ISSN 1993-3916

Том 24 Номер 3 (76) Сентябрь 2018

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

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

МОСКВА: Товарищество научных изданий КМК

2018

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

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) ELIBRARY.ru, в базу научной электронной библиотеки "КИБЕРЛЕНИНКА" CYBERLENINCA.ru, в базу данных Russian Science Citation Index, размещенную на платформе Web of Science, входит в число реферируемых журналов и Базы данных Scopus, ВИНИТИ, Google Scholar, AGRICOLA, EBSCO Discovery Service, OCLC, Summon by ProQues, включен в Перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, переводится на английский и распространяется издательством Springer за пределами России.
Сведения о журнале ежегодно поступают в международную справочную систему «Ulrich's Periodicals Directory».
Информация о журнале, правила для авторов располагаются на сайте https://aridecosystems.ru/index.php/ru/; архив полнотекстовых статей по адресу http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8404&code=99990527

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

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

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Том 24, № 3 (76), 2018, сентябрь
Журнал основан в январе 1995 г.
Выходит 4 раза в год

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

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

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

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

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

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

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

Москва: Товарищество научных изданий КМК
2018

СОДЕРЖАНИЕ

Том 24, номер 3 (76), 2018 сентябрь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Тренды поголовья скота и спектральных характеристик поверхности пастбищ (на примере Средне-Гобийского аймака Монголии)
А.Н. Золотокрылин, С.Н. Бажа, Т.Б. Титкова, С.-Х.Д. Сыртыпова 3-10

О роли биотических и абиотических факторов в процессах закоривания почв залежных земель Баргузинской котловины
П.Д. Гунин, В.Л. Убугунов, Ю.А. Рупышев, В.И. Убугунова, С.Н. Бажа, Л.Д. Балсанова, Б.Ц. Балданов, Л.Б. Буянтуева, Т.М. Харпухаева, С.А. Холбоева, И.А. Петухов, Э.Г. Цыремпилов 11-24

Историко-экологический анализ распространения млекопитающих юга Европейской России по материалам Генерального межевания
В.Ю. Румянцев, Д.А. Хитров, А.А. Голубинский 25-35

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Исследование морфологических и морфометрических особенностей берегов Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов и ГИС-технологий
А.Е. Косолапов, Г.И. Скрипка, Л.А. Беспалова, О.В. Ивлиева, А.А. Филатов 36-42

Аккумуляция тяжелых металлов разнотравной степной растительностью по данным многолетнего мониторинга
Т.М. Минкина, С.С. Манджиева, В.А. Чаплыгин, О.Г. Назаренко, А.Ю. Максимов, И.В. Замулина, М.В. Бурачевская, С.Н. Сушкова 43-55

Ботаническое разнообразие равнинных степей Сухэ-Баторского и Дорноговь аймаков (Восточная Монголия)
И.М. Микляева, Д.С. Белявский 56-66

Восстановление растительности на мелиорированных солонцовых почвах Приергенинской равнины (Республика Калмыкия)
Н.М. Новикова, М.В. Конюшкова, С.С. Уланова 67-80

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Планктонные и донные сообщества в соленых реках бассейна оз. Эльтон: статистический анализ зависимостей
Т.Д. Зинченко, В.К. Шитиков, Л.В. Головатюк, В.А. Гусаков, В.И. Лазарева 81-88

ИСТОРИЯ НАУКИ

Растительность пустынь в исследованиях Лидии Яковлевны Курочкиной (к 90-летию со дня рождения)
Л.А. Димеева 89-93

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 3 (76), с. 3-10

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 551.5

ТРЕНДЫ ПОГОЛОВЬЯ СКОТА И СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТИ ПАСТБИЩ (НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕ-ГОБИЙСКОГО АЙМАКА МОНГОЛИИ)[1]

© 2018 г. А.Н. Золотокрылин*, С.Н. Бажа, Т.Б. Титкова*, С.-Х.Д. Сыртыпова****

**Институт географии РАН*
Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29. E-mail: azolotokrylin1938@yandex.ru
***Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: monexp@mail.ru

Поступила 27.05.2017

Анализируются линейно-корреляционные связи параметров MODIS (альбедо и температура поверхности, NDVI, эвапотранспирация) с температурой воздуха и осадками и с годовым поголовьем скота на пастбищах Монголии за период июнь-август 2000-2015 гг. Определена степень связанности годовой плотности поголовья скота со средними спектральными характеристиками поверхности пастбищ на уровне всей страны, аймака (области), сомона (района). Получены оценки линейных трендов годовой плотности поголовья скота и спектральных характеристик поверхности пастбищ в пределах Средне-Гобийского аймака. Показано, что плотность общего поголовья и с учетом его структуры на заданных территориях слабо связаны со средними на территориях спектральными характеристиками поверхности пастбищ. Исключение представляет сомон Гурвансайхан, где связи значимы и увеличение плотности поголовья повышает альбедо, снижает NDVI и в итоге уменьшает кормовую базу, и наоборот. Коэффициенты детерминации (R^2) свидетельствуют о незначимости линейных трендов альбедо, NDVI, эвапотранспирации, в отличие от значимого положительного тренда плотности поголовья. Тенденция похолодания и снижения осадков проявилась на территории в 2000-2015 гг. Спектральные характеристики пастбищ в годы резкого падения плотности поголовья (2000 и 2010 гг.) имеют незначительные отклонения от линии тренда, т.е. их чувствительность к резкому падению поголовья в данном случае минимальна.

Ключевые слова: MODIS, альбедо, NDVI, температура поверхности, эвапотранспирация, пастбища Монголии, многолетняя динамика поголовья скота.
DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00021

Традиционный тип землепользования в Монголии – пастбищное животноводство, от благоприятного состояния которого во многом зависит рост численности населения и его благополучие (Desertification Atlas …, 2014). В течение 1970-1990 гг. годовое количество скота на территории менялось от 20 до 25 млн. голов. Однако после 1995 г. количество поголовья удвоилось в связи с началом экономических реформ. При этом повысилась чувствительность возросшего поголовья к таким природным бедствиям, как зимний дзут, засухи (летний дзут), сильные ветры, экстремально холодные зимние температуры, после которых наступала бескормица и происходило катастрофическое падение поголовья. Основной причиной такого негативного явления считается кардинальное изменение кормовой емкости пастбищ в связи с интенсификацией процессов дигрессии пастбищной растительности (Гунин и др., 2009). Например, резкое падение поголовья, связанное с зимним дзутом и засухой, произошло в 1999-2002 и 2009-2010 гг. (Desertification Atlas …, 2014). Последствия комбинации зимнего дзута и засухи в течение 1999-2002 гг. наблюдались на 60-70% территории Монголии и стали причиной гибели 11 млн. голов скота. Подобная ситуация повторилась в 2010 г. в центральных и восточных районах (Desertification Atlas …, 2014). Ранее было отмечено, что в выбранном нами для исследований Средне-Гобийском аймаке (Дундговь) из-за бескормицы поздней зимой и ранней весной 2010 г. погибло 784884 голов скота (Shamsutdinov et al, 2015). Из трех сомонов этого аймака (Дэлгэрцогт, Эрденэдалай и Гурван-сайхан) первые два характеризовались

[1] Работа выполнена в рамках фундаментальной темы НИР № 01201352488.

наибольшими (53%) значениями падения численности, а третий – наименьшими (39%) (Статистический сборник …, 2017)

Основной принцип пастбищного животноводства «чем лучше условия (кормовая база), тем больше скота» можно выразить через связь спектральных характеристик пастбищ с плотностью поголовья скота. Тогда приближением кормовой базы может служить вегетационный индекс (NDVI), отрицательно коррелированной с альбедо. К настоящему времени считается установленным, что увеличение NDVI (снижение альбедо) отождествляется с улучшением кормовой базы и способствует росту плотности поголовья скота, и наоборот. В то же время такая зависимость между поголовьем и спектральными характеристиками может нарушаться как экстремальными природными явлениями (зимние и летние дзуты, эпизоотии и т.д.), так и значительным увеличением в структуре растительного покрова сорных однолетних видов из семейств сложноцветных (полыни) и маревых (солянки). По своим эколого-биологическим свойствам они характеризуются очень низкими кормовыми качествами, но в то же время способны создавать сообщества с высоким проективным покрытием и занимать довольно обширные территории (Казанцева, 2009).

Исследование направлено: 1) на определение степени связанности (корреляции) годовой плотности поголовья скота со средними спектральными характеристиками поверхности пастбищ в сезон максимальной вегетации, 2) на оценку и сравнение линейных трендов годовой плотности поголовья скота и спектральных характеристик поверхности пастбищ за июнь-август (NDVI, альбедо, температура поверхности, эвапотранспирация) в пределах трех модельных сомонов (Дэлгэрцогт, Эрдэнэдалай, Гурван-сайхан) Средне-Гобийского аймака Монголии. Цель работы состоит в попытке ответить на вопрос, выполняется ли основной принцип пастбищного животноводства в заданных сомонах аймака Дундговь.

Методика исследований

Территория исследования включает обширную часть центральной Монголии – аймак Дундговь. Выбранные модельные сомоны Дэлгэрцогт, Эрдэнэдалай и Гурван-сайхан (рис. 1) расположены в различных по своим природным характеристикам растительных зонах: Дэлгэрцогт и Эрдэнэдалай – в сухостепной зоне с доминированием травяных злаковых видов, а сомон Гурван-сайхан – в переходной к пустынной зоне с большим участием в структуре растительных сообществ пустынных кустарничковых видов (*Reamuria songarica, Anabasis brevifolia, Salsola passerina*) и травяных пустынно-степных (*Stipa gobica, S. Glareosa, Allium polyrrhizum, A. mongolica*).

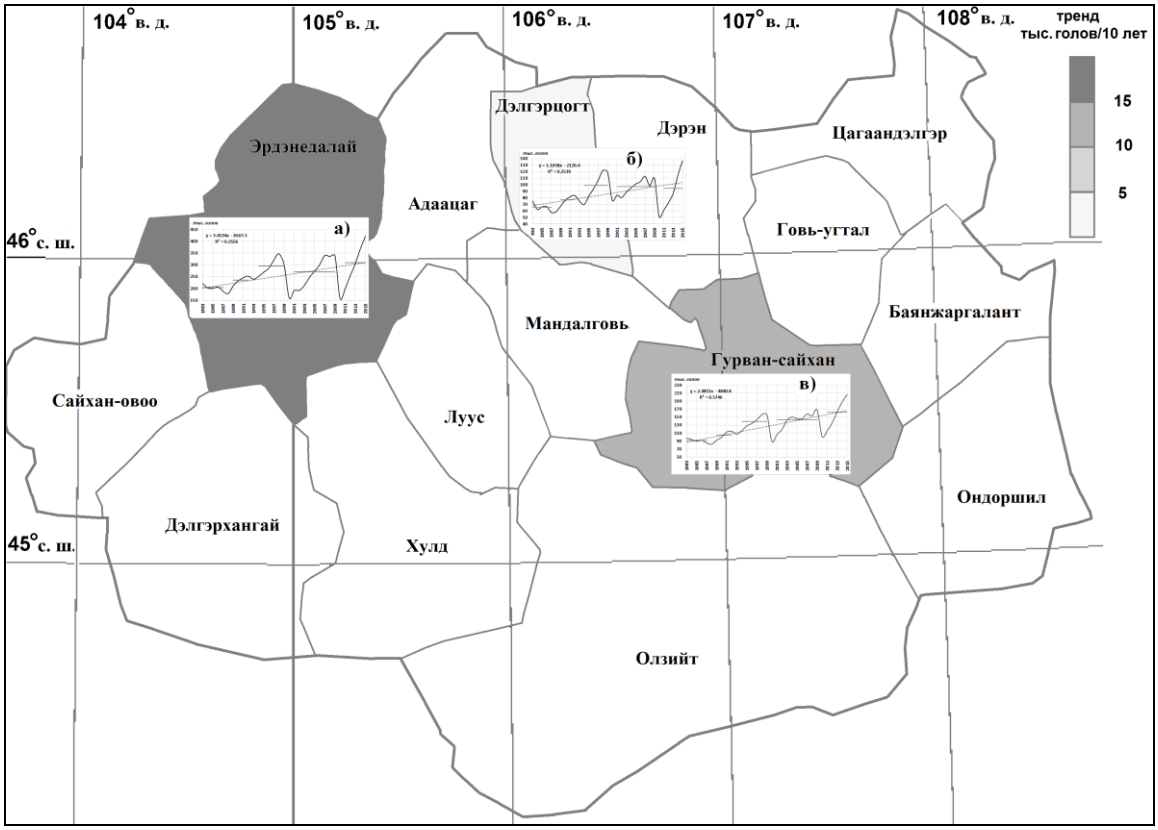
Антропогенную нагрузку на пастбища, связанную с выпасом домашнего скота, мы оценивали косвенно, на основе информации Национального статистического комитета Монголии о годовом поголовье скота на всей территории Монголии, на территории аймака Дундговь и отдельно для сомонов Дэлгэрцогт, Гурван-сайхан, Эрдэнэдалай за период 1983-2015 гг. (Статистический сборник …, 2017). Кроме абсолютной оценки поголовья скота в тысячах голов на заданных территориях мы определили плотность поголовья (число голов на 1 км^2). Дополнительно сделали перерасчет общего количества скота в условных единицах (овце-голов) на 1 га, согласно методике, применяемой в сухостепной и полупустынной зонах Республики Калмыкии (Постановление …, 2014). При расчете фактической нагрузки скота на пастбища использовали следующие коэффициенты перевода: 1 крс – 6 у.е., 1 лошадь – 10 у.е., 1 верблюд – 10 у.е., 1 коза – 1 у.е.

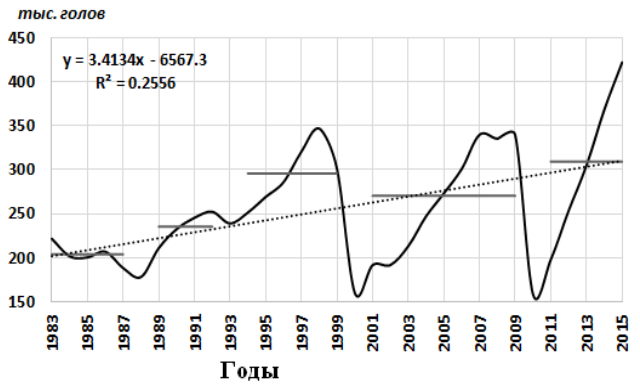
Так как начало рядов параметров MODIS датируется 2000 г., то их совместный анализ с рядами поголовья проведен для периода 2000-2015 г.

Пространственно-временное изменение параметров пастбищ (альбедо (Al), температура поверхности (Ts), вегетационный индекс (NDVI)) оценивали по спутниковым данным MODIS (The Moderate-Resolution …, 2017) центра LP DAAC NASA: Land Processes Distributed Active Archive Center за период июнь-август 2000-2015 гг. Данные MODIS представлены средними значениями параметров за 16 дней, начиная с периода 10-25 июня и заканчивая 13-28 августа. Далее средние параметры за все 6 периодов мы усреднили для заданной территории и условно приняли, что они характеризуют летний период (июнь-август). Горизонтальное разрешение 0.05x0.05 (примерно 5x5 км) было принято для всех параметров.

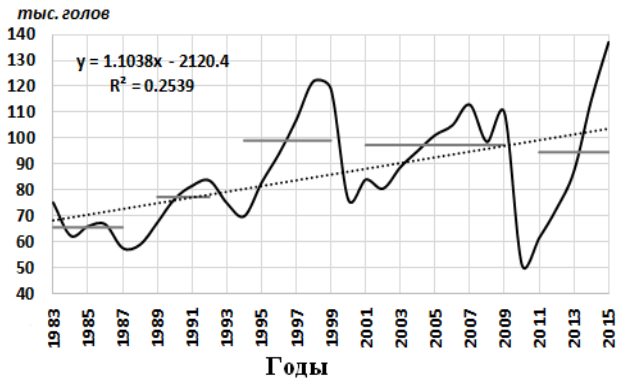
Альбедо (BRDF-Albedo Model Parameters 16-Day L3 0.05 Deg CMG) определяли по модели MCD43 C1 с дискретностью 16 дней (MODIS/Terra+Aqua BRDF/Albedo). Значения вегетационного индекса NDVI (Vegetation Indices Monthly L3 Global 0.05 Deg CMG) получили по данным

MODIS/Terra модели MOD13C1 – с дискретностью в 16 дней. Температура поверхности (Land Surface Temperature and Emissivity Monthly L3 Global 0.05 Deg CMG) определяли по модели MOD11 C2 по данным спутника MODIS/Terra с периодичностью 8 дней. По двум 8-дневным срокам вычисляли среднее за период 16 дней, идентичным периодам для альбедо и NDVI.

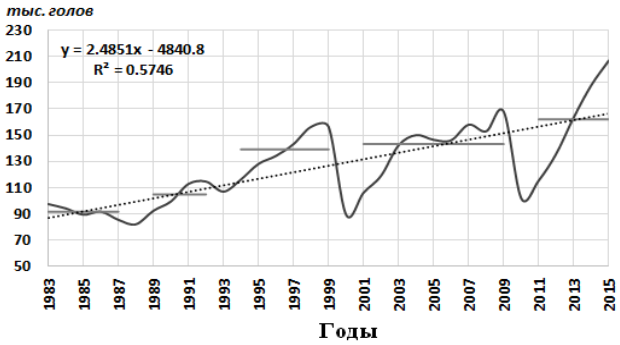




а)



б)



в)

Рис. 1. Административная карта аймака Дундговь с врезками междугодового хода поголовья скота в сомонах Эрдэнэдалай (а), Дэлгэрцогт (б), Гурван-сайхан (в).

Среднее значение каждого спутникового параметра (альбедо, NDVI, температуры поверхности) рассчитывали по 16-дневным срокам (10-25 июня, 26 июня-11 июля, 12-27 июля, 28 июля-12 августа, 13-28 августа) для каждого года с разрешением 0.05x0.05 для территории всей Монголии, аймака Дундговь и отдельно для сомонов Дэлгэрцогт, Эрдэнэдалай и Гурван-сайхан.

Данные MODIS Global Evapotranspiration Project (MOD16) использованы для вычисления месячных сумм эвапотранспирации за июнь-август. Набор данных охватывает период 2000-2014 гг. с регулярным шагом 1 км^2.

Кроме исследования связи между поголовьем скота и спектральными характеристиками пастбищ проведено графическое сравнение межгодового хода некоторых характеристик климата (средней температуры воздуха и суммы осадков за летний сезон) и двух спектральных характеристик пастбищ: средней температуры поверхности и суммы эвапотранспирационного расхода влаги за лето. Для построения графиков использовали данные метеостанции Гурван-сайхан и спектральные данные, осредненные на территории сомона Гурван-сайхан.

Результаты и их обсуждение

Плотность поголовья скота на территории сомонов значительно выше, чем на территориях более крупных административных единиц (аймак, территория Монголии; рис. 2). Амплитуды междугодового хода плотности поголовья скота различны на сравниваемых территориях: сомоны Дэлгэрцогт и Эрдэнэдалай характеризуются повышенной амплитудой, а сомон Гурван-сайхан, аймак Дундговь, территория Монголии – пониженной. Рост плотности поголовья наблюдался с 2000 г. на всех территориях вплоть до 2010 г., когда произошел катастрофический падеж скота вследствие дзута. В этот год плотность в целом для всей территории Монголии уменьшилась почти до 20, а в аймаке Дундговь – до 15 голов. После 2010 г. плотность вновь стала возрастать, причем сильнее всего в сомонах Дэлгэрцогт и Эрдэнэдалай.

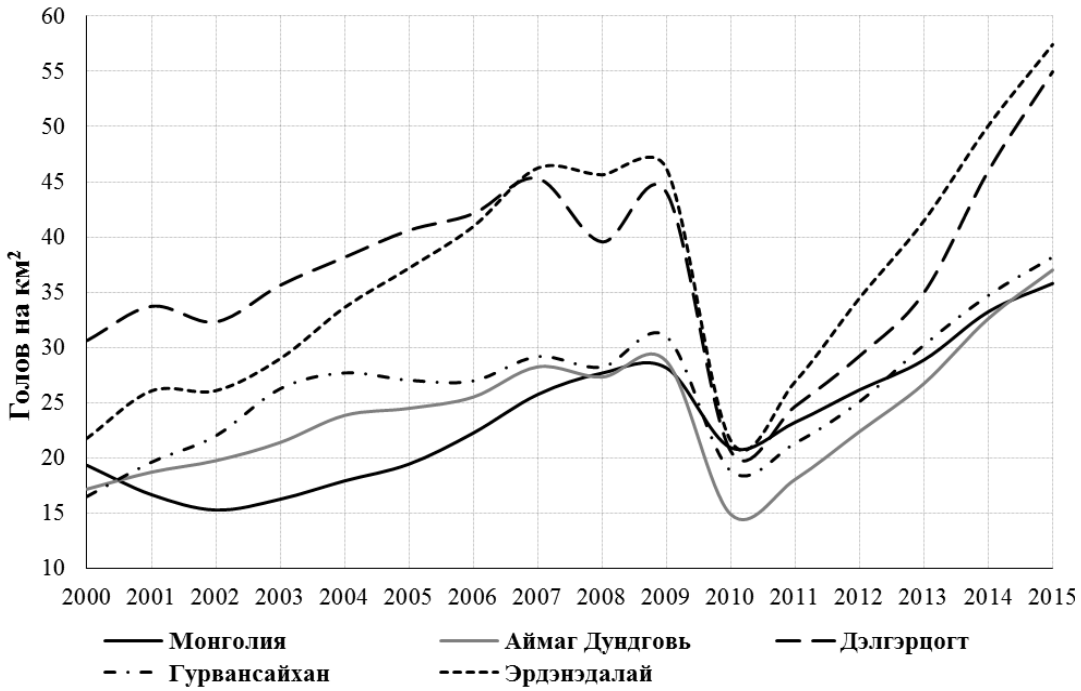


Рис. 2. Плотность поголовья скота на 1 км^2 на территории Монголии, аймака Дундговь и сомонов Дэлгерцогт, Гурван-сайхан, Эрдэнэдалай.

Плотность поголовья на заданных территориях слабо связана со средними на территориях спектральными характеристиками поверхности пастбищ (табл. 1) В результате корреляционная связь между плотностью поголовья и большинством параметров поверхности пастбищ низкая и не значимая. Исключение представляет значимая отрицательная связь плотности поголовья с температурой поверхности (-0.58 с вероятностью 0.95, R^2=34%) в сомоне Эрдэнэдалай. Но для других

территорий вероятность значимости связи понижается до 0.8 (аймак Дундговь, сомон Гурвансайхан). В то же время связь не значима для сомона Дэлгэрцогт.

Таблица 1. Коэффициенты корреляция между годовым поголовьем скота и спектральными характеристиками поверхности пастбищ.

Поголовье на территориях	Al	NDVI	Ts	ET
Аймак Дундговь	-0.05	0.01	**-0.47**	0.08
Сомон Дэлгэрцогт	-0.09	-0.11	-0.25	0.13
Сомон Гурван-Сайхан	**0.45**	-0.24	-0.28	-0.06
Сомон Эрдэнэдалай	0.02	-0.23	**-0.58**	-0.14

Примечания к таблице 1 и 2, рисунку 3: выделены значимые коэффициенты корреляции с вероятностью 0.9; AL − альбедо, NDVI − вегетационный индекс, Ts − температура поверхности, ET − эвапотранспирация.

Как следствие увеличения антропогенной нагрузки на пастбища в результате роста плотности поголовья при средних климатических условиях может служить сокращение кормовой базы. В терминах спектральных характеристик пастбищ это – снижение NDVI, рост альбедо и повышение температуры поверхности. Эта связь между характеристиками пастбищ лежит в основе принципа пастбищного животноводства «чем лучше условия (кормовая база), тем больше скота». Из трех сомонов он полностью выполняется только на территории сомона Гурван-сайхан (табл. 1).

Здесь отмечается значимая положительная корреляция между плотностью поголовья и альбедо (0.45), отрицательная корреляция с NDVI (-0.24 с вероятностью значимости 0.65). Также между альбедо и NDVI существует значимая обратная связь (коэффициент корреляции равен -0.85 с вероятностью значимости 0.95). Таким образом, увеличение плотности поголовья в сомоне вызывает повышение альбедо, падение NDVI и в итоге снижение кормовой базы, и наоборот. С нашей точки зрения, это связано прежде всего с более устойчивым к аридизации растительности из пустынно-степных и в особенности пустынных кустарничковых видов, которые практически ежегодно в той или иной степени воспроизводят продукцию.

На территории остальных сомонов основной принцип пастбищного животноводства полностью не выполняется. Причиной этого является более высокая плотность поголовья скота, чем в сомоне Гурван-сайхан. В сомонах Дэлгэрцогт и Эрдэнэдалай из-за высокой плотности поголовья сезонные погодные вариации увлажнения, формирующие кормовую базу, сравнимы с антропогенной нагрузкой на пастбища. Всё это нарушает значимые корреляционные связи между сезонными, погодно-зависимыми характеристиками пастбищ и численностью животных. В связи с этим напрашивается вывод, что основной принцип пастбищного животноводства не выполняется на территории аймака Дундговь и страны в целом.

Дополнительный корреляционный анализ с учетом структуры поголовья скота с пересчетом пастбищных нагрузок в условных единицах овце-голов существенно не изменил результат о слабой связи условного поголовья и спектральных характеристик пастбищ (табл. 2). В результате связь между условным поголовьем и альбедо поверхности в сомоне Гурван-сайхан стала незначимой, что свидетельствует о нарушении основного принципа пастбищного животноводства в данном случае.

Таблица 2. Коэффициенты корреляция между коэффициентом фактической нагрузки на пастбища общего поголовья скота в условных единицах овце-голов и спектральными характеристиками поверхности пастбищ.

Поголовье на территориях	Al	NDVI	Ts	ET
Аймак Дундговь	0.02	0.01	**-0.47**	0.14
Сомон Дэлгэрцогт	0.18	-0.21	-0.13	0.17
Сомон Гурван-Сайхан	0.27	-0.12	**-0.43**	-0.15
Сомон Эрдэнэдалай	0.05	0.07	**-0.54**	-0.12

На рисунке 3 представлен междугодовой ход климатических и спектральных характеристик пастбищ на примере сомона Гурван-сайхан. Как видно из рисунка, отклонения альбедо от линии тренда противоположны отклонениям NDVI, что свидетельствует об обратной связи между ними (коэффициент корреляции равен -0.95 при доверительной вероятности 0.95). Коэффициенты детерминации (R^2) свидетельствуют о незначимости линейных трендов альбедо, NDVI и эвапотранспирации, в отличие от значимого положительного тренда плотности поголовья. Значимые отрицательные линейные тренды температуры воздуха (поверхности), а также осадков указывают, соответственно, на наблюдаемое похолодание и иссушение на территории. Отмечается значимая положительная связь между температурой воздуха и поверхности (коэффициент корреляции равен 0.6 с вероятностью 0.95), а также между осадками и эвапотранспирацией (0.3 с вероятностью 0.80).

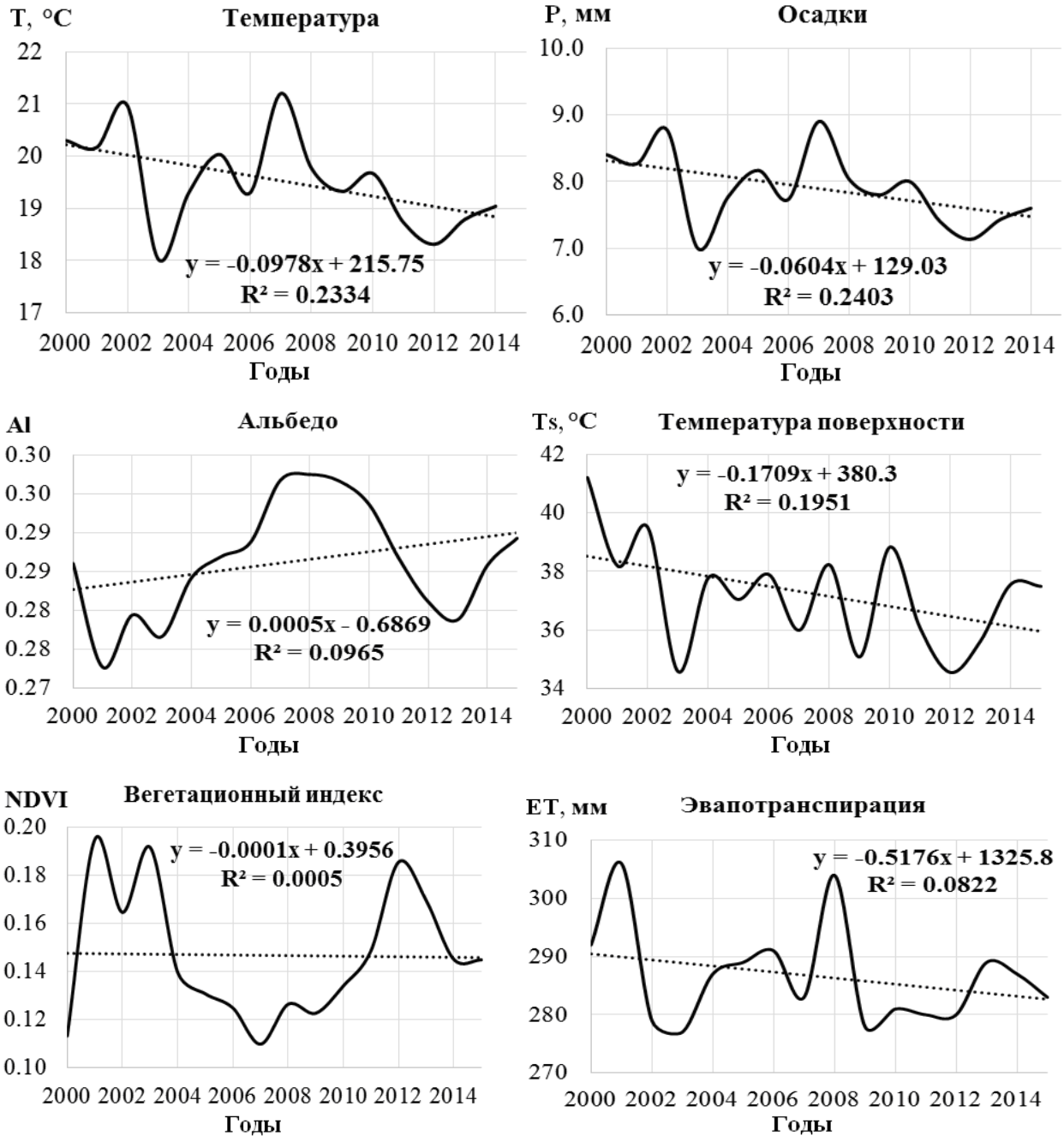


Рис. 3. Междугодовой ход климатических и спектральных характеристик поверхности пастбищ в сомоне Гурван-сайхан.

Важно отметить, что спектральные характеристики пастбищ в годы резкого падения плотности поголовья (2000 и 2010 гг.) имеют незначительные отклонения от линии тренда, т.е. их чувствительность к резкому падению поголовья в данном случае минимальна.

Интересно рассмотреть распространение «островов» опустынивания в последовательные пятилетия на территории аймака, как следствие аридизации и антропогенной деградации пастбищ (Золотокрылин и др., 2016; рис. 4). Как видно на рисунке, «остров» опустынивания сильной интенсивности наблюдался преимущественно в сомоне Дэлгэрцогт в 2005-2009 гг. Он сохранился и в пятилетие 2010-2014 гг., но интенсивность его ослабла до умеренного вследствие увеличения атмосферного увлажнения (Золотокрылин и др., 2016). Высокая плотность поголовья и продолжающееся опустынивание пастбищ в сомоне Дэлгэрцогт нарушают связи поголовья со спектральными характеристиками и, следовательно, основной принцип пастбищного животноводства. Исключение представляет Гурван-сайхан, где плотность поголовья низкая и существуют только предпосылки опустынивания. Здесь связи значимы и уменьшение плотности поголовья снижает альбедо, повышает NDVI и в итоге увеличивает кормовую базу, и наоборот.

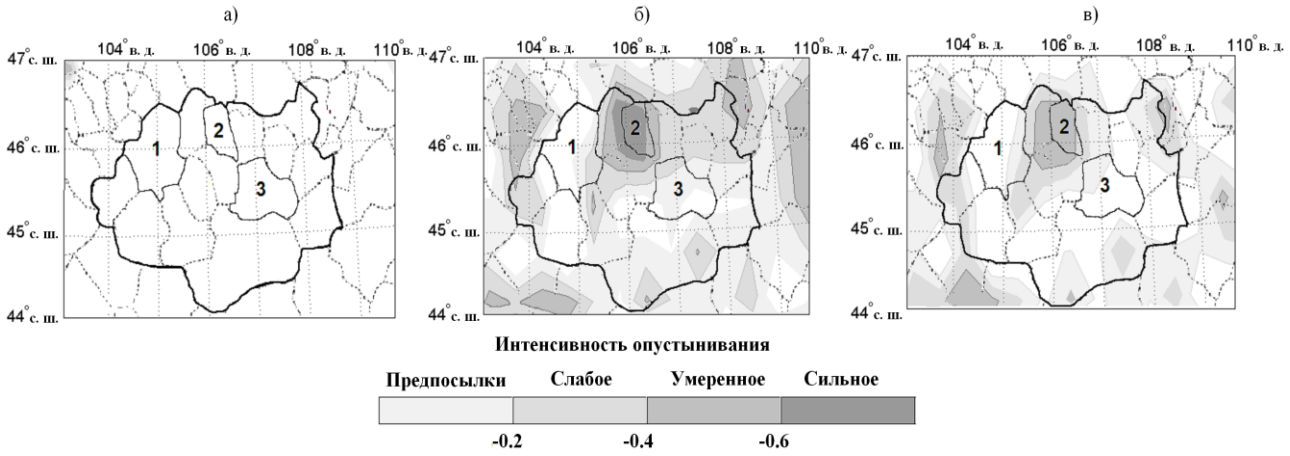


Рис. 4. «Острова» опустынивания разной интенсивности на территории аймака Дундговь в разные временные периоды: а) – 2000-2004 гг., б) – 2005-2009 гг., в) – 2010-2014 гг. *Условные обозначения:* 1) сомон Эрдэнэдалай, 2) Дэлгэрцогт, 3) Гурван-сайхан.

Заключение

Из анализа трендов годового поголовья скота и спектральных характеристик поверхности пастбищ (стандартные MODIS продукты) следуют выводы, представленные ниже.

Плотность поголовья скота на территории исследуемых сомонов различается в 1.5-2 раза. Но в годы падежа скота в разных сомонах она выравнивается и достигает примерно 20 голов на 1 км^2.

Плотность поголовья на заданных территориях как общего, так и с учетом структуры поголовья скота слабо связаны со средними на территориях спектральными характеристиками поверхности пастбищ. Исключение представляет сомон Гурван-сайхан, где связи более значимы, а увеличение плотности поголовья ведет к повышению альбедо, снижению NDVI и кормовой базы, и наоборот.

Основной принцип пастбищного животноводства «чем лучше условия (кормовая база), тем больше скота» из трех сомонов выполняется только на территории сомона Гурван-сайхан, где более низкая плотность поголовья и существуют только предпосылки опустынивания. В остальных сомонах значимые корреляционные связи между сезонными, погодно-зависимыми спектральными характеристиками пастбищ и численностью животных разрушаются из-за повышенной антропогенной нагрузки и интенсивного опустынивания. Кроме того, как известно, именно в пастбищных экосистемах сомонов Дэлгэрцогт и Эрдэнэдалай за годы снятия ограничений выпаса произошли резкие изменения за счет элиминации доминантных видов злаков (*Stipa krylovii, Agropyron cristatum, Cleistogenes squarrosa* и др.) и их замещения пустынно-степным видом из *Allium polyrrhizum*, который к настоящему времени на значительной площади сформировал моно-доминантные сообщества, вегетирующие только при увлажнении. По мнению опытных

животноводов, это в свою очередь привело к смене состава поедаемых трав – его однообразию, что естественно сказалось на снижении физиологического состояния домашних животных и утрате адаптации к неблагоприятным погодным условиям. Кроме того, было обнаружено, что *Allium polyrrhizum* в период вегетации накапливает в листьях большое количество токсических веществ, вызывающих отравление животных и даже их гибель (Buyantogtokh et al., 2009).

Коэффициенты детерминации (R^2) свидетельствуют о значимых отрицательных линейных трендах средней температуры и сумм осадков в период июнь-август и о незначимости линейных трендов альбедо, NDVI и эвапотранспирации, в отличие от значимого положительного тренда плотности поголовья. Значимые отрицательные тренды температуры воздуха (поверхности) и осадков указывает на похолодание и иссушение соответственно в период 2000-2015 гг.

Спектральные характеристики пастбищ в годы резкого падения плотности поголовья (2000 и 2010 гг.) имеют незначительные отклонения от линии тренда, т.е. их чувствительность к резкому падению поголовья в данном случае минимальна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Иванов Л.А., Иванова Л.А., Казанцева Т.И., Мигалина С.В., Микляева И.М., Ронжина Д.А., Арихиболд Э., Хадбаатор С., Цооги Ш., Цэрэинханд Г. 2015. Региональные особенности процессов опустынивания экосистем на границе на границе бассейна Байкала и Центрально-азиатского бессточного бассейна // Аридные экосистемы. Т. 21. № 3 (64). С. 5-22.

Гунин П.Д., Энхамчалан С., Ганболд Э., Данжалова Е.В., Баясгалан Д., Цэрэинханд Г., Голованов Д.Л., Петухов И.А., Дробышев Ю.И., Концов С.В., Бажа С.Н., Андреев А.В., Хадбаатар С., Арихиболд Э., Пурэвжав Г. 2009. Особенности деградации и опустынивания пастбищных экосистем Монголии // Ботаникийн хурээлэнгийн эрдэмшинжилгээний бутээк. Уланбаатар хот. С. 104-127.

Золотокрылин А.Н., Гунин П.Д., Титкова Т.Б., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Казанцева Т.И. 2016. Диагностика динамики опустынивания аридных пастбищ Монголоии по наблюдениям на ключевых участках и MODIS-данным // Аридные экосистемы. Т. 22. № 3 (68). С. 9-19.

Казанцева Т.И. 2009. Продуктивность зональных растительных сообществ степей и пустынь Гобийской части Монголии. М.: Наука. 336 с.

Постановление Правительства Республики Калмыкия № 118 от 31 марта 2014 года «Об изменении норм нагрузки скота на пастбища на территории Калмыкии» [Электронный ресурс http://docs.cntd.ru/document/412301051 (дата обращения 6.12.17)].

Статистический сборник. Поголовье скота по видам, географическим поясам, административным единицам. 2017 [Электронный ресурс http:1212.mn/statHtml/statHtml.do (дата обращения 15.05.17)].

Buyantogtokh Ch., Oyuntsetseg G. 2009. Influence of desertification on new current issues of endemic diseases in Mongolia // Int. Semposium «Mongolian ecosystems and desertification». Ulaanbaatar. P. 71-72.

Desertification Atlas of Mongolia. 2014. Ulaanbaatar. 133 p.

MODIS Global Evapotranspiration Project (MOD16). [Электронный ресурс http://www.ntsg.umt.edu/project/modis/mod16.php (дата обращения 15.05.17)]

Shamsutdinov Z.Sh., Enkh-Amgalan S., Gunin P.D., Dugarjav Ch. 2015. About the Main Directions of Sustainable Development of Pasture Management in the Arid Regions of Mongolia // Protocol of International Conference “Ecosystems of Central Asia under Current Conditions”. Ulaanbaatar, Mongolia. Vol. 1. Pp. 55-60.

The Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer. 2017 [Электронный ресурс https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_products (дата обращения 15.05.17)].

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 3 (76), с. 11-24

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 57.04 (631.4), 579.2

О РОЛИ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ПРОЦЕССАХ ЗАКОРИВАНИЯ ПОЧВ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ БАРГУЗИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ[1]

© 2018 г. П.Д. Гунин*, В.Л. Убугунов, Ю.А. Рупышев**, В.И. Убугунова**, С.Н. Бажа*, Л.Д. Балсанова**, Б.Ц. Балданов**, Л.Б. Буянтуева**, Т.М. Харпухаева**, С.А. Холбоева***, И.А. Петухов*, Э.Г. Цыремпилов****

**Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: monexp@mail.ru
***Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения РАН*
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6. E-mail: ubugunova57@mail.ru
****Бурятский государственный университет*
Россия, 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, д. 24 а. E-mail: kholboeva@mail.ru

Поступила 08.01.2018

В статье приводятся результаты исследований состояния почвенного и растительного покрова залежных земель в степных экосистемах Баргузинской котловины в Бурятии. Исследован процесс закоривания почв залежных земель в результате формирования на поверхности мохово-лишайникового покрова, приводящего к замедлению восстановительных процессов в растительных сообществах. Выявлены основные причины трансформации демутационных процессов, которые отличаются в Баргузинской котловине от классической схемы восстановления растительных сообществ, выявленных ранее для залежных земель степной зоны Казахстана, Южной Сибири и Монголии.

Ключевые слова: закоривание песчаных почв, залежные земли, демутационные процессы, биотические и абиотические факторы, биологические почвенные образования.
DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00022

Сейчас проблема деградации залежных земель проявляется особенно остро в регионах Центральной Азии и Южной Сибири, поскольку при освоении целинных земель в 1950-70-е годы значительные площади степей были распаханы в ландшафтах с континентальными климатическими условиями и почвами легкого механического состава. В последующие годы восстановление растительности на залежах протекало по типу вторичных сукцессий, относящихся к сингенетическим сменам растительности. Вопросам демутации залежных земель и непосредственно процессу восстановления естественной растительности и почвенного плодородия уделяется много внимания. В частности, эти проблемы изучались и в разных регионах, находящихся в похожих почвенно-климатических условиях: в Казахстане (Марынич, Рачковская, 2008), в Бурятии (Быков, Намзалов, 1999; Давыдова и др., 2012); в Монголии (Микляева, 1996) и прочих. Все они касаются изучения видового состава и структуры вторичной растительности, количества стадий восстановления и их продолжительности. В целом все специалисты приходят к выводу, что процесс естественного восстановления степных растительных сообществ протекает в большинстве степных регионов по классической схеме или близкой к ней, ранее заданной Е.М. Лавренко для распаханных земель степной зоны и состоящей из 5 стадий: стадии одно-, двухлетних сорняков, бурьянистой стадии, стадии корневищных растений, стадии дерновинных злаков и, наконец, стадии вторичной целины (Лавренко, 1940).

При более детальных исследованиях сукцессионного развития почвенно-растительного покрова (ПРП) на залежных землях песчано-супесчаного гранулометрического состава, было обнаружено, что процесс восстановления ПРП в таких литолого-геоморфологических условиях существенно отличается от всех ранее изученных. Эти отличия выражены, прежде всего, в количественно-качественных характеристиках стадий. Такой процесс был зарегистрирован нами на массивах

[1] Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-29-05019.

залежей, расположенных на наклонных песчаных равнинах (куйтунах[2]) в Баргузинской котловине (Гунин и др., 2015). Результаты предварительного изучения особенностей восстановления залежных земель показали, что они напрямую связаны с формированием биологических почвенных корочек (БПК) на поверхности песчаного рельефа, развитие которых, в конечном итоге приводит к закориванию.

Впервые термин «закоривание» в отечественной науке был введен Е.А. Шингаревой при рассмотрении образования поверхностной корочки на пастбищах песчаной пустыни Каракумы при длительном отсутствии выпаса (Шингарева, 1940). При этом отмечалось, что главную роль при формировании корочки на поверхности песков играет пустынный мох *Tortula desertorum* и различные виды лишайников, которые своими ризоидами скрепляют песчаные частицы, непосредственно участвуя в коркообразовании. В связи с этим ландшафты, покрытые сформированными на больших площадях корками, получили название «кара-харсанги». Впоследствии карахарсанговые пастбища, отличающиеся своей флористической бедностью и низкими показателями фитомассы высшей растительности, были изучены и в других регионах песчаных пустынь Средней, Передней и Центральной Азии: в Низменных Каракумах (Нечаева, 1979; Orlovsky et al., 2004), Восточных Каракумах (Гунин, 1990; Гунин, Дедков, 1984), Кашкакумах (Пьянков и др., 1986), в пустыне Гурбантунгут Северного Синцзяна (Zhang et al., 2007), в приграничной зоне пустыни Негев (Karnieli, Tsoar, 1995) и в ряде других аридных областей. Во всех перечисленных регионах процесс закоривания сопровождался значительным снижением пастбищной нагрузки на удаленных от водопоев участках, или полным отсутствием выпаса скота в пределах ООПТ. В ходе изучения функциональной роли мохово-лишайниковых корочек в экосистемах песчаных пустынь практически все исследователи пришли к выводу, что вследствие снижения водопроницаемости, ухудшения аэрации верхнего слоя почвы, а также ингибирующего влияния продуктов метаболизма на прорастание семян, происходит угнетение развития высшей флоры.

В связи с обнаружением процессов закоривания на залежных землях степной зоны Баргузинской котловины перед нами стояла задача по картографированию экосистем с процессами закоривания, определению степени участия низших растений (бактерии, актиномицеты, лишайники), а также мхов на разных стадиях формирования БПК и их воздействия на физико-химические условия почвенных горизонтов.

Объекты, материалы и методы исследований

Как уже упоминалось, исследования проводили на песчаном массиве «Верхний Куйтун» (рис. 1, табл. 1), расположенном в центральной части Баргузинской котловины Республики Бурятии, который в 2014 году выбрали в качестве ключевого участка в рамках работы по региональным темам НИР: № АААА-А17-117011810036-3; ФАНО 0337-2016-0001 и № АААА-А17-117011810038-7; ФАНО 0337-2016-0005.

Крупнодерновинные злаковые степи, некогда доминировавшие здесь (Климова, 1958), в недавнем историческом прошлом были распаханы, а в 90-е годы прошлого века были заброшены и перешли в залежи (Гомбоев, 2006). На данном ключевом участке были исследованы механизмы, как взаимодействия, так и взаимоисключения между активно проходящими дефляционно-аккумулятивными процессами и процессами закоривания песчаных поверхностей. Небольшие участки сохранившихся коренных степей Нижнего и Верхнего куйтунов представлены несколькими формациями: ковыльной (*Stipa baicalensis, S. krylovii*), мелкодерновинно-злаковой (*Koeleria cristata, Poa botryoides, Cleistogenes squarrosa*), житняковой (*Agropyron cristatum*) и разнотравно-злаковой. В настоящее время на этих целинных, но сильно трансформированных участках растительные ассоциации включают в основном дигрессионные виды (*Carex duriuscula, Potentilla acaulis, Artemisia frigida, Veronica incana*), а также сорные (*Artemisia commutata, Chamaerhodos erecta*) и др. при незначительном участии злаков (*Stipa krylovii*; Намзалов, Басхаева, 2006).

Природные условия и экосистемы. Территория ключевого участка расположена на водораздельном пространстве и ограничена с трех сторон долинами рек: Гарга – с Севера, Баргузин – с Запада и Аргада – с Юго-Востока. С восточной стороны участок включает массивы соснового леса,

[2] Куйтун в переводе с бурятского объединяет два понятия: холод и обширные плоские, приподнятые степные пространства вдали от лесов, представляющие собой хорошие просторные пастбища и пахотные земли.

спускающегося в Баргузинскую котловину с Икатского хребта. Как показано на карте (рис. 1), ключевой участок имеет прямоугольную форму и расположен между 54° 07'-54° 26' с.ш. и 110° 28'-110° 45' в.д. Общая площадь участка – около 241.6 км^2. Он представляет собой наклонную пологоволнистую равнину с древнеэоловым бугристо-грядовым рельефом сложенными средне- и мелкозернистыми песчаными грунтами. По своей ландшафтной характеристике он представляет собой предгорно-равнинный лесостепной с сосновыми лесами, разнотравно-злаковыми деградированными степями и залежами с различной степенью эродированности и закоренности поверхности.

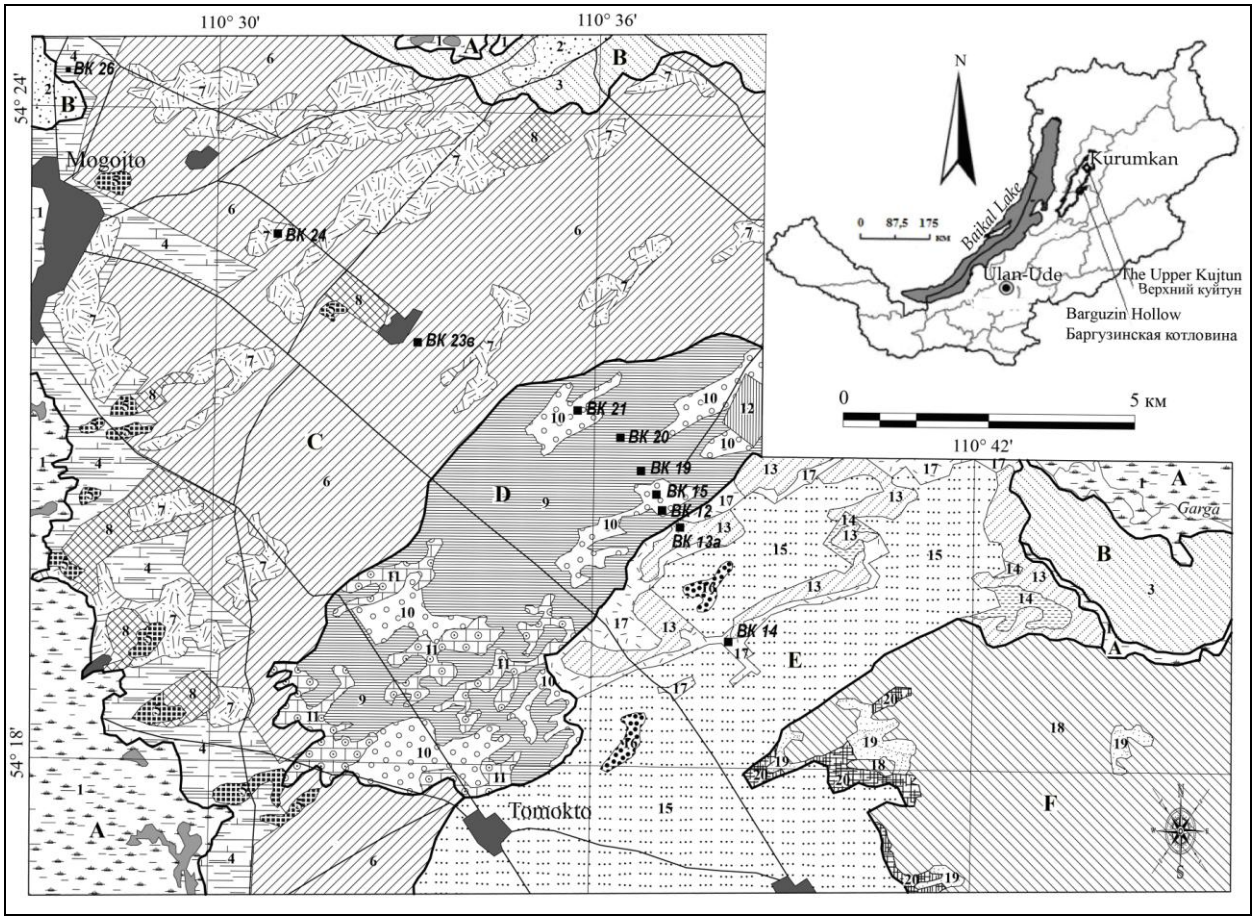


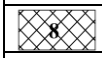
Рис. 1. Экосистемы и пробные площади ключевого участка «Верхний Куйтун».

Изучение восстановления экосистем после агрогенного воздействия проводилось на трансекте длиной около 23 км, пересекающей песчаный массив с ЮВ на СЗ, на которой было заложено 10 постоянных пробных площадей (Убугунов и др., 2017).

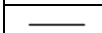
Поверхность участка на всей протяженности трансекты имеет следы древнеэоловой обработки с закрепленным почвенно-растительным покровом дюнным, реже барханным рельефом, котловинами и коридорами выдувания. Эрозионная деятельность ветра в значительно меньших масштабах локально сохранилась и в настоящее время в наиболее активных ветровых коридорах с дефлированным частично или полностью почвенным покровом.

Особенностью почвообразующих песков данной территории является отсутствие цементации и большая рыхлость. Они представлены преимущественно мелкозернистыми фракциями и возникли от выветривания известково-щелочных биотитовых гранитов. По минералогическому составу эоловые пески относятся к кварц-полевошпатовым: кварца содержится от 20 до 84%, а полевого шпата – от 10 до 68%. Особенностью песков является крайне низкая поглотительная способность, насыщенность основаниями, нейтрально-щелочная реакция среды. Легкий гранулометрической состав определяет основные водно-физические свойства песков. Они имеют высокую порозность, водопроницаемость, низкие значения наименьшей влагоемкости и малый диапазон активной влаги (Убугунов и др., 2016).

Таблица 1. Легенда к карте экосистем ключевого участка «Верхний Куйтун».

Индекс	Название экосистем	км^2/%*
	A) *Разноуровневые поймы рр. Баргузин и Гарга* (500-511 м н.у.м. БС): с мезофильными и болотистыми лугами на песчаных и иловато-песчаных аллювиальных почвах, в сочетании с ивняками, тополевыми, березово-сосновыми (с участием ели) лесами, с фрагментами твердоватоосочково-холоднополынных степей, на аллювиальных песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых гравийными песками и гравийно-галечниковым материалом	16.60/6.87
	B) *Слабоволнистые первые надпойменные террасы и высокая пойма рр. Баргузин и Гарга* (510-530 м н.у.м. БС): с сосновыми остепненными редкостойными лесами на песчаных боровых почвах молодых дюнных приречных массивов, сложенных эоловыми малопылеватыми песками	1.58/0.65
	Со среднедеградированной твердоватоосочково-холоднополынной степью на песчаных и супесчаных каштановых почвах, подстилаемых аллювиальными галечниками, по старичным понижениям – с заболоченные лугами	10.46/4.33
	C) *Высокая слабонаклонная терраса рр. Баргузин и Гарга с древнедюнным рельефом* (535-560 м н.у.м. БС)*, с песчаными и супесчаными сильно нарушенными и деградированными (СНиД) каштановыми почвами:* на целинной слабо опесчаненой и дефлированной поверхности с деградированной твердоватоосочково-лапчатковой и твердоватоосочково-злаковой степью;	12.98/5.37
	На сильно опесчаненной и дефлированной поверхности с разреженным пырейным сообществом;	1.87/0.78
	На старых залежах, покрытых сорной однолетне-полынной растительностью на агроземах по зональным почвам, с засохшими, усыхающими, живыми тополевыми лесополосами; со средней и слабой опесчаненностью и дефлированностью поверхности, местами с закоренным мохово-лишайниковым покровом;	68.15/28.2
	На средне и сильно опесчаненной и дефлированной поверