aporcelaimus* 7. Опр – 8: *Helicotylenchus* 6.	3.9	1.8
№6	13/11	308	Б→Опр→Фпр	Б – 97: *Monhystera* 63, *Rhabdolaimus* 14, *Diplolaimella* 8	2.1	1.3
№7	5/5	567	В→Х→Фпр→Б	В – 94: *Laimydorus* 90	4.9	0.6

Примечание к таблице 4: MI – индекс зрелости Бонгерса, H` – индекс Шеннона, Б – бактериотрофы, М – микотрофы, В – всеядные, Х – хищные нематоды, Фпр – факультативные паразиты растений, Опр – облигатные паразиты растений.

На участках целинного биотопа (№ 1) и биотопа лесополосы (№ 2) численность нематод была 795 экз./100 см^3 (22 вида из 17 родов) и 849 экз./100 см^3 (16 видов из 14 родов) соответственно (табл. 2 и 4). Участки находятся близко друг от друга, не подвергаются выпасу, имеют ненарушенный растительный покров и почвы: каштановую солонцеватую и каштановую карбонатную слабозасоленную. В эколого-трофическом составе в целинном биотопе доминируют облигатные фитопаразиты 57%, из родов *Tylenchorhynchus* – 37%, *Longidorus* – 12%, *Geocenamus* – 7%, субдоминантами являются бактериотрофы – 23%, представленные в основном родом *Acrobeles* – 14%. В биотопе лесной полосы облигатные паразиты растений занимают 67% и представлены родом *Helicotelenchus* – 65%, субдоминирующими являются группы хищных нематод – 11% (*Discolaimus* – 10%) и всеядных нематод – 9% (*Eudorylaimus*; табл. 4, рис. 2).

На каштановой солонцеватой почве биотопа с сильной степенью пастбищной нагрузки (участок № 4) численность почвенных нематод достигала 967 экз./100 см^3, при этом группа всеядных составляла 68% и была представлена родами *Ecumenicus* – 37%, *Eudorylaimus* – 15%, *Metaporcelaimus* – 14%. Следующей субдоминирующей группой являются бактериотрофы, составляющие 29%, в которых род *Eucephalobus* составляет 19%. Группы микотрофов и облигатных паразитов растений составляют 2% от нематодофауны (табл. 2, 4; рис. 2).

В луговом биотопе (участок № 5), сформированном на лугово-каштановой почве, численность нематод была 864 экз./100 см^3. Выявлено, что группа всеядных является доминирующей и составляет

82%, из них *Eudorylaimus* – 60%, *Labronema* – 9% и *Aporcelaimus* – 7%. Группа облигатных паразитов, питающихся исключительно за счет растений, составляет лишь 8%, из которых 6% это род *Helicotylenchus*, а 2% – род *Tylenchorhynchus*. Невысокая численность этой группы нематод обусловлена увлажненностью, повышенным содержанием гумуса и легкосуглинистым гранулометрическим составом лугово-каштановой почвы, что способствует активному росту луговых трав и большому количеству свежей фитомассы, что способствует активному росту луговых трав и большому количеству свежей фитомассы, поступающей в почву, что приводит к увеличению количества нематод-фитофагов в отличие от участков № 3-4.

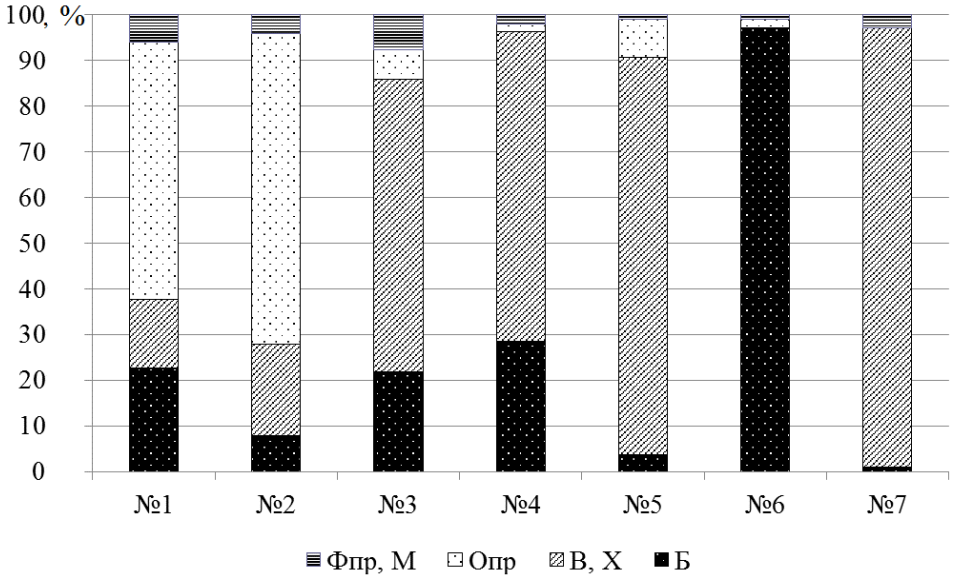

Рис. 2. Соотношение эколого-трофических групп почвенных нематод ключевых участков. *Условные обозначения:* Б – бактериофаги, М – микотрофы, В – всеядные, Х – хищные нематоды, Фпр – факультативные паразиты растений, Опр – облигатные паразиты растений.

На всех вышеописанных участках фауну нематод можно оценить, как достаточно разнообразную, значения индекса таксономического разнообразия Шеннона были 1.53-2.35, и зрелую MI – 2.83-3.9.

Для засоленных биотопов (участки № 6, 7) установлено, что в солончаке гидроморфном соровом численность нематод невысокая – 308 экз./100 см^3, доминирующей группой являются нематоды бактериотрофы – 97%, из которых нематоды рода *Monhystera* составляют 63%, *Rhabdolaimus* – 14%, *Diplolaimella* – 8%, нематоды остальных групп не превышают 4% от всех найденных нематод (табл. 2, 4). Индекс разнообразия Шеннона – 1.3. Встречаемость бактериотрофов, имеющих низкие значения по шкале Бонгерса (1-2), которые способны переживать очень сильные условия стресса, устойчивы к неблагоприятным или быстро меняющимся условиям среды обитания, на данном участке была высокая – 77.6%, о чем говорит низкий показатель индекса зрелости сообществ – 2.1. Полученные результаты обусловлены состоянием ключевого участка, на котором полностью отсутствовала растительность, на поверхности почвы была солевая корка от сильного засоления (сухой остаток 2.36%), почвенный раствор имел щелочную среду (pH=8.5-8.7), среднесуглинистый и глинистый гранулометрический состав (табл. 1-4, рис. 2).

Ключевой участок с солончаком гидроморфным типичным по почвенным показателям очень близок с соровым солончаком, однако на нем формируются галофильные сообщества с преобладанием солероса европейского. Выявлено, что общая численность почвенных нематод там была 567 экз./100 см^3, доминирующая группа – всеядные нематоды из рода *Laimydorus*, которые составляют 90%. Данный род нематод питается водорослями и способен переживать сильное засоление, несмотря на свои большие размеры. Нематоды остальных групп по численности в фауне занимали от 1 до 3% (табл. 4, рис. 2).

Заключение

В результате исследований установлено эколого-фаунистическое сходство сообществ почвенных нематод для сухостепных почв, близких по генетическому положению и протекающим в них почвообразовательным процессам (каштановые солонцеватые, лугово-каштановые, солонцы каштановые). На 7 ключевых участках с различными биотопами было выявлено 78 видов нематод из 41 рода, 24 семейств и 7 отрядов. По численности нематод и количеству видов наиболее высокие показатели имеет биотоп с типчаково-ковыльно-разнотравной растительностью на солонце каштановом, который по почвенным показателям близок к целинным каштановым солонцеватым почвам. Там обнаружено 26 видов из 16 родов. В эколого-трофическом составе доминирует группа всеядных нематод, в которой преобладают нематоды из родов *Eudorylaimus* и *Aporcelaimus*. Группа бактериотрофов является субдоминирующей и представлена родом *Cephalobus*.

На участках целинного биотопа и биотопа лесополосы выявлено 22 вида из 17 родов и 16 видов из 14 родов соответственно. В эколого-трофическом составе в целинном биотопе доминируют облигатные фитопаразиты из родов *Tylenchorhynchus*, *Longidorus* и *Geocenamus*, субдоминантами являются бактериотрофы рода *Acrobeles*. В биотопе лесной полосы доминирующей группой представлены облигатные паразиты растений рода *Helicotelenchus*, субдоминантными группами – хищные (*Discolaimus*) и всеядные (*Eudorylaimus*) нематоды.

В биотопах с пастбищной нагрузкой численность нематод не превышает 967 экз./100 см^3, при этом преобладает группа всеядных нематод, субдоминирующей группой являются бактериотрофы.

В целом фауну нематод сухостепных ландшафтов долины Маныча можно назвать достаточно разнообразной (индекс разнообразия Шеннона 1.53-2.35) и зрелую (индекс зрелости сообществ Бонгерса 2.83-4.9), что свидетельствует о слабой нарушенности и стабильности условий их обитания.

Для засоленных биотопов установлено, что в солончаке гидроморфном соровом численность нематод невысокая – 308 экз./100 см^3, доминирующей группой являются нематоды бактериотрофы, а индекс разнообразия Шеннона равен 1.3. Встречаемость бактериотрофов, имеющих низкие значения по шкале Бонгерса (1-2), была высокая – 77.6%, о чем говорит низкий показатель индекса зрелости сообществ – 2.1. Полученные результаты обусловлены отсутствием растительности и наличием сплошной солевой корки с поверхности. На участке с солончаком гидроморфным типичным формируются галофильные сообщества с преобладанием солероса европейского (*Salicornia europaea*). Выявлено, что общая численность почвенных нематод была 567 экз./100 см^3, доминирующая группа всеядные нематоды рода *Laimydorus* (90%), которые питаются водорослями и способны выдерживать сильное засоление. Индекс видового разнообразия Шеннона был минимальным – 0.46 (всего обнаружено 5 видов), однако в отличие от других участков индекс зрелости имел максимальное значение 4.9, что связано с преобладанием нематод рода *Laimydorus*, имеющих большие размеры и значение 5 по шкале Бонгерса.

Таким образом, исследование почвенных нематод различных биотопов с сухостепными почвами выявило ряд особенностей, которые проявляются в видовом разнообразии фауны, доминировании отдельных трофических групп и родов. При сравнении сообществ нематод целинных, слабонарушенных, пастбищных и засоленных биотопов наиболее показательными является индекс видового разнообразия Шеннона и индекс зрелости сообществ Бонгерса.

Комплексные научные исследования в сухостепных почвах будут продолжены с целью получения данных по сезонной динамике почвенных нематод, характеристике растительных сообществ и почвенным показателям различных биотопов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абатуров Б.Д., Кулакова Н.Ю. 2010. Роль выпаса животных и степных палов в круговороте азота и зольных элементов в степных пастбищных экосистемах // Аридные экосистемы. Т. 16. № 2 (42). С. 54-64.

Агрохимические методы исследования почв. 1975. М.: Наука. 655 с.

Александрова Л.Н., Найденова О.А. 1986. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Агропромиздат. 295 с.

Аринушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ. 487 с.

Ильина Л.П., Невидомская Д.Г. 2007. Солевой режим каштаново-солонцовых почвенных комплексов Долины Маныча // Вестник Южного научного центра. Т. 3. № 4. С. 47-52.

Ильина Л.П., Невидомская Д.Г., Польшина Т.Н. 2010. Состав и свойства сухостепных каштаново-солонцовых комплексов бассейна озера Маныч-Гудило // Сборник научных статей ЮНЦ РАН «Современное состояние

и технологии мониторинга аридных и семиаридных экосистем юга России». Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. С. 129-138.

Калиниченко В.П. 2003. Природные и антропогенные факторы происхождения и эволюции структуры почвенного покрова. М.: Изд-во МСХА. 376 с.

Кауричев И.С. 1980. Практикум по почвоведению. М.: Колос. 280 с.

Козловская Л.С. 1976. Роль беспозвоночных в трансформации органического вещества болотных почв. Л.: Наука. 211 с.

Лебедева Н.В., Ильина Л.П., Пономарёв А.В., Савицкий Р.М. 2011. Влияние пастбищной нагрузки на трансформацию сухостепных экосистем в долине Маныча // Аридные экосистемы. Т. 17. № 4 (49). С. 251-259.

Лебедева Н.В., Пономарёв А.В., Савицкий Р.М., Арзанов Ю.Г., Ильина Л.П. 2010. Наземная фауна как показатель пастбищной нагрузки // Вестник Южного научного центра. Т. 6. № 4. С. 84-95.

Матвеева Е.М., Сущук А.А., Калинкина Д.С. 2015. Сообщества почвенных нематод агроценозов с монокультурами (на примере Республики Карелия) // Труды Карельского научного центра РАН. № 2. С. 16-32.

Метлицкий О.З. 1985. Экологические и технологические основы обнаружения нематод // Принципы и методы экологической фитонематологии. Петрозаводск: Карелия. С. 18-35.

Метлицкий О.З., Матвеева М.А. 1975. Методические указания по выявлению и учету численности нематод на ягодных культурах. М.: Колос. 24 с.

Минкин М.Б., Калиниченко В.П., Садименко П.А. 1986. Регулирование гидрологического режима комплексных солонцовых почв. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ. 232 с.

Орлов Д.С., Гришина Л.А. 1981. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ. 271 с.

Панов В.Д., Лурье П.М., Ларионов Ю.А. 2006. Климат Ростовской области вчера, сегодня, завтра. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом. 488 с.

Парамонов А.А. 1962. Основы фитогельминтологии. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР. 479 с.

Природные условия и естественные ресурсы Ростовской области. 2002. Ростов-на-Дону. 432 с.

Соловьева Г.И. 1986. Экология почвенных нематод. М.: Наука. 247 с.

Соловьева Г.И., Груздева Л.И., Козловская Л.С. 1989. Влияние минеральных удобрений на сообщества почвенных нематод. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. 136 с.

Шматко В.Ю. 2012. Сравнение фаунистического комплекса нематод на побережье пресного и соленого водоемов // Экологическая безопасность приморских регионов (порты, берегозащита, рекреация, марикультура): материалы Международной научной конференции, посвященной 150-летию Н.М. Книповича. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. С. 281-283.

О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2009 году. 2010 // Экологический вестник Дона / Ред. С.Г. Курдюмов, Г.И. Скрипка, М.В. Паращенко. Ростов-на-Дону: Изд-во «Альтаир». 371 с.

Bongers T. 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition // Oecologia. Vol. 83. P. 14-19.

Hall G.S. 1996. Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediments. CAB International: Wallinford. 320 p.

Overgaard-Nielsen C. 1949. Studies on the soil microfauna. 2. The soil inhabiting nematodes // Fauna Jutlandica. Vol. 2. 131 p.

Wasilewska L. 1971. Trophic classification of soil and plant nematodes // Wiadomosci ekologiczne. Vol. 17. P. 379-388.

Wasilewska L., Bienkowski P. 1985. Experimental study on the occurrence and activity of soil nematodes in decomposition of plant material // Pedobiologia. Vol. 28. № 1. P. 41-57.

Woods L.E., Cole C.V., Elliott E.T., Anderson R.V., Coleman D.C. 1982. Nitrogen transformations in soil as affected by bacterial-microfaunal interactions // Soil Biology and Biochemistry. Vol. 14. P. 93-98.

Yeates G.W. 1971. Feeding types and feeding groups in plant and soil nematodes // Pedobiologia. Vol. 11. № 2. P. 173-179.

Yeates G.W., Bongers T., De Goede R.G.M., Freckman D.W., Georgieva S.S. 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera – An outline for soil ecologists // Journal of Nematology. Vol. 25. P. 315-331.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 3 (72), с. 88-94

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 581.93

РАЗНООБРАЗИЕ И ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СОРНЫХ ТРАВ В ОЛИВКОВЫХ САДАХ ОКРУГА ТАБУК САУДОВСКОЙ АРАВИИ

© 2017 г. Н.А. Ал Харби

Университет Табука, Теймское отделение, Научный колледж, кафедра биологии Саудовская Аравия, Табук, а/я 741. E-mail: nalharbi@ut.edu.sa

Поступила в редакцию 03.01.2017

Внедрение сорных трав в сельскохозяйственный ландшафт – это большая проблема, которая угрожает культурным растениям, так как сорняки конкурируют с ними за ресурсы. Данные о таксономическом разнообразии сорняков в оливковых садах Саудовской Аравии до сих пор неполны. Цель представленной работы – дополнить их исследованиями четырех регионов: Джурайда, Теймы, Кулайба и Табука, расположенных в округе Табук, в северной части Саудовской Аравии. Крайне необходимо дальнейшее изучение биологических и экологических аспектов сорных трав в садах Саудовской Аравии, что способствует развитию эффективных стратегий по контролю над сорными сообществами и увеличению урожая культурных растений.

Ключевые слова: оливковые сады, сорные травы, Табук, Саудовская Аравия, разнообразие.

Хорошо известно, что сорные травы нежелательны, так как наносят ущерб сельскому хозяйству (Gomma, 2012). Их считают основными вредителями за то негативное влияние, которое они оказывают на растениеводство и экономические аспекты урожая (Chaudhary, Akram, 1987; Gomma, 2012). Сорные растения – широко распространенные виды растений, являются биологически важными составляющими различных экосистем (например, земледельческих, пастбищных, лесных, водных). Как правило, сорняки оказываются нежелательными и отличаются от прочих растений своим досаждающим присутствием и более мощными биологическими и экологическими показателями, которые делают их успешными конкурентами в сельскохозяйственных экосистемах. Очевидно, что присутствие сорных трав в таких системах значительно понижает количество урожая, так как они агрессивно соперничают с культурными растениями за питательные вещества, пространство, воду и свет (Wang et al., 2007). Также известно, что некоторые сорняки оказывают аллеопатический эффект – биологический феномен, при котором организм производит один или более биохимикатов, враждебных всхожести, росту, выживанию и размножению других растений в экосистеме (Jabeen, Ahmed, 2009). И, как следует из множества работ, уменьшение урожая и экономические потери в сельском хозяйстве связаны с заражением сорняками (Khedr, Hegazy, 1998; Fayed et al., 1999).

Структура сорных сообществ формируется под влиянием возделывания земель, их удобрения и других экзогенных и биологических факторов (Derksen et al., 1994; Andersson, Milberg, 1998; Thomas, Frick, 1993), а также с учетом типа урожая (Andersson, Milberg, 1998; Andreasen, Skovgaard, 2009), времени года (El-Demerdash et al., 1997) и характеристик почвы (Fried et al., 2008).

Есть несколько исследований, касающихся флористического разнообразия сорняков в Саудовской Аравии. Большая часть сорных видов растений была определена S.A. Chaudhary и M. Akram (1987), чей список считается исчерпывающей базой данных о сорняках Королевства. Другие исследования, не столь масштабны. Например, таксономический состав сорняков в садах финиковых пальм оазиса Эль-Хаса на востоке Саудовской Аравии, задокументирован E. El-Halawany и K. Shaltout (1992), а сообщества в том же месте описаны K.H. Shaltout и E. El-Halawany (1992). Список видов в регионе Эль-Хардж, что в центре Саудовской Аравии, составлен M.N. Al-Yemeny (1999), а также H. Sher и M.N. Al-Yemeni (2011). В регионе Эль-Касим разнообразие и состав сорняков в их связи с почвенными характеристиками исследовал M. Gazer (2011).

Олива (*Olea europaea*) – небольшое дерево семейства Маслиновых – распространено в Средиземноморье от Португалии до Леванта, на Аравийском полуострове, в Южной Азии и на

Дальнем Востоке (Terral et al., 2004). Съедобные плоды богаты питательными веществами и имеют высокую экономическую значимость. Олива также является источником оливкового масла, древесины и листьев. Примерно 90% собранного урожая превращают в масло, а 10% – в столовые оливки (Patumi et al., 2002).

В Саудовской Аравии оливы выращивают в северной части Королевства, главным образом в регионе Табук и Эль-Джауф, где получают большой урожай и продукцию. Присутствие в садах сорняков мешает росту деревьев и их плодоношению, поскольку сорные травы конкурируют с деревьями за воду, питательные вещества, свет и корневое пространство. Зарастание садов сорняками считается особенно проблематичным в первые 4-5 лет жизни дерева. Если присутствие трав не контролировать как следует, это может привести к критическим последствиям, поскольку сорняки могут повысить активность других вредителей, таких как насекомые и нематоды, а летом, при высыхании, создать риск возгорания.

Несмотря на это, информация о флористическом разнообразии сорных сообществ в Саудовской Аравии по-прежнему неполная (Sher, Al-Yemeni, 2011). Кроме работы N.H. Gomma (2012), посвященной сообществам Эль-Джауфа, ранее не предпринималось никаких попыток исследовать их разнообразие в оливковых садах. Недостаток таких данных является помехой дальнейшему эффективному контролю над сорными травами в этом регионе. Цель представленной работы – изучить разнообразие сорных трав в оливковых садах на севере Саудовской Аравии, в регионах Джурайда, Теймы, Кулайба и Табук. Вдобавок эту работу можно полагать первой попыткой подготовить перечень сорных трав в оливковых садах Табука.

Материалы и методы

Округ Табук расположен на северо-западе Саудовской Аравии и занимает площадь в 117 тысяч км^2. В этой области, важной для сельского хозяйства, разводят множество культурных растений, таких как олива и финиковая пальма, а также выращивают овощи и фрукты. Климат здесь засушливый, с жарким летом и холодными сухими зимами. Выбранные для исследования регионы являются гомогенными по физико-географическим показателям. Ежегодные осадки в Табуке выпадают в количестве менее 200 мм, а почвы, обычно глинистые с примесями крупнозернистого песка, сильно засолены из-за ненадлежащих методов орошения. Почвы, задействованные в исследованиях, богаты органическими веществами и минералами.

Сорные сообщества изучали в оливковых садах четырех регионов: Джурайда, Теймы, Кулайба и Табук, – которые расположены в округе Табук. В каждом из мест сорняки исследовали на площадках в 10x10 м в четырех садах за весенний период 2016 года. Для каждого сада было сделано по четыре площадки. Виды отмечали, как присутствующие и отсутствующие. Перечень и определение трав провели, используя таксономические ключи S.A. Chaudhary (2001) и S. Collenette (1999).

Степень альфа- ($\alpha_{мин}$, $\alpha_{макс}$, $\alpha_{средн}$), бета- и гамма-разнообразия подсчитана в программе Species Diversity и Richness IV (Seaby, Henderson, 2006), как и общая степень разнообразия Шеннона-Винера (H’) и Симпсона (1-D). Односторонний дисперсионный анализ, нужный для определения разницы между средними степенями разнообразия всех четырех регионов, провели с использованием программы SPSS (версия 13.5). Кластерный анализ на основе мер расстояния Симпсона провели при помощи программы PAST (Hammer et al., 2001).

Результаты

Всего в оливковых садах региона Табук было зафиксировано 47 видов растений, относящихся к 21 семейству (табл. 1).

Среди представленных видов растений однолетних насчитывается 33, а многолетних – 14. Доминируют в сорных сообществах следующие виды: *Pulicaria undulata*, *Amisosciadium lanatum*, *Cynodon dactylon*, *Emex spinosa* и *Euphorbia granulate*, найденные практически в каждом саду, что говорит об их высокой приспособляемости и устойчивости к стандартным способам контроля над сорняками. Три семейства: Zygophyllaceae, Asteraceae и Boraginaceae – составляют почти 40% от общего числа видов, найденных в исследованных регионах (табл. 1).

Наибольшее количество сорняков зафиксировано в Джурайде и Кулайбе в количестве 30 и 24 видов соответственно; наименьшее – в Тейме. Степени разнообразия представлены в таблице 2.

Таблица 1. Список видов сорных растений в оливковых садах региона Табук.

№	Вид растения	Жизненная форма
	Однодольные	
	Сем. Poaceae	
1.	*Cynodon dactylon* L.	многолетник
2.	*Pennisetum divisum* Henrard	однолетник
3.	*Stipa obtusa* Hitchcock	однолетник
	Двудольные	
	Сем. Aizoaceae	
4.	*Aizoon canariense* L.	однолетник
	Сем. Apiaceae	
5.	*Amisosciadium lanatum* Boiss.	однолетник
	Сем. Asteraceae	
6.	*Atractylis carduus* C.Chr.	однолетник
7.	*Ifloga spicata* L.	однолетник
8.	*Launea capitata* Dandy	однолетник
9.	*Launea undicaulis* (L.) Hook.	однолетник
10.	*Pulicaria undulata* L.	однолетник
11.	*Tanacetum santolinoides* (DC.) Feinbrun & Fertig	однолетник
	Сем. Boraginaceae	
12.	*Alkanna orientalis* (L.) Boiss.	однолетник
13.	*Arnebia hispidissima* DC.	однолетник
14.	*Heliotropium crispum* Desf.	многолетник
15.	*Moltkiopsis ciliata* I.M.Johnston	однолетник
	Сем. Brassicaceae	
16.	*Zilla spinosa* subsp. *spinosa* (L.) Prantl	многолетник
17.	*Diplotaxis harra* Forsk.	однолетник
	Сем. Chenopodiaceae	
18.	*Bassia eriophora* Asch.	однолетник
19.	*Chenopodium album* L.	однолетник
20.	*Haloxylon salicornicum* (Moq.) Bunge ex Bioss.	многолетник
21.	*Salsola baryosma* Dandy	многолетник
	Сем. Convolvulaceae	
22.	*Convolulus arvensis* L.	многолетник
	Сем. Cucurbitaceae	
23.	*Citrullus colocynthis* (L.) Schrad.	многолетник
	Сем. Euphorbiaceae	
24.	*Euphorbia granulata* Forsk.	однолетник
	Сем. Fabaceae	
25.	*Astragalus tribuloides* Delile	однолетник
26.	*Medicago laciniata* (L.) Miller	однолетник
27.	*Trigonella anguina* Delile	однолетник
	Сем. Gerraniaceae	
28.	*Monsonia nivea* (Decne.) Decne. ex Webb.	однолетник
	Сем. Malvaceae	
29.	*Malva neglecta* Wallr.	однолетник
	Сем. Neuradaceae	
30.	*Neurada procumbens* L.	однолетник
	Сем. Nitrariaceae	
31.	*Nitraria retusa* (Forssk.) Asch.	однолетник
	Сем. Plantaginaceae	
32.	*Kickxia hara* (Linné) Fritsch.	однолетник
33.	*Plantago ciliata* Desf.	однолетник
	Сем. Polygonaceae	
34.	*Emex spinose* (L.) Campd.	однолетник
35.	*Rumex cyprius* Murb.	однолетник
	Сем. Resedaceae	
36.	*Caylusea hexagyna* (Forssk.) Green	однолетник
37.	*Oligomeris linifolia* Vahl.	однолетник
38.	*Reseda muricata* C. Presl	многолетник
	Сем. Urticaceae	
39.	*Forsskaolea tenacissima* L.	многолетник
	Сем. Zygophyllaceae	
40.	*Fagonia arabica* L. *var. Arabica*	многолетник
41.	*Fagonia bruguieri* DC.	многолетник
42.	*Fagonia glutinosa* Delile	многолетник
43.	*Fagonia tristis* Sickenb.	многолетник
44.	*Seetzenia lantana* (Wild) Bullock	многолетник
45.	*Tribulus terrestris* L.	однолетник
46.	*Zygophyllum simplex* L.	однолетник

Самые высокие значения индекса Шеннона-Винера (H') и Симпсона (1-D) оказались в регионах Джурайда и Кулайба. Также было посчитано локальное разнообразие видов, именуемое бета-разнообразием (β). Сады Кулайба и Теймы отличаются большим разнообразием, что видно по высокому значению показателя β-разнообразия – 3.23 и 3.23 соответственно.

Видовое разнообразие сорных сообществ представлено индексами видового богатства, индексами Шеннона-Винера и Симпсона (рис. 1). Все три не выявили существенных различий между

садами (односторонний дисперсионный анализ видового богатства, F=1.78, P=0.20; индекс Шеннона-Винера, F=1.57, P=0.26; индекс Симпсона, F=1.35, P=0.30).

Кластерный анализ на основе степени сходства Симпсона применяли для исследования связи таксономического состава изученных садов (рис. 2). Как видно на дендограмме, в единственном саду в Тейме оказался особый видовой состав, выделенный в отдельную ветвь. Оливковые сады в регионе Кулайба сильно связаны по таксономическому составу с садами регионов Джурайда и Табук.

Таблица 2. Степени разнообразия (средние ± стандартное отклонение) сорных видов растений в оливковых садах Табука Саудовской Аравии.

Тип разнообразия	Джурайда	Тейма	Кулайба	Табук
Альфа-минимум ($\alpha_{мин}$)	8	3	3	5
Альфа-максимум ($\alpha_{макс}$)	12	10	10	9
Средняя альфа ($\alpha_{средн}$)	10.00±1.83	6.50±2.89	7.75±2.06	7.50±1.92
Бета ($\beta = \gamma/\alpha_{средн}$)	3.20	3.23	3.23	3.2
Гамма (γ)	30	21	25	24
Шеннон-Винер (H')	2.29±0.9	1.78±0.51	2.02±0.27	1.98±0.28
Симпсон (1-D)	0.89±0.02	0.81±0.16	0.86±0.04	0.85±0.04

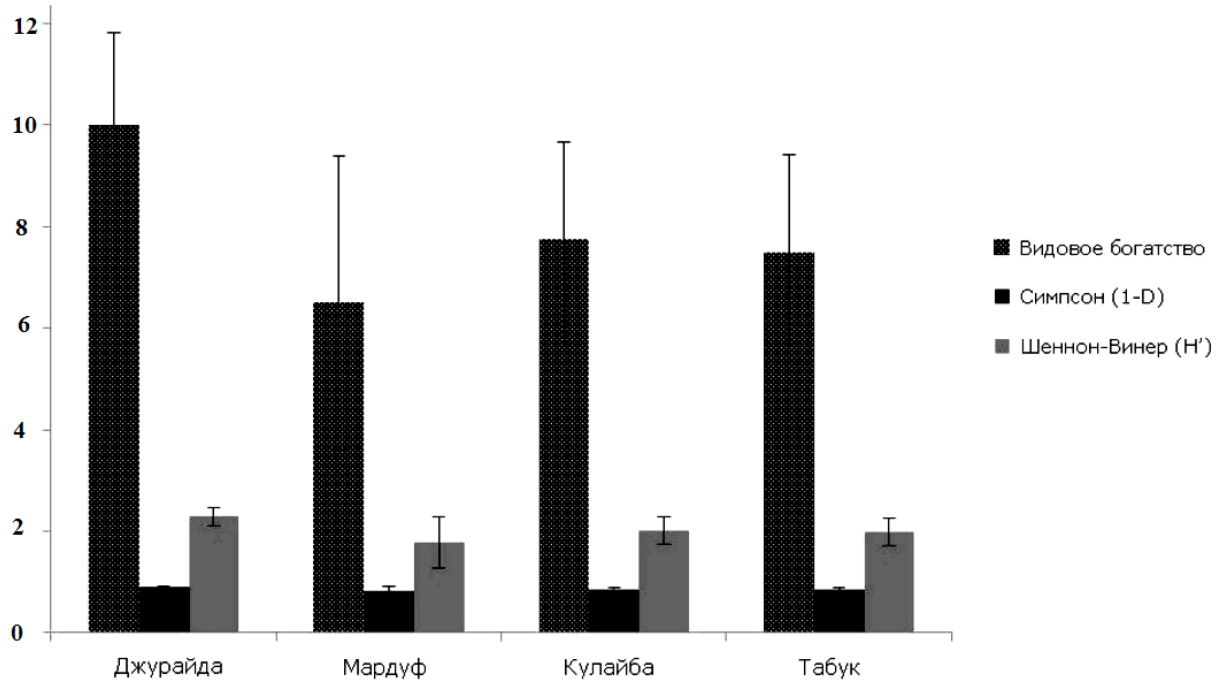

Рис. 1. Видовое разнообразия сорных видов в оливковых садах Табука Саудовской Аравии.

Обсуждение

В оливковых садах четырех регионов (Джурайда, Тейма, Кулайба, Табук) округа Табук Саудовской Аравии произрастает 47 видов сорных растений. Сорные сообщества принадлежат к 26 семействам. Семейство Zygophyllaceae оказалось самым разнообразным (7 видов), на втором месте семейство Asteraceae (6 видов). Количество видов, описанных в данном исследовании, было ниже в сравнении с описанными в пальмовых и оливковых садах региона Эль-Джауфа (71 вид) в северной части Саудовской Аравии (Gomma, 2012). В работе E. El-Halawany и K.H. Shaltout (1992), проведенной на пальмовых плантациях региона Эль-Хаса в восточной части Саудовской Аравии, в общей сложности было описано 118 видов. Однако у M. Gazer (2011) в пальмовых садах центральной

Аравии описано 55 видов растений.

Величины видового богатства и других мер разнообразия в четырех регионах, изученных в этой работе, отличаются слабо (дисперсионный анализ, P>0.05). В садах Джурайда обнаружено самое большое количество видов по сравнению с другими местами (γ=30). Изменчивость разнообразия сорных сообществ в основном устанавливается различием культурных видов и временем года (El-Demerdash et al., 1997; Andersson, Milberg, 1998). Более того, факторы вроде почвенных удобрений, контроля над ними, гербицидов и остальных подходов к сдерживанию сорных трав, эффективно воздействуют на структуру сообществ на сельскохозяйственных землях (Gomma, 2012). Помимо прочего известно, что разнообразие сорняков выше на лугах, чем на ежегодно распахиваемых полях (Licznar-Malanczuk, Sygutowska, 2016).

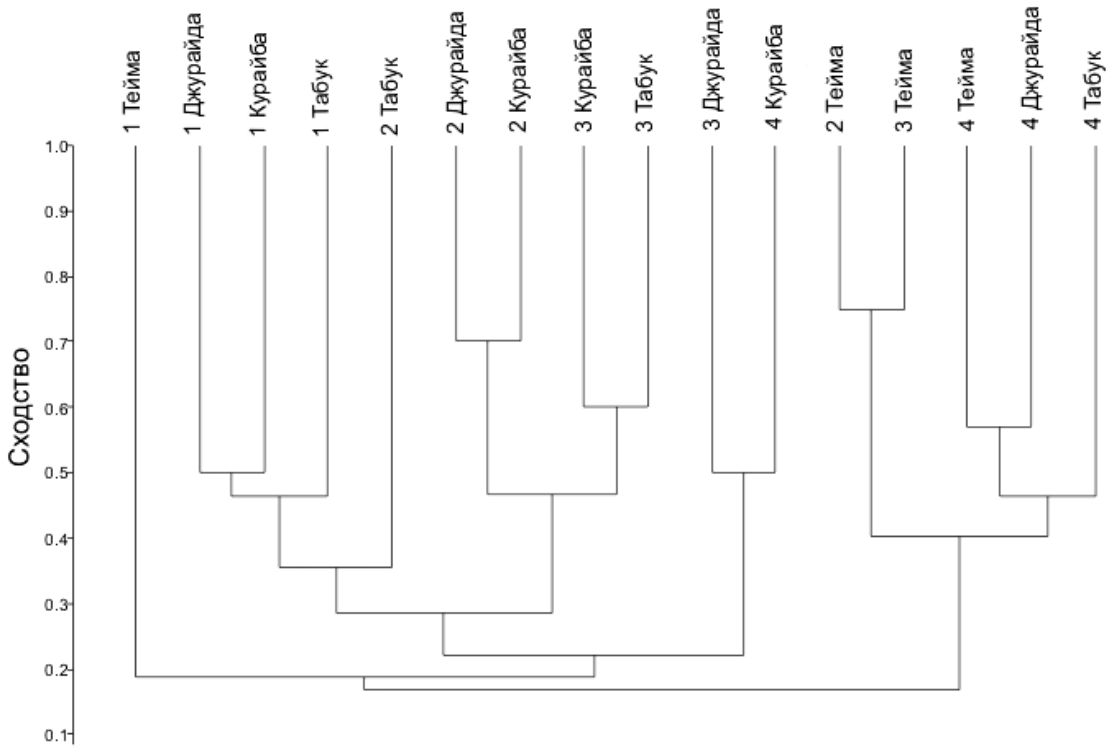

Рис. 2. Кластерный анализ на основе степени сходства меры Симпсона таксономического состава сорных сообществ в оливковых садах Табука Саудовской Аравии.

В настоящей работе установлено, что в сорных сообществах оливковых садов региона Табука доминируют *Pulicaria undulata*, *Amisosciadium lanatum*, *Cynodon dactylon*, *Emex spinosa* и *Euphorbia granulata*. По данным M.H. Al-Yemeny (1999), виды *Anisosciadium lanatum*, *Cynodon dactylon* и *Emex spinosa* являются самыми распространенными в разных сельскохозяйственных землях региона Эль-Харджа в центральной части Саудовской Аравии. E. El-Halawany и K.H. Shaltout (1992) обнаружили, что *Euphorbia* sp. – один из доминирующих сорных видов на возделываемых и заброшенных полях Эль-Хаса. Также установлено, что *C. dactylon* доминирует или со-доминирует в разных садах и на полях Саудовской Аравии, как и в соседних странах (Chaudhary et al., 1981; Gazer, 2011). Вместе с *Conyza bonariensis* этот вид (*C. dactylon*) известен своим агрессивным внедрением на поля, в сады и на фруктовые плантации Аравии (Chaudhary et al., 1981; Al-Yemeny, 1999). По данным N.H. Gomma (2012), сорные сообщества оливковых и пальмовых садов меняются соответственно временам года.

При помощи кластерного анализа на основе мер сходства Симпсона (рекомендованных для данных о присутствии/отсутствии) выяснили, что филогенетическая ветвь садов региона Теймы отличается от прочих регионов. Однако между структурой сорных сообществ садов региона Кулайба, Джурайда и Табука видна сильная связь. Отличие таксономического состава в Тейме, вероятно, связана с биотическими и абиотическими факторами, которые напрямую воздействуют на видовое богатство и состав (Fried et al., 2008; Andreasen, Skovgaard, 2009; Gomma, 2012). Как уже было

сказано ранее, методы обработки полей и использование удобрений могут быть причиной разнообразия сорных сообществ и их структур (Sher, Al-Yemeni, 2011). Некоторые исследователи предложили идею о том, что органические примеси и текстура почв могут значительно влиять на структуру сообществ с помощью способности почвы к впитываю влаги и достижения разной степени увлажненности (Sperry, Hacke, 2002; Zhang et al., 2010).

Заключение

Изучено разнообразие и таксономический состав сорных трав в оливковых садах Табука, где в общей сложности было описано 47 видов растений. Из всех рассмотренных регионов максимальным разнообразием отличаются сады региона Джурайда (γ=30). В то же время установлено, что разнообразие сорняков в четырех регионах округа Табука меняется незначительно, что может быть результатом разных сельскохозяйственных методов, видов гербицидов, применением удобрений и способами контроля произрастания сорняков. А видовое разнообразие садов всех районов округа Табук оказалось самым низким по сравнению с другими регионами Саудовской Аравии.

Понимание разнообразия сорных трав оливковых садов – это существенный шаг к разработке эффективных стратегий контроля над сорняками. Необходимы и последующие исследования, затрагивающие экологические аспекты сорняков в оливковых садах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Al-Yemeni M.N. 1999. A check list of weeds in Al-kharj area of Saudi Arabia // Saudi Journal of Biological Sciences. № 2. P. 7-13.

Andersson T.N., Milberg P. 1998. Weed flora and the relative importance of site, crop, crop rotation, and nitrogen // Weed Science. P. 30-38.

Andreasen C., Skovgaard I.M. 2009. Crop and soil factors of importance for the distribution of plant species on arable fields in Denmark // Agriculture, Ecosystems and Environment. № 133. P. 61-67.

Chaudhary S.A. 2001. Flora of the Kingdom of Saudi Arabia. Riyadh: Ministry of Agriculture and Water. P. 368

Chaudhary S.A., Akram, M. 1987. Weeds of Saudi Arabia and the Arabian Peninsula // Regional Agriculture and Water Research Center, Ministry of Agriculture and Water, Riyadh, Saudi Arabia. 275 p.

Chaudhary S.A., Parker C., Kasasian L. 1981. Weeds of central, southern and eastern Arabian Peninsula // International Journal of Pest Management. № 27. P. 181-190.

Collentette S. 1999. Wild Flowers of Saudi Arabia // National Commission for Wildlife Conservation and Development. Riyadh. 799 p.

Derksen D.A., Thomas A.G., Lafond G.P., Loeppky H.A., Swanton C.J. 1994. Impact of agronomic practices on weed communities: fallow within tillage systems // Weed Science. P. 184-194.

El-Demerdash M., Hosni H., Al-Ashri N. 1997. Distribution of the weed communities in the North East Nile Delta, Egypt // Feddes Repertorium. № 108. P. 219-232.

El-Halawany E., Shaltout K. 1992. Weed flora of date palm orchards in Eastern Saudi Arabia // Journal of King Saud University. № 5. P. 25-37.

Fayed M., El-Geddawi I., El-Zeni M. 1997. Influence of weed interference on growth, yield and quality of sugar beet // Egyptian Journal of Agricultural Research. Egypt. Vol. 78. № 1. P. 1239-1249.

Fried G., Norton L.R., Reboud X. 2008. Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France // Agriculture, Ecosystems & Environment. № 128. P. 68-76.

Gazer M. 2011. Vegetation composition and floristical diversity in date palm orchards of Central Saudi Arabia // Acta Botanica Hungarica. № 53. P. 111-126.

Gomaa N.H. 2012. Composition and diversity of weed communities in Al-Jouf province, northern Saudi Arabia // Saudi Journal of Biological Sciences. № 19. P. 369-376.

Hammer Ø., Harper D., Ryan P. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis // Palaeontolia Electronica. № 4. P. 1-9.

Jabeen N., Ahmed M. 2009. Possible allelopathic effects of three different weeds on germination and growth of maize (*Zea mays*) cultivars // Pakistan Journal of Botany. Vol. 41. P. 1677-1683.

Khedr A.H.A., Hegazy A.K. 1998. Ecology of the rampant weed Nymphaea lotus L. Willdenow in natural and ricefield habitats of the Nile delta // Hydrobiologia. Vol. 386. Egypt. P. 119-129.

Licznar-Małańczuk M., Sygutowska I. 2016. The weed composition in an orchard as a result of long-term foliar herbicide application // Acta Agrobotanica. Vol. 69. P. 1685-1695.

Patumi M., d'Andria R., Marsilio V., Fontanazza G., Morelli G., Lanza B. 2002. Olive and olive oil quality after intensive monocone olive growing (*Olea europaea* L., cv. Kalamata) in different irrigation regimes // Food Chemistry. Vol. 77. P. 27-34.

Seaby R., Henderson P. 2006. Species diversity and richness version 4. Limington, England: Pisces Conservation Ltd. Vol. 123. 123 p.

Shaltout K.H., El Halawany E. 1992. Weed communities of date palm in Eastern Arabia // Qatar University Science Journal. № 12. P. 105-11.

Sher H., Al-Yemeny M.N. 2011. Ecological investigation of the weed flora in arable and non arable lands of Al-kharj Area, Saudi Arabia // African Journal of Agricultural Research. № 6. P. 901-906.

Sperry J.S., Hacke U. 2002. Desert shrub water relations with respect to soil characteristics and plant functional type // Functional Ecology. Vol. 16. P. 367-378.

Terral J.F., Alonso N., Chatti N., Fabre L., Fiorentino G., Marinval P., Jordá G.P., Pradat B., Rovira N., Alibert P. 2004. Historical biogeography of olive domestication (*Olea europaea* L.) as revealed by geometrical morphometry applied to biological and archaeological material // Journal of Biogeography. № 31. P. 63-77.

Thomas A.G., Frick B.L. 1993. Influence of tillage systems on weed abundance in southwestern Ontario // Weed Technology. № 7. P. 699-705.

Wang S., Duan L., Li J., Tian X., Li Z. 2007. UV-B radiation increases paraquat tolerance of two broad-leaved and two grass weeds in relation to changes in herbicide absorption and photosynthesis // Weed Research. № 47. P. 122-128.

Zhang K., Dang H., Tan S., Wang Z., Zhang Q. 2010. Vegetation community and soil characteristics of abandoned agricultural land and pine plantation in the Qinling Mountains, China // Forest Ecology and Management. Vol. 259. P. 2036-2047.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 3 (72), с. 95-103

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 627.8:551.435.3

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАЗРУШЕНИЯ БЕРЕГОВ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2017 г. Н.А. Шумова

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

Поступила в редакцию 06.09.2016

Показана и проанализирована динамика продвижения бровки коренного берега Цимлянского водохранилища за период от начала его эксплуатации до 2012 года. Выполнено сопоставление прогнозируемых и наблюдаемых продвижений бровки коренного берега по периодам 12,5, 25 и 50 лет существования водохранилища.

Ключевые слова: Цимлянское водохранилище, разрушение берегов, продвижение бровки коренного берега, натурные наблюдения, прогноз.

Летом 1952 года вступило в строй Цимлянское водохранилище, существенно изменившее ландшафт окружающей его территории. Благодаря подпору вода вышла далеко за пределы прежнего русла и долины Дона, что привело к значительным и быстрым изменениям в зоне вновь образовавшегося побережья. Цимлянское водохранилище имеет неправильную сильно вытянутую форму (рис. 1). Правый берег водохранилища в основном высокий и крутой с абсолютными отметками 50-60 м БС. Левый берег низкий, пологий, и только в южной части водохранилища – высокий, крутой, часто обрывистый, с абсолютными отметками 56-61 м БС.

При проектировании и эксплуатации водохранилищ большое значение имеет оценка процесса формирования берегов и скорость продвижения бровки коренного берега, которые зависят в основном от морфологии и геологического строения склона речной долины (исходные условия) и характера и масштабов гидрометеорологических явлений (колебание уровня воды в водохранилище и ветровое волнение; Кокоулин, Кокоулина, 1958).

Вопрос о том, как будут развиваться берега Цимлянского водохранилища, исследовался еще на стадии проектирования и строительства, что позволило сделать предположения о типах будущих берегов (Кашин, 1952). Знание закономерностей формирования берегов водохранилища и выявление участков наибольшего размыва берегов имеет большое практическое значение. Главным образом это связано с выбором места расположения портовых сооружений и организации их защиты от размыва, укреплением берегов близ населенных пунктов, определением дальности переноса населенных пунктов из полосы подтопления на новые места. Наряду с решением практических задач особый интерес вызывала возможность исследовать начальную стадию формирования берегового профиля, что невозможно сделать на естественных озерных водоемах, а также получить материалы для научных обобщений по вопросам развития берегов водохранилищ.

С первых дней существования водохранилища началась интенсивная перестройка первично затопленного рельефа. В местах крутых склонов и больших глубин образовались берега абразионного типа, при первичных уклонах в 2-3° и меньше развитие получили берега аккумулятивного типа (Кашин, 1953).

В первый год функционирования Цимлянского водохранилища (1952 г.) проектная отметка нормального подпорного уровня (НПУ), равная 36.0 м БС, достигнута не была, и максимальный уровень водохранилища составил 30.5 м БС (Вендров, 1957). В этот год в южной части водохранилища, отличающейся большой площадью зеркала, большими глубинами и значительным волнением, отмечено интенсивное развитие абразионных, абразионно-оползневых и абразионно-обвальных процессов формирования берегов. Так, по наблюдениям за пять месяцев 1952 года (Кашин, 1953) в зависимости от литологического состава пород, слагающих берег, продвижение бровки коренного берега составило 4-6 метров при абразионном процессе, 8-10 метров при

абразионно-оползневом процессе и 40-50 метров от первоначального положения при абразионно-обвальном процессе. Согласно материалам Цимлянской гидрометеорологической обсерватории (Кокоулин, Кокоулина, 1958) в 1952 году продвижение бровки коренного берега на профилях в южной части водохранилища равнялось 28.67 м на правом берегу и 21.33 м – на левом. Большие скорости процесса разрушения берегов в первый год существования водохранилища, по мнению авторов, были обусловлены тем, что смывался делювиальный покров. Интенсивная переработка берегов в первый год заполнения отмечается не только на Цимлянском водохранилище, но и на расположенных в степной зоне Волгоградском и Каховском водохранилищах. Продвижение бровки коренного берега в первый год заполнения Волгоградского водохранилища составило 23.0 метра, Каховского – 20.2 метра (Назаров, 2006).

В последние годы одним из наиболее обсуждаемых вопросов является продолжающаяся активность переработки берегов водохранилищ (Назаров, 2011). На основе материалов натурных наблюдений за скоростью разрушения берегов делается вывод о том, что в ближайшие десятилетия процессы переработки берегов водохранилищ не снизят темпы своего развития. Время показало, что относительно быстрая и окончательная стабилизация абразионных, абразионно-оползневых и абразионно-обвальных берегов водохранилищ не происходит.

Целью настоящей работы является анализ динамики разрушения берегов Цимлянского водохранилища за период от начала его эксплуатации до 2012 года.

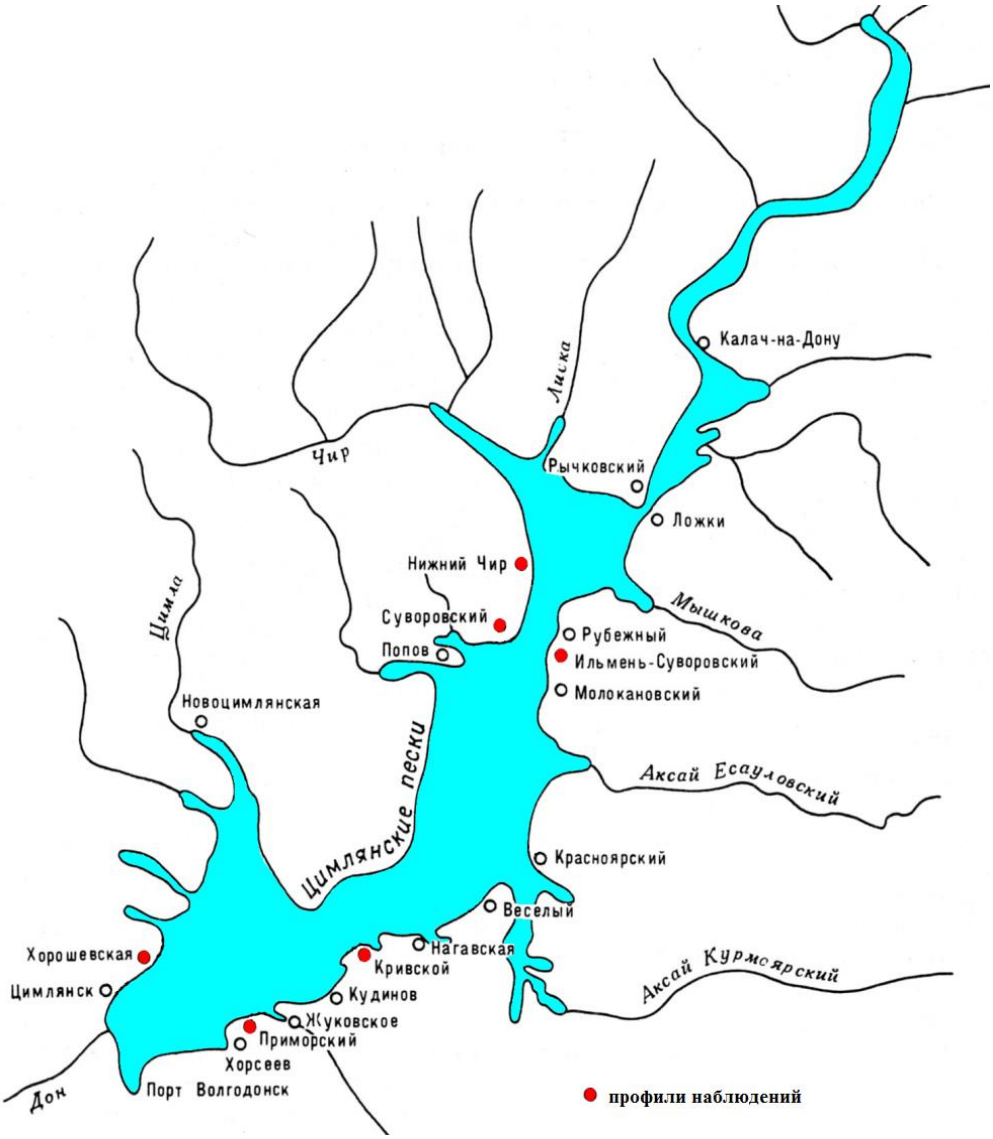

Рис. 1. Расположение профилей наблюдения за продвижением бровки коренного берега Цимлянского водохранилища (Цимлянское …, 1977).

Материалы и методы исследований

Систематические наблюдения за разрушением берегов Цимлянского водохранилища начали проводиться с первого года его эксплуатации по программе, разработанной в Цимлянской гидрометеорологической обсерватории (Кокоулин, Кокоулина, 1958). Стационарные профили наблюдений за продвижением бровки коренного берега были проложены на наиболее типичных берегах Цимлянского водохранилища (за исключением района «бугристых песков») и охватывали все многообразие условий их (берегов) формирования. На проложенных профилях была закреплена планово-высотная опорная основа (Цимлянское …, 1977). Разбивка и съемка профилей проводилась методом тахеометрической съемки с нивелировкой профилей до горизонта воды и промерами глубин. Каждый профиль закреплялся репером, расположенным вне зоны затопления; закрепленный репер принимался за начало профиля. Отметки реперам передавались или от государственной сети, а при отсутствии поблизости реперов государственной сети – по уровням воды в штилевую погоду.

Наблюдениями были охвачены практически все основные факторы, влияющие на процесс формирования берегов водохранилища. Это наблюдения за уровнями воды, волнением, ветром и ледовыми явлениями. Широкая постановка наблюдений за волнением позволила получить сравнительно полное представление о характере и размерах ветрового волнения на водохранилище, особенно в его приплотинной части.

В настоящей работе при исследовании динамики разрушения берегов Цимлянского водохранилища используются материалы натурных наблюдений за продвижением бровки коренного берега за период 1952-2012 годы на профилях у поселка Нижний Чир, хутора Суворовского, станицы Хорошевской на правом берегу, хуторов Ильмень-Суворовского, Кривского и Приморского – на левом (рис. 1). Наблюдения за продвижением бровки коренного берега Цимлянского водохранилища с 1952 по 1980 год проводились силами Цимлянской гидрометеорологической обсерватории (Технические отчеты по теме «Формирование берегов Цимлянского водохранилища»), с 1981 года по настоящее время наблюдения проводятся Управлением водных ресурсов Цимлянского водохранилища (Информационные бюллетени о состоянии водных объектов, дна, берегов водных объектов, их морфологических особенностей, водоохранных зон водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений по зоне деятельности ФГУ «УВРЦВ»). Ниже приведена краткая геолого-морфологическая характеристика профилей (Кокоулин, Кокоулина, 1958; Цимлянское …, 1977).

Берег на участке у поселка Нижний Чир высокий (5-10 м), довольно крутой, прорезан рядом глубоких балок и оврагов. Подмываемый береговой склон сложен бурыми суглинками с включением большого количества опоковидных камней, а также трещиноватыми алевролитами. Береговой склон с редкими осыпями и обвалами задернован растительностью. У основания обрыва отмечаются волноприбойные ниши. Для берегового склона у поселка Нижний Чир характерны оползневые и абразионно-обвальные процессы разрушения берега.

У хутора Суворовского берег довольно высокий, крутой, на отметках 27-28 м плавно переходящий к пойме. Подмываемый береговой склон сложен супесями, перекрываемыми суглинками. В границах хутора Суворовского развитие получили абразионные процессы разрушения берега. На участке у станицы Хорошевской берег высокий, крутой, приглубый. На отметках 28-41 м берег сложен харьковскими алевролитами, на которых слоем 1-2 м залегают харьковские средне– и крупнозернистые кварцевые пески, в свою очередь перекрытые полтавскими мелкозернистыми песками. Поверхность полтавских песков находится на отметках 59-63 м, в их толще встречаются глыбы облаковидных песчаников, попадается большое количество известковых стяжей, рогулек. Полтавские пески перекрываются либо покровными суглинками небольшой мощности, либо сарматскими известняками. Отмечаются старые задернованные растительностью и новые осыпи, обвалы, трещины, волноприбойные ниши. Формирование берега происходит, в основном, в результате развития оползневых процессов.

Берег у хутора Ильмень-Суворовского сложен лессовидными суглинками и супесью бурого цвета, покрытыми почвенно-растительной толщей мощностью 0.2 м. Высота берега колеблется от 1 до 3 м. Берег крутой, обрывистый, со старыми, задернованными растительностью, и новыми обрушениями. Обрушившейся грунт размывается. Многочисленные волноприбойные ниши, останцы у основания обрыва свидетельствуют о непрекращающихся абразионно–обвальных процессах. На

отдельных участках берег укреплен бутовым камнем.

Профиль у хутора Кривского расположен на крутом высоком берегу. Высота берега у хутора Кривского достигает 50 м, крутизна склонов долины до затопления составляла 20-25°. На участке наблюдений происходит интенсивное формирование берега. Для него характерно наличие оползней, вертикальных просадок и отвалов грунта, создающих осыпи вдоль подножья обрыва. Продвижение бровки коренного берега происходит в основном за счет абразионно-обвальных процессов.

Берег у хутора Приморского абразионный, приглубый, сложен лёссовидными суглинками. Характерной особенностью формирования берега у хутора Приморского является то, что при НПУ на отдельных участках первоначальная бровка склона долины Дона затапливается водой и пологий, почти горизонтальный склон местности, прилегающей к долине, служит как бы береговой отмелью, на которой гасятся волны, не вызывая его размыва. Размыв берега происходит только на склоне долины Дона. Этот размыв усиливается по мере сработки уровня воды в водохранилище. В 2008 году путем устройства призмы из горной массы берег у хутора Приморского был укреплен, и размыва берега в этом районе не наблюдается.

Результаты и обсуждение

Представление о динамике продвижения бровки коренного берега Цимлянского водохранилища дает рисунок 2, на котором приводятся ежегодные данные разрушений берегов за период 1954-2012 гг. К сожалению, ряды наблюдений за продвижением бровки коренного берега, представленные в настоящей работе, содержат пропуски. Но это не мешает получить общее количественное представление о скорости процесса переформирования берегов. Процессы разрушения берегов водохранилища от года к году протекают неравномерно – наблюдаются периоды активизации и затухания процессов разрушения, что характерно для всех профилей и в значительной степени определяется колебаниями уровня воды в водохранилище, а именно ежегодными максимумами наполнения, как это видно из рисунка. Заметные различия масштабов ежегодных разрушений берегов на исследуемых профилях находятся в прямой зависимости от морфологии и геологического строения берегового склона.

В 1954 году из-за маловодности продвижения бровки коренного берега не отмечалось. В период с 1955 по 1958 год, отличающийся многоводностью, максимальное наполнение водохранилища превышало НПУ, что обусловило начало активного процесса разрушения берегов и значительное ежегодное продвижение бровки коренного берега, в отдельных случаях превышающее 15 м (Приморский). Следующий период активности разрушения берегов, но уже более низкой по сравнению с предыдущим периодом, приходится на 1963-1964 гг., что также связано с наполнением водохранилища выше НПУ. 1979 год можно считать началом следующего периода активной переработки берегов, когда максимальный уровень воды в водохранилище составил 36.65 м БС, а в последующие два года был выше 35.7 м БС. Период с 1999 по 2008 год отличается стабильно высоким наполнением водохранилища, когда максимальные значения уровня воды не опускаются ниже среднего многолетнего максимального уровня, равного 35.03 м БС, что способствовало дальнейшему продвижению бровки коренного берега в этот период.

Коэффициенты корреляции между максимальным годовым уровнем воды водохранилища и продвижением бровки коренного берега на исследуемых профилях при выборке 36-45 лет (в зависимости от наличия материалов наблюдений) лежат в пределах от 0.51 до 0.32 (табл. 1), что свидетельствуют о том, что гидрологический режим водохранилища является ведущим фактором процесса разрушения берегов. По оценкам, представленным в работе (Шаврак и др., 2012), между максимальным уровнем наполнения водохранилища и продвижением бровки коренного берега, полученные за период 2000-2009 годы (годы стабильно высокого наполнения водохранилища), коэффициенты корреляции равны 0.55 для правого и 0.70 для левого берега Цимлянского водохранилища.

Величина годового максимума уровня воды Цимлянского водохранилища имеет определенную межгодовую изменчивость, причиной которой являются как климатические факторы, так и емкости чаши водохранилища (Кокоулин, Кокоулина, 1958). В 1953 году водохранилище впервые наполнилось до НПУ, но необоснованно большой расход воды в этот год в сочетании с маловодностью последующего года явились причиной того, что в 1954 году максимальный уровень воды был близок к уровню 1952 года и составил 30.79 м БС.

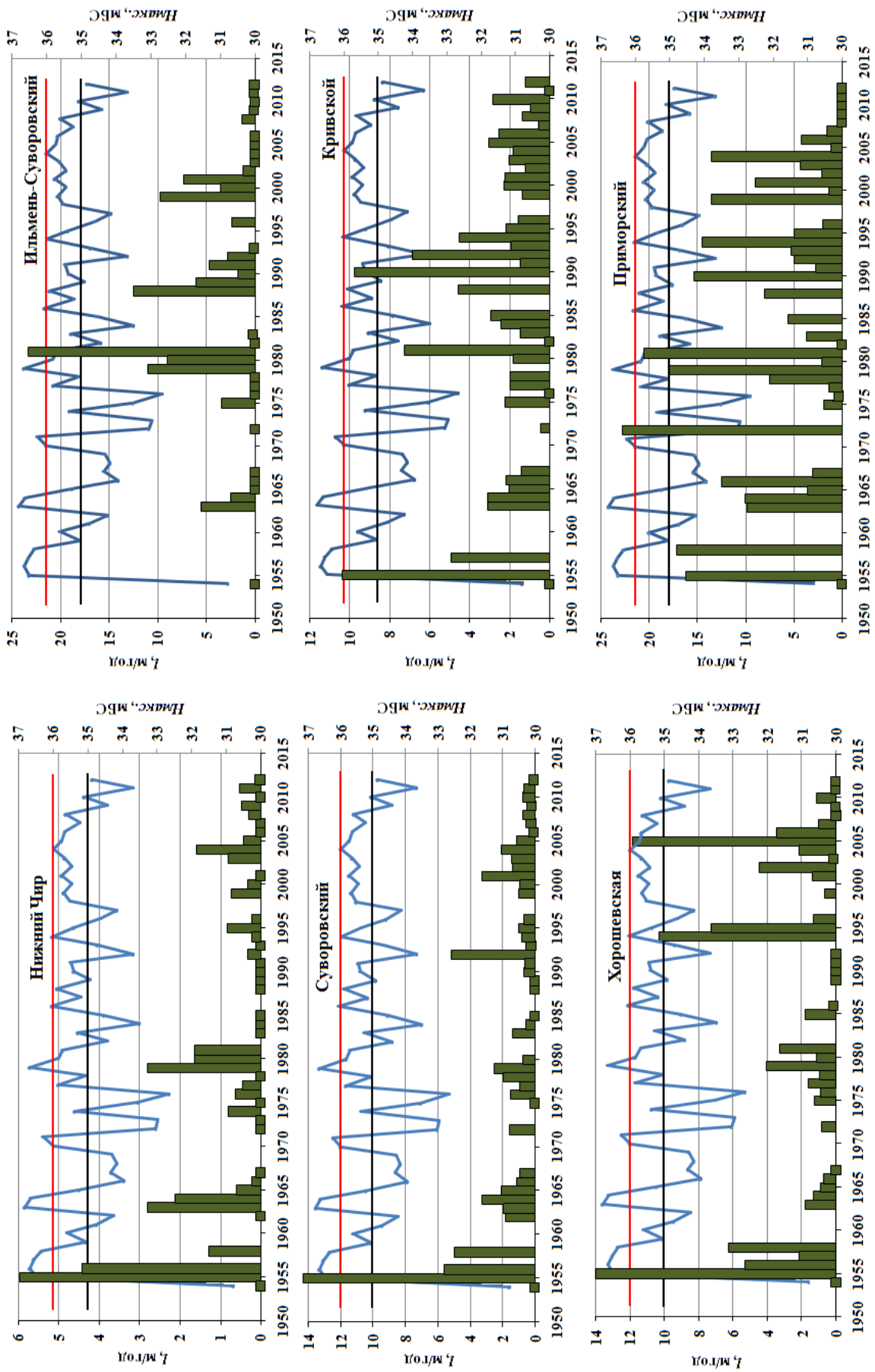

Рис. 2. Динамика разрушения берегов Цимлянского водохранилища. *Условные обозначения:* ■ – продвижение бровки коренного берега, *l*; ▌ – годовой максимум уровня воды, $H_{макс.}$; ▬ – средний многолетний годовой максимум уровня воды, $H_{ср.}$; ▬ – НПУ.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между максимальными уровнями воды Цимлянского водохранилища и продвижением бровки коренного берега.

Название профиля	Число лет	Коэффициент корреляции, r	Значимость
Правый берег			
п. Нижний Чир	45	0.51	0.001
х. Суворовский	43	0.32	0.05
ст. Хорошевская	40	0.39	0.05
Левый берег			
х. Ильмень-Суворовский	36	0.36	0.05
х. Кривской	41	0.36	0.05
х. Приморский	41	0.32	0.05

За период 1952-2012 годов значения максимальных уровней лежат в пределах от 30.5 м БС (1952 год) до 36.8 м БС (1963 год) при среднем многолетнем годовом максимуме уровня воды Цимлянского водохранилища 35.03 м БС. 11 раз за рассматриваемый период годовой максимум уровня воды в водохранилище был равен или превышал НПУ. В многолетнем ряду максимальных уровней воды Цимлянского водохранилища какого-либо тренда не прослеживается (Новикова, Назаренко, 2014).

Интенсивность процессов разрушения берегов Цимлянского водохранилища на различных участках береговой линии не одинакова (табл. 2). Скорость продвижения бровки коренного берега левого берегового склона практически для всех профилей вдвое выше, чем на правом береговом склоне. Общей закономерностью для правого и левого берегового склона водохранилища является увеличение темпов продвижения бровки коренного берега по мере приближения к приплотинному участку. Аналогичные выводы по продвижению бровки коренного берега приводятся в работе (Филиппов, 2012) по Волгоградскому водохранилищу.

Таблица 2. Общая характеристика продвижения бровки коренного берега Цимлянского водохранилища.

Название профиля	Продвижение бровки коренного берега			
	1953-2012		$l_{абс.\ макс.}$, м/год	год
	L, м	$l_{ср.}$, м/год		
Правый берег				
п. Нижний Чир	64.58	1.08	5.83	1955
х. Суворовский	96.42	1.61	14.00	1955
ст. Хорошевская	160.40	2.67	13.70	1955
Левый берег				
х. Ильмень-Суворовский	142.86	2.38	22.80	1981
х. Кривской	159.08	2.65	10.10	1955
х. Приморский	323.72	5.40	22.25	1972

Абсолютные максимальные годовые значения продвижения бровки правого берега находятся в пределах от 5.83 м (Нижний Чир) до 14.00 м (Суворовский) и приходятся на 1955 год. На левом береговом склоне только на профиле у хутора Кривского абсолютный годовой максимум отмечен в 1955 году и составил 10.10 метров. На профиле у хутора Ильмень-Суворовского абсолютный годовой максимум разрушения наблюдался в 1981 году и составил 22.80 метра; у хутора Приморского максимальные разрушения отмечены в 1972 году и составили 22.25 метра.

Представление о периодах активизации и затухания процессов переформирования берегов дает таблица 3, в которой приводятся средние скорости продвижения бровки коренного берега по десятилетним периодам. В основе таблицы лежат интегральные кривые продвижения бровки коренного берега, построенные на основе материалов наблюдений, приводимых в Информационных бюллетенях Управления водными ресурсами Цимлянского водохранилища.

Таблица 3. Средние годовые скорости продвижения бровки коренного берега Цимлянского водохранилища по десятилетним периодам.

Название профиля	Средняя скорость продвижение бровки коренного берега, м					
	1953-1962 гг.	1963-1972 гг.	1973-1982 гг.	1983-1992 гг.	1993-2002 гг.	2003-2012 гг.
Правый берег						
п. Нижний Чир	1.74	1.23	1.31	1.67	0.46	0.06
х. Суворовский	2.48	0.95	1.48	2.42	1.72	0.59
ст. Хорошевская	3.58	2.22	4.80	2.50	0.90	2.04
Левый берег						
х. Ильмень-Суворовский	1.30	1.60	1.95	4.65	4.60	0.19
х. Кривской	2.58	2.19	3.43	4.40	1.95	1.36
х. Приморский	5.55	5.60	14.60	2.10	3.85	0.67

К наиболее активным периодам разрушения склонов правого берега можно отнести периоды 1953-1962 и 1983-1992 годы, когда на профилях у поселка Нижний Чир бровка коренного берега продвинулась в среднем на 1.74 и 1.67 м/год соответственно, у хутора Суворовского – 2.48 и 2.42 м/год. На приплотинном участке у станицы Хорошевской максимальное разрушение берега приходится на период 1973-1982 годы и составляет 4.80 м/год; в первое десятилетие эксплуатации водохранилища темпы продвижения бровки коренного берега на этом участке были ниже и составили 3.58 м/год. Профиль у станицы Хорошевской единственный из шести исследуемых профилей, где отмечается активизация процесса разрушения берега в 2003-2012 годах.

Особенностью процесса разрушения склонов левого берега является то, что в первые десятилетия максимально активное переформирование берегов на исследуемых профилях не отмечается. У хутора Ильмень–Суворовского период наиболее активной стадии процесса разрушения берегов приходится на временные интервалы 1981-1990 и 1991-2000 годов, когда среднее продвижение бровки коренного берега составило 4.65 и 4.60 м/год соответственно. У хутора Кривского максимальное разрушение берега приходится на период 1983-1992 годов и составляет в среднем 4.40 м/год. У хутора Приморского период активного переформирования берегов отмечается в 1973-1982 годах, когда средняя скорость отступания бровки коренного берега равнялась 14.60 м/год, что превосходит скорости отступания бровки в первое и второе десятилетие эксплуатации водохранилища больше чем в два раза.

Таблица 4. Прогноз продвижения бровки коренного берега Цимлянского водохранилища (Цимлянское …, 1977).

Название профиля	Продвижение бровки коренного берега, м					
	12.5 лет	25 лет	50 лет	100 лет	200 лет	Конечная стадия
Правый берег						
п. Нижний Чир	33.9	58	84	117	149	280
х. Суворовский	59	87	114	157	180	360
ст. Хорошевская	14	30	53	78	124	742
Левый берег						
х. Ильмень-Суворовский	74	118	160	204	254	505
х. Кривской	90	170	295	440	555	1802
х. Приморский	120	185	282	582	872	3165

В 1977 году был опубликован прогноз деформаций берегов Цимлянского водохранилища (Цимлянское …, 1977), составленный по методу, разработанному в ГГИ (Кондратьев, 1960). Данный метод разработан для прогноза береговых переформирований, вызванных действием ветровых волн на водохранилищах озерного типа. В прогнозных расчетах использовались материалы наблюдений за

волнением и данные о переформировании берегов Цимлянского водохранилища за период 1952-1965 годов на профилях у станицы Хорошевской, хутора Суворовского, поселка Нижний Чир, хуторов Ильмень-Суворовского, Веселого и Приморского. Для этих профилей были получены прогнозные значения отступания бровки коренного берега на 12.5, 25, 50, 100 и 200 лет с начала существования водохранилища и рассчитан предельный профиль (табл. 4).

Имеющиеся к настоящему времени материалы натурных наблюдений за разрушением берегов позволили количественно оценить соответствие расчетных значений продвижения бровки коренного берега Цимлянского водохранилища, приведенные ранее (Цимлянское …, 1977), натурным данным для периодов 12.5 лет (1952-1965 годы), 25 лет (1952-1977 годы) и 50 лет (1952-2002 год).

Дополним приведенную выше геолого-морфологическую характеристику профилей наблюдений описанием берега у хутора Веселого (Кокоулин, Кокоулина, 1958; Цимлянское …, 1977). Профиль у хутора Веселого расположен на крутом высоком берегу. Берег обрывистый с новыми и старыми, задернованными растительностью, осыпями, обвалами. Обрывы представляют отвесную стену, нависшую над водой, с многочисленными волноприбойными нишами и останцами у основания. На поверхности обрыва множество трещин и структурных столбчатых отдельностей, которые, обрушаясь, создают осыпи у основания клифа. На участке наблюдается интенсивная переработка берега. Продвижение бровки коренного берега у хутора Веселого к 2012 году достигло 135.44 м.

В таблице 5 представлены рассчитанные значения продвижения бровки коренного берега (Lп) и соответствующие им натурные данные (Lн) по интервалам прогнозирования 12.5, 25 и 50 лет. Там же показана абсолютная погрешность рассчитанных величин, равная разности между рассчитанными и измеренными значениями (Шумова, 2013).

Из таблицы 5 видно, что рассчитанные величины продвижения бровки коренного берега Цимлянского водохранилища, как правило, завышены по сравнению с их фактическими значениями для всех профилей и временных интервалов. Исключение составляет профиль у станицы Хорошевской, где повсеместно отмечаются более низкие значения рассчитанных величин продвижения бровки коренного берега по сравнению с данными наблюдений. По мере увеличения временного интервала различия между прогнозируемыми и наблюдаемыми значениями смещения береговой линии у станицы Хорошевской изменяются в пределах от –24 до –89 м. Значительные различия между рассчитанными и наблюдаемыми значениями объясняется тем, что в процессе переработки склона у станицы Хорошевской наблюдалась смена литологического состава пород, слагающих берег. На профиле обнаружились алевролиты с несколько повышенной трещиноватостью, что привело к наиболее ускоренному размыву берега.

Таблица 5. Наблюдаемое и прогнозируемое продвижение бровки коренного берега Цимлянского водохранилища.

Название профиля	Продвижение бровки коренного берега, м								
	1952-1965 гг.			1952-1977 гг.			1952-2002 гг.		
	$L_н$	$L_п$	Δ	$L_н$	$L_п$	Δ	$L_н$	$L_п$	Δ
Правый берег									
п.Нижний Чир	19	40	15	36	58	22	65	84	19
х.Суворовский	22	59	37	36	87	51	90	114	24
ст.Хорошевская	38	14	–24	65	30	–35	142	53	-89
Левый берег									
х.Ильмень–Суворовский	19	74	55	35	118	83	141	160	19
х.Веселый	25	90	65	52	170	118	129	295	166
х.Приморский	72	120	48	149	185	36	317	282	–35

Причиной существенного замедлился размыва берега у хутора Ильмень-Суворовского в период 1952-1965 годы явилось то, что на склоне берега на отметках 33.0-35.0 м БС после смыва суглинков обнажился пласт опоковидного камня, в результате чего произошло замедление процесса разрушения берега. Что касается профиля у хутора Приморского, то прогнозируемые значения смещения береговой линии для периодов 12.5 и 25 лет превышают наблюдаемые на 48 и 36 м соответственно;

наблюдаемое смещение береговой линии у хутора Приморского за период в 50 лет превышает прогнозируемые значения на 35 м.

Приведенные результаты показывают удовлетворительную сходимость расчетных величин береговых деформаций Цимлянского водохранилища с материалами натурных наблюдений. Это при том, что расчетная схема прогнозирования береговых переформирований не относится к категории точных, так как оперирует такими понятиями как неустойчивые характеристики гидрологического и климатического режима (Кондратьев, 1960).

Заключение

Продвижение бровки коренного берега можно считать основным оценочным показателем процесса разрушения берегов. Продвижение бровки коренного берега Цимлянского водохранилища на исследуемых профилях за период до 2012 года лежит в диапазоне 64.6-323.7 метров.

Процессы разрушения берегов активизируются или затухают в зависимости от величины максимального заполнения чаши водохранилища. Значимы коэффициенты корреляции между максимальными годовыми уровнями воды водохранилища и продвижением бровки коренного берега при выборке 36-45 лет лежат в пределах от 0.51 до 0.32. Это свидетельствуют о том, что гидрологический режим водохранилища является ведущим фактором процесса разрушения берегов.

Максимальная активность разрушения берегов может наблюдаться как в начале эксплуатации водохранилища, так и проявиться только через 20-30 лет. Резкое ускорение разрушения берегов или существенное замедление процесса наблюдается при смене литологического состава пород в процессе переработки склона. Прогнозная оценка процесса продвижения бровки коренного берега Цимлянского водохранилища (Цимлянское …, 1977) для периодов 12.5 лет (1952-1965), 25 лет (1952-1977) и 50 лет (1952-2002) удовлетворительно согласуется с материалами натурных наблюдений. Расчетные значения продвижения бровки практически для всех профилей и временных интервалов даны с определенным запасом

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вендров С.Л. 1957. Изменение рельефа берегов и дна Цимлянского водохранилища в 1952-1956 гг. // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. № 3. С. 75-80.

Кашин Ю.С. 1953. Берега Цимлянского водохранилища // Природа. № 12. С. 95-99.

Кашин Ю.С. 1952. Предполагаемые типы берегов Цимлянского водохранилища // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. № 4. С. 5-11.

Кокоулин П.П., Кокоулина Л.В. 1958. Некоторые материалы наблюдений за формированием берегов Цимлянского водохранилища // Сборник работ Цимлянской гидрометеорологической обсерватории. Л.: Гидрометеоиздат. С. 13-34.

Кондратьев Н.Е. 1960. Расчеты береговых переформирований на водохранилищах. Л.: Гидрометеоиздат. 64 с.

Назаров Н.Н. 2006. Переработка берегов равнинных водохранилищ России на современной стадии развития (конец XX в. – начало XXI в.) // География и природные ресурсы. № 4. С. 12-19.

Назаров Н.Н. 2011. Устойчивое функционирование водохранилищ // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Т. 1: Гидро- и геодинамические процессы. Труды Международной научно-практической конференции. Пермь: Пермский государственный университет. С. 113-117.

Новикова Н.М., Назаренко О.Г. 2014. Режим вод водохранилища и грунтовых вод на побережье // Природные комплексы побережья Цимлянского водохранилища. М.: Агронаучсервис. С. 47-58.

Филиппов О.В. 2012. Переформирование берегов Волгоградского водохранилища // Геоморфология. № 2. С. 34-42.

Цимлянское, водораздельные и Манычские водохранилища. 1977. Л.: Гидрометеоиздат. 204 с.

Шаврак Е.И., Генераленко И.А., Сапельников В.М. 2012. Оценка показателей состояния Цимлянского водохранилища // Глобальная ядерная безопасность. Спецвыпуск (3). С. 60-71.

Шумова Н.А. 2013. Прогнозные и наблюдаемые смещения береговой линии Цимлянского водохранилища // Аридные экосистемы. Т. 19. № 3 (56). С. 43-50.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 3 (72), с. 104-108

ХРОНИКА

УДК 929

ПЛИСАК РИММА ПЕТРОВНА – ГЕОБОТАНИК, ЭКОЛОГ, РАДИОБИОЛОГ (К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ И 55-ЛЕТИЮ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)

© 2017 г. Н.М. Новикова

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

Поступила 15.04.2017

Римма Петровна Плисак известна своими исследованиями в области геоботаники, экологии, радиобиологии. Она – достойный представитель казахстанской школы ученых-естествоиспытателей. Всю свою жизнь Римма Петровна бралась за изучение новых, еще неизведанных проблем, прокладывала путь идущим вслед за ней молодым исследователям. Результаты ее трудов изложены в многочисленных публикациях: 164 статьях, 6 монографиях, многочисленных картографических материалах, составляющих достойное научное наследие Республики Казахстан.

Ключевые слова: кормовые угодья, гидростроительство, смены растительности, гидроиндикация, картографирование, радиационное загрязнение, реабилитация.

Римма Петровна Плисак родилась 21 июня 1937 г. в деревне Внуково Кудымкарского района Пермской области. В 1954 г. она окончила среднюю школу в районном центре и поступила на биологический факультет Пермского Государственного университета им. Горького. В 1959 г. после завершения высшего образования Р.П. Плисак была направлена на работу в Центральную комплексную экспедицию Министерства сельского хозяйства Казахской ССР. Будучи инженером-геоботаником в течение 3-х лет она участвовала в картографировании растительности Челкарского района Актюбинской области, Сырдарьинского, Тереньузякского и Джалагашского районов Кзыл-Ординской области и части Жилокосинского района Гурьевской области. Ею были составлены кормовые карты этих районов в масштабе 1:100000.

В 1962 г. Римма Петровна поступила в аспирантуру в отдел геоботаники Института ботаники АН Казахской ССР. После окончания теоретического курса аспирантуры она продолжила работу в этом отделе.

В 1968 г. на Объединённом Учёном Совете Институтов ботаники, почвоведения, микробиологии и вирусологии АН Казахской ССР Р.П. Плисак успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему: «Геоботанические основы рационального использования кормовых угодий совхоза им. Кирова Павлодарской области» (Плисак, 1968). Рекомендации, разработанные в результате этих исследований, были использованы при составлении схем районных планировок и внутрихозяйственного устройства совхозов Левобережного Прииртышья Павлодарской области, расположенных в пределах подзоны сухих степей.

В 1987 г. Римма Петровна защищает докторскую диссертацию на тему: «Смены растительности дельтовых равнин и побережий водохранилищ пустынной зоны и их прогнозирование в связи с гидростроительством» (Плисак, 1987а) на Спецсовете при Институте ботаники АН Узбекской ССР.

Вся научная деятельность Р.П. Плисак проходила в Институте ботаники АН Казахской ССР (ныне Институт ботаники и фитоинтродукции Министерства образования и науки Республики Казахстан). Её основные научные труды посвящены установлению закономерностей формирования растительности дельтовых равнин и побережий водохранилищ аридной зоны в условиях зарегулированного стока: 1) выявлению направлений, характера и темпов гидрогенных и галогидрогенных сукцессий, обусловленных гидродинамическими и галогеохимическими

процессами на фоне аридного климата; 2) разработке представлений о сущности и стадиях опустынивания растительности дельтовых равнин и развитии процесса подтопления в зоне влияния водохранилищ; 3) разработке методики и составлению прогнозов (в том числе и в виде карт) возможных изменений растительности верхних и нижних бьефов водохранилищ. Р.П. Плисак – автор более 170 опубликованных работ, из которых 6 монографий (5 – в соавторстве).

Более 35 лет Римма Петровна посвятила исследованию лугов Казахстана. Обширный оригинальный практический материал, собранный автором в поймах рек Иртыш, Или, Сырдарья, Чу и на дельтовых равнинах пустынной зоны обобщен в серии статей (1966-2001 гг.) и монографии «Продуктивность и структура лугов пустынной зоны» (Плисак и др., 1989). В этой монографии и публикациях (Плисак, 1987б; Плисак, Огарь, 1988а, б и др.) отражены особенности антропогенной трансформации растительности и флористического состава, описаны сущность и стадии опустынивания растительности дельтовых равнин при ограничении речного стока. Впервые выявлен процесс дивергенции исходных сообществ на первых стадиях опустынивания и конвергенции сообществ с образованием нескольких галоксерофитных и ксерофитных квазиклимаксовых сообществ на последней стадии опустынивания. Ею описаны процессы сингенеза растительности на обсыхающем дне озера Балхаш и прирусловых отмелях впадающих рек. Изложены результаты исследований биологической продуктивности и структуры проценозов и фитоценозов, представляющих собой основные этапы процесса опустынивания. Рассмотрены процессы сокращения биоразнообразия растительности пойм и дельтовых равнин.

Профессор С.В. Викторов, создавший индикационную школу советских исследователей, в своем отзыве по докторской диссертации Риммы Петровны отметил, что она вышла за рамки обычных индикационных исследований и придала значение индикаторов целым рядам, сериям и системам смен (Викторов, 1987). В результате ее исследований обширный конкретный фактический материал, собранный в процессе многолетних стационарных и полустационарных исследований, внимательно проанализированный и творчески обобщенный, обогатил индикационную геоботанику знанием экологических связей очень широкого круга фитоценозов, многие из которых ещё никогда не использовались как индикаторы. Впоследствии Римма Петровна расширила рамки геоботанической индикации и ею совместно с сотрудниками Института гидрогеологии и гидрофизики АН Казахской ССР была составлена «Ландшафтно-индикационная карта низовьев реки Или» (1987) с легендой к ней на 30 страницах (Подольный и др., 1990).

В 1968-1986 гг. впервые на территории пустынной зоны проводились комплексные геоботанические и почвенно-гидрогеологические исследования в системе экологического мониторинга, разрабатывался картографический прогноз смен растительности на побережье и в нижнем бьефе Капчагайского водохранилища (Плисак, 1977) и современной дельты р. Или под влиянием работы водохранилища на весь период его эксплуатации (Быков, Плисак, 1979; Плисак, 1969, 1974; Плисак, Новикова, 1985; Подольный и др., 1990). В результате многократного крупномасштабного картографирования ключевых участков, описания постоянных экологических профилей, детальных наблюдений за составом, структурой и продуктивностью растительных сообществ, параллельно с определением уровня грунтовых вод и изучением водно-солевого режима почв в определенных режимных точках, установлены особенности, темпы и направления трансформации исходных автоморфных экосистем полугидроморфными и гидроморфными. Выявлены особенности трансформации зональной и квазизональной растительности в условиях подтопления и длительного затопления, проведена дифференциация синдинамических и экзодинамических сукцессий в подзонах прямого и косвенного влияния водохранилищ. В 1974-1986 гг. составлены поисковые, поконтурные и уточнённые прогнозы смен растительности (Плисак, 1974; 1977), а результаты исследований этих лет обобщены в монографиях «Изменение растительности дельты р. Или при зарегулировании стока» (Плисак, 1981), «Прогнозирование техногенных гидрогеологических процессов» (1988), «Охрана природной среды при освоении дельты р. Или» (Плисак и др., 1988в).

По мнению С.В. Викторова (1987) разработанная Р.П. Плисак методика прогноза хорошо аргументирована, так как составлена на основании гидрогеологического и почвенного прогнозов. Прогноз составлен в трёх аспектах: 1) поисковый – качественный прогноз, соответствующим проектным условиям; 2) поконтурный – прогнозная карта растительности современной дельты

р. Или; 3) количественный – на основании регрессионных моделей, в результате корреляционно-регрессионного анализа получены формулы для расчета урожайности сенокосных угодий при проектной глубине грунтовых вод. Полученные критерии оценки факторов дельтовых экосистем могли быть использованы проектными организациями при создании оптимальных условий для создания высокопродуктивных сенокосных угодий.

Р.П. Плисак является одним из основоположников изучения динамических процессов на побережьях. Для анализа обширного и разностороннего фактического материала ею создана оригинальная система понятий, представленных в серии статей (1977-1995 гг.) и монографии «Влияние водохранилищ пустынной зоны на растительность» (Плисак, Огарь, 1992), где обобщены результаты многолетних разносторонних исследований трансформации растительности побережий водохранилищ в условиях периодического затопления и подтопления.

Л.Я. Курочкина (1987) высказала мнение, что на основании обширного и оригинального материала Р.П. Плисак сформулировала и обосновала новое направление ботанической науки: исследование процессов динамики растительного покрова дельтовых равнин и побережий водохранилищ на основе глубокой эколого-ботанико-картографической оценки последствий преобразования речного стока, оказавшееся очень перспективным при решении задач проектных организаций по разработке прогнозов возможных изменений растительности верхних и нижних бьефов водохранилищ в Южном Казахстане в связи с гидростроительством.

По мнению С.В. Викторова (1987), исследования техногенных модификаций растительности Р.П. Плисак в нижних и верхних бьефах водохранилищ аридной зоны создают новое оригинальное научное направление, как в индикационной геоботанике, так и в индикационном ландшафтоведении. Это направление может быть определено как фитоиндикация экологических условий в мелиорированных ландшафтах. Теоретические и методические аспекты этих исследований могут быть широко использованы при индикационных исследованиях в связи с мелиорацией.

Важное место в исследованиях Р.П. Плисак занимают вопросы восстановления биоразнообразия, рационального использования и охраны растительности дельтовых равнин и пойм рек. На основании многолетних стационарных, полустационарных и маршрутных исследований ею разработаны «Критерии оценки современного состояния и степени антропогенной трансформации луговых экосистем» (Плисак, 1998) и «Нормативные основы рационального использования сенокосных угодий и меры их охраны» (Плисак, 2000). Определены оптимальные сроки и продолжительность затопления сенокосных угодий, сроки сенокошения, высота и очерёдность скашивания травостоев и продолжительность сеноуборки. Для пустынной и степной зоны составлена репрезентативная сеть луговых и тугайных экосистем, подлежащих охране.

С 1996 года и до настоящего времени исследования Р.П. Плисак связаны с проблемами радиобиологии. В рамках проектов международной ассоциации по поддержке сотрудничества с исследователями стран СНГ (INTAS) группой специалистов из 5-ти стран (Казахстан. Россия, Германия, Испания, Украина) под руководством и при участии Р.П. Плисак в 1998-2000 гг. проводились радиоэкологические и радиобиологические исследования на бывшем Семипалатинском ядерном полигоне. Ею был разработан метод комплексного исследования компонентов основных экосистем полигона на загрязнённых и контрольных участках. Исследовались состав, структура и продуктивность сообществ, типы почв, их гранулометрический состав и физико-химические свойства (Werner et all., 1999; Плисак, 2012, 2013; Plisak, 2000). Определялась мощность экспозиционной дозы в исследуемых экосистемах. Для гаммаспектрометрического анализа отбирались пробы надземной и подземной части растений и опада доминантов сообществ и пробы почв по генетическим горизонтам. Этот методический подход к исследованию основных компонентов экосистем позволил получить уникальные разносторонние данные по: 1) выявлению закономерностей формирования основных экосистем полигона при различных уровнях радиационного загрязнения; 2) исследованию особенностей накопления радионуклидов в компонентах основных экосистем; 3) установлению растений-тератов. Исследованы особенности их адаптации к радиационному загрязнению.

Использование метода гаммаспектрометрического анализа парных проб: «растение – почва» впервые для Семипалатинского полигона позволило определить коэффициенты накопления радиоцезия в доминантах зональных, луговых и галофитных сообществ. Выявлены растения «гипераккумуляторы» и «гипоаккумуляторы». Рассмотрена возможность использования

гипераккумуляторов для фиторемедиации на сильнозагрязнённых, вследствие проведённых ядерных испытаний, участках. Составлены карты растительности опытно-экспериментальных участков (М.1:50000), на которых проводились наземные и подземные ядерные взрывы. В рамках проекта «Sustainable Land Use Plan for the Semipalatinsk Test Sites» по решению 92-й ассамблеи ООН о поддержке Казахстана в реабилитации территории Семипалатинского полигона, Р.П. Плисак (1996) составлена Карта растительности Семипалатинского полигона в масштабе 1:1000000. Результаты этих трудоёмких и дорогостоящих исследований в полной мере освещены в 84 публикациях и представлены на 20-ти международных конференциях.

Для научной деятельности Р.П. Плисак характерна тесная связь с практикой. Более 10 хоздоговорных работ было выполнено по заданиям государственных органов КазССР и заявкам проектных и производственных организаций. Опубликованные данные о сменах растительности верхнего и нижнего бьефов Капчагайского водохранилища 1970-1992 гг., а также разработанные прогнозы смен растительности в период его наполнения и прогнозные карты растительности в масштабе 1:100000, 1:200000, 1:300000 (Ландшафтно-индикационная карта …, 1990; Плисак, 1974, 1977, 1986) были использованы научно-исследовательскими и проектными институтами АН СССР и союзных республик (1970-1989 гг.) при решении вопросов, связанных с гидростроительством и при проектировании водохозяйственных мероприятий в Южном Казахстане.

Авторские макеты карт, составленных Р.П. Плисак на территорию пойм, дельт и побережий водохранилищ Казахстана в масштабе 1:100000, 1:200000, 1:300000, 1:1000000, 1:2500000 были использованы Ботаническим институтом РАН при составлении карты «Растительность Казахстана и Средней Азии и …», М 1:2500000 (1995) и карты «Растительность СССР…», М 1:4000000 (1990).

Как признанный эколог, Римма Петровна Плисак участвовала в качестве лектора на международных курсах «Экология, управление и продуктивность пастбищ», проводимых ГКНТ-ЮНЕП в республиках Средней Азии (1981-1982 гг.) для специалистов сельского хозяйства стран Азии, Африки и Южной Америки.

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 Плисак Римму Петровну с юбилеем и желают ей крепкого здоровья, научного долголетия и новых творческих достижений!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Быков Б.А., Плисак Р.П. 1979. Основные способы показа направлений смен растительности на крупномасштабных картах растительности // Проблемы освоения пустынь. № 3. С. 65-66.

Викторов С.В. 1987. Отзыв в качестве официального оппонента по диссертации Р.П. Плисак «Смены растительности дельтовых равнин и побережий водохранилищ пустынной зоны и их прогнозирование в связи с гидростроительством», представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук. Ташкент. Институт ботаники АН РУЗ. 12 с. (рукопись).

Курочкина Л.Я. 1987. Отзыв на диссертацию Р.П. Плисак «Смены растительности дельтовых равнин и побережий водохранилищ пустынной зоны и их прогнозирование в связи с гидростроительством», представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук. Ташкент. Институт ботаники АН РУЗ. 9 с. (рукопись).

Ландшафтно-индикационная карта низовьев реки Или. 1987. [Карта]. М. 1:300000. 2 л. (рукопись).

Легенда к Ландшафтно-индикационной карте низовьев реки Или. 1987 // Ред. О.В. Подольный, Р.П. Плисак, Ю.И. Манасыпова, В.Н. Островский Алма-Ата: Институт ботаники Академии наук Казахской ССР. 30 с. (рукопись).

Охрана природной среды при освоении дельты р. Или. 1988. // Ред. Р.П. Плисак, Т.Н. Войнова, И.О. Байтулин. Алма-Ата: Наука. 116 с.

Плисак Р.П. 1968. Геоботанические основы рационального использования кормовых угодий совхоза им. Кирова Павлодарской области. Дис. … канд. с./х. наук. Алма-Ата. Ин-т ботаники АН Казахской ССР. 18 с. (рукопись).

Плисак Р.П. 1969. Прогнозная карта растительности современной дельты реки Или. [Карта]. М. 1:100000. Алма-Ата. Институт ботаники АН Казахской ССР (рукопись).

Плисак Р.П. 1974. Прогнозная карта растительности современной дельты реки Или. [Карта]. М 1:300000.

Алма-Ата. Институт ботаники АН Казахской ССР (рукопись).

Плисак Р.П. 1977. Прогнозная карта растительности зоны влияния Капчагайского водохранилища. [Карта]. М 1:200 000. Алма-Ата. Институт ботаники АН Казахской ССР (рукопись).

Плисак Р.П. 1981. Изменение растительности дельты р. Или при зарегулировании стока» Алма-Ата: Наука. 216 с.

Плисак Р.П. 1987 а. Смены растительности дельтовых равнин и побережий водохранилищ пустынной зоны и их прогнозирование в связи с гидростроительством. Автореф. дис. … докт. биол. наук. Ташкент. Институт ботаники АН РУЗ. 48 с.

Плисак Р.П. 1987 б. Смены растительности дельт пустынной зоны при зарегулировании речного стока // Водные ресурсы. № 2. С. 86-92.

Плисак Р.П. 1996. Карта растительности Семипалатинского полигона. [Карта]. М. 1:1000000. Алма-Ата. Институт ботаники АН Казахской ССР (рукопись).

Плисак Р.П. 1998. Критерии оценки современного состояния и степени антропогенной трансформации луговых экосистем пустынной зоны // Материалы Республиканской научной конференции «Устойчивость, антропогенная трансформация и оптимизация природной среды Казахстана». Алма-Ата: Наука. С. 95-98.

Плисак Р.П. 2000. Нормативные основы рационального использования сенокосных угодий и меры их охраны // Экологические основы стабильного развития Прикамья. Пермь: ПГУ. С. 89-99.

Плисак Р.П. 2012. О реабилитации экосистем на территории бывшего Семипалатинского тестового участка и перспективы дальнейших биогеоценотических исследований // Труды международной научной конференции, посвященной 80-летию Института ботаники и фитоинтродукции Министерства образования и науки Республики Казахстан, 5-7 сентября 2012 г. Алматы: Институт ботаники и фитоинтродукции Министерства образования и науки Республики Казахстан. С. 168-171.

Плисак Р.П. 2013. О накоплении радионуклидов основными компонентами экосистем Семипалатинского полигона // Материалы международной научной конференции «Изучение ботанического разнообразия Казахстана на современном этапе», 6-7 июня 2013 г. Алматы: Ин-т ботаники и фитоинтродукции Министерства образования и науки Республики Казахстан. С. 117-122.

Плисак Р.П., Новикова Н.М. 1985. Картографирование растительности при антропогенном изменении стока рек аридной зоны // Тезисы докладов ко II съезду географического общества Туркменской ССР. Ашхабад: Ылым. С. 174-176.

Плисак Р.П., Огарь Н.П. 1992. Влияние водохранилищ аридной зоны на растительность. Алма-Ата: Гылым. 231 с.

Плисак Р.П., Огарь Н.П. 1988 а. Динамика биологической продуктивности в процессе опустынивания растительности современной дельты Или // Тезисы докладов VIII делегатского съезда Всесоюзного ботанического общества «Актуальные вопросы ботаники в СССР». Алма-Ата: Наука. С. 81-82.

Плисак Р.П., Огарь Н.П. 1988 б. Изменение структуры луговых сообществ в процессе опустынивания растительности дельтовых равнин // Ботанические исследования в Казахстане. Алма-Ата: Наука, 1988. С. 36-46.

Плисак Р.П., Огарь Н.П., Султанова Б.М. 1989. Продуктивность и структура лугов пустынной зоны» Алма-Ата: Наука. 185 с.

Подольный О.В., Плисак Р.П., Манасыпова Ю.И., Островский В.Н. 1990. Ландшафтно–индикационное картирование дельты р. Или // Материалы научной конференции «Научно-технические проблемы освоения природных ресурсов и комплексного развития производительных сил Прибалхашья». Алма-Ата: Наука. С. 23-28.

Прогнозирование техногенных гидрогеологических процессов. 1988. // С.М. Шапиро, О.В. Подольный, Р.П. Плисак, С.М. Кан, Ю.И. Масыпова, Л.С. Вервейкина, Т.Н. Винникова, Л.М. Павличенко, Р.Н. Тугамбаева, А.М. Джабасов, В.П. Золотарёв, А.Б. Бочкарев. Алма-Ата: Наука. 1988. 142 с.

Растительность Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). 1995. [Карта] М. 1:2500000. // Составители: Н.И. Акжигитова, С.А. Арыстангалиев, Б.Б. Бердыев, Г.С. Бижанова, Е.А. Востокова, Д.Д. Вышивкин, др. М.: ГУГК. 3 л.

Растительность СССР: для высших учебных заведений. 1990. [Карта] М. 1:4 000 000 / Ред. А.В. Белов, С.А. Грибова, З.В. Карамышева, Т.В. Котова. М.: ГУГК. 4 л.

Plisak R.P. 2000. Soil bio tests and Phytoremediation with the legume-rhizobium symbiosis // Eds. F.O. Pedrosa, M. Hungria, M.G. Yates, W.E. Newton. Nitrogen Fixation: From Molecules to Crop Productivity. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht. P. 571-574.

Werner J.G.D., Plissak R.P., Magasheva R.Yu., Aralbaev N.K., Balashov L.S., Baiganov J., Yakunin G. N., Sultanova B.M., Polevik V.V., Dubinchin P.P. 1999. Regularity of the radionuclides distribution and migration in soil and vegetation cover of the Semipalatinsk test site // 2 th international conference “nuclear and radiation phusics: june 7-10, 1999, Almaty. Almaty. Vol. II. P.266-271.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 3 (72), с. 109-111

ХРОНИКА

УДК 929

ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА ДИКАРЁВА – ИССЛЕДОВАТЕЛЬ АРИДНЫХ РЕГИОНОВ

© 2017 г. Н.Г. Мазей

Институт водных проблем Российской академии наук
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: natashamazei@mail.ru

Поступила 15.03.2017

Татьяна Владимировна Дикарёва - разносторонний ученый-естествоиспытатель, неутомимый путешественник, участник экспедиций, охвативших практически весь земной шар. Она автор более 80 научных работ, учебно-методического пособия, научно-справочных биогеографических и природоохранных монографий.

Ключевые слова: растительность аридных территорий, фитоиндикация, сохранение биоразнообразия.

Татьяна Владимировна Дикарёва родилась 16 августа 1957 года в Москве. В 1975 году она окончила школу в г. Москва и поступила на географический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. В 1981 году после окончания университета Татьяна Владимировна работала в Государственном Институте проектирования земель, где составляла крупномасштабные карты землепользования колхозов и совхозов в областях Центрального Нечерноземья. В 1988 году Татьяна Владимировна поступила в аспирантуру Института Водных проблем РАН. Во время обучения в аспирантуре она проводила исследования в пустынях и оазисах Средней Азии. Результатом ее исследований (Дикарева, 1997; Дикарева, 1992; Дикарева, Дикарев, 1993) стала кандидатская диссертация на тему “Динамика экосистем в долинах рек Теджен и Мургаб в связи с водохозяйственной деятельностью”, защищенная ею в 1994 году (Дикарева, 1994а). После окончания аспирантуры Татьяна Владимировна продолжила работу в Институте Водных проблем РАН, а с 2001 года – в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова в качестве старшего научного сотрудника.

Т.В. Дикарёва сотрудничает с журналом «Аридные экосистемы» с самого его основания в 1995 году. Много лет она была бессменным ответственным секретарем журнала, осуществляя сложную работу по координации рецензирования статей.

Научные интересы Татьяны Владимировны сосредоточены, главным образом, в области исследований растительности аридных регионов (Дикарева, Румянцев, 2015; Дикарева, Опарин, 2002; Дикарева и др., 1997), вопросов флористического районирования (Мяло, Дикарева, 2005; Дикарева, 2004), проблем теории и практики сохранения биоразнообразия (Неронов и др., 2016; Дикарева, 2014; Дикарева, Леонова, 2014; Дикарева, 2004; Мяло и др., 2004а; Мяло и др., 2004б).

Татьяна Владимировна является одним из ведущих специалистов России в области биоразнообразия и биоиндикации. Она автор более 80 научных работ, учебно-методического пособия (Дикарева и др., 2007), научно-справочных биогеографических и природоохранных монографий. Ее сообщения на международных конгрессах, конференциях, симпозиумах и совещаниях, в которых она участвует, неизменно вызывают интерес зарубежных специалистов. Она является членом Русского географического общества, регулярно выступая с интересными докладами о своих путешествиях в дальние уголки нашей планеты. Т.В. Дикарева принимала участие в международных научных экспедициях в Египте (Дикарева и др., 2008; Дикарева, 2002), Китае (Дикарева, 2012; Дикарева, 2009; Дикарева, 2006) и Индонезии (Дикарева, 2013). В 2015 году Татьяна Владимировна совместно в В.Ю. Румянцевым составила карту распространения аллергенных растений на территории России

(Дикарева, Румянцев, 2015), которая вызвала интерес не только ученых, но и общественности.

Татьяна Владимировна успешно сочетает научную работу с преподавательской деятельностью. На географическом факультете МГУ она читает курсы лекций «Биогеоценология», «Растительность мира», «Актуальные проблемы биогеографии». Ведет семинарские занятия по курсу «Биоразнообразие и методы его оценки», а также «Глобальные проблемы биогеографии». Ежегодно проводит практикумы для студентов первого курса в Музее землеведения МГУ.

Т.В. Дикарева - одна из авторов научно-популярных книг «Большая детская энциклопедия. Ботаника» (2010) и «В мире растений» (2011), обращенных к школьникам и направленных на формирование у них интереса к живой природе, а также ряда научно-популярных статей и книг для взрослой аудитории (Дикарева, 1994 б; Дикарева, 2005; Дикарева, 2013).

Татьяна Владимировна также ежегодно проводит летнюю полевую практику со студентами Казахстанского филиала МГУ по специальности «Экология и природопользование» (Дикарева, 2016) и полевую учебную практику по биогеографии на Сатинской научно-учебной станции МГУ. С 1991 г. она является заместителем заведующего кафедрой по производственным практикам.

Татьяна Владимировна – исключительно доброжелательный человек, обладающий глубокими профессиональными знаниями и широкой эрудицией в смежных областях, она надежный спутник в экспедициях, пользуется заслуженной любовью и уважением студентов и 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, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН поздравляют члена редколлегии журнала «Аридные экосистемы», кандидата географических наук, старшего научного сотрудника кафедры биогеографии географического факультета им. М.В. Ломоносова Дикарёву Татьяну Владимировну с юбилеем и желают ей крепкого здоровья, научного долголетия и новых творческих достижений!

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ Т.В.ДИКАРЁВОЙ

Большая детская энциклопедия.2010. Т. 43. Ботаника / Ред. Г.Н. Огуреевой. М.: ОЛМА Астрель. 432 с.

Дикарева Т.В. 1992. Современное состояние и динамика растительности дельты р. Теджен // Азия и Африка сегодня. № 6. С. 19-22.

Дикарева Т.В. 1994а. Динамика экосистем в долинах рек Теджен и Мургаб в связи с водохозяйственной деятельностью. Автореф. дис. … канд. геогр. наук. М.: МГУ. 24 с.

Дикарева Т.В. 1994б. Экологические проблемы и охрана природы на Тайване // Современный Тайвань. Иркутск: Изд-во: ИГУ. С. 273-284.

Дикарева Т.В. 1997. Опустынивание долинных комплексов рек Теджен и Мургаб // Аридные экосистемы. №3. С. 110-119.

Дикарева Т.В. 2002. Нубийская пустыня // В мире растений. № 9. С. 2-5.

Дикарева Т.В. 2004. Трансформация степной растительности и пути ее восстановления // Человек и природа: история и современность. Серия Социоестественная история. Симферополь, Т. 24. С. 47-50.

Дикарева Т.В. 2005. Путешествие в нефритовый рай или ворота в ад // В мире растений. №8. С. 2-5.

Дикарева Т.В. 2006. Растительность экотонной зоны мангровых лесов Южного Китая // Аридные экосистемы. Т. 12. № 30-31. С. 66-71

Дикарева Т.В. 2009. Растительность острова Хайнань и структура экотонных сообществ // Биогеография. Т. 15. С. 53-63.

Дикарева Т.В. 2012. Заповедное дело в Китае – состояние и перспективы // Актуальная биогеография. Т. 134. С. 141-152.

Дикарева Т.В. 2013. Растительность Папуа // Биогеография. Вып. 17. С. 152-161.

Дикарева Т.В. 2014. Охрана биоценотического и ботанического разнообразия степей Евразии на территории России // Аридные экосистемы. Т. 10. № 22-23. С. 69-81

Дикарева Т.В., Дикарев А.Д. 1993. Кыргызстан. Природа и человек // Азия и Африка сегодня. № 6. С. 19-22

Дикарева Т.В., Залетаев В.С., Коршунова В.С. 1997. Почвенно-растительные комплексы постаквальной суши Тедженского водохранилища // Проблемы освоения пустынь. №2. С. 11-18.

Дикарева Т.В., Леонова Н.Б. 2011. В мире растений. М.: ОЛМА Медиа Групп. 304 с.

Дикарева Т.В., Леонова Н.Б. 2014. Фиторазнообразие сопок Каркаралинского национального парка (Республика Казахстан) // Аридные экосистемы. Т. 20, № 4 (61), С. 105-114

Дикарева Т.В., Леонова Н.Б., Зайцев А.С. 2007. География биоразнообразия и биомониторинг. Методы анализа и оценки биоразнообразия // Образовательные магистерские программы по направлению «География». М.: Изд-во геогр. фак. Моск. ун-та. Т. 1. С. 124-131.

Дикарева Т.В., Новикова Н.М., Спрингель И.В. 2008. Структурно-функциональная организация экотона "Вода-суша" в верховьях реки Нил // Биогеография в Московском университете. М.: ГЕОС. С. 237-248.

Дикарева Т.В., Опарин М.Л. 2002. Растительность северной части сухих степей Заволжья и ее антропогенные производные на залежах и пастбищах // Поволжский экологический журнал. № 3. С. 199-217.

Дикарева Т.В., Румянцев В.Ю. 2015. Картографический анализ распространения растений-аллергенов в России // Вестник Московского университета. Серия 5: География. № 6. С. 34-40.

Мяло Е.Г., Дикарева Т.В. 2005 Глобальные изменения биомов суши // Сб. Современные глобальные изменения природной среды. М.: Научный мир. Т. 2. С. 1061-1083.

Мяло Е.Г., Неронов В.В., Дикарева Т.В. 2004а. Динамика биоразнообразия пустынных степей (Черные земли Калмыкии) // География, общество, окружающая среда. Т. III. Ч. 3. М.: Изд. дом "Городец" Т. 3. С. 493-498.

Мяло Е.Г., Неронов В.В., Дикарева Т.В. 2004б. Охраняемые территории степных и пустынно-степных биомов России // География, общество, окружающая среда. Том III. Ч. 3. М.: Изд. дом "Городец". Т. 3. С. 498-502.

Неронов В.В., Королева Е.Г., Дикарева Т.В., Романов А.А., Галушин В.М., Мелихова Е.В. 2016. Оценка биоразнообразия для выявления природоохранной ценности территорий // Вестник Московского университета. Серия 5: География. № 5. С. 33-39

Огуреева Г. Н., Дикарева Т.В., Леонова Н.Б. 2016. Использование материалов Каркаралинской геоботанической практики в учебном процессе // Ландшафтное и культурно-историческое разнообразие Каркаралинского района и учебной базы КарГУ им. Е.А. Букетова. Каркаралинск, Казахстан, 10-12 июня 2016. С. 80-98.

ISSN 1993-3916

ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2017. Т. 23. № 3 (72)

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

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

ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ КМК

Формат 60х 84 $^{1}/_{8}$	Объем 6.5 п.л.
Тираж 200 экз.	Заказ №

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

Индекс 39775 (каталог «Пресса России»)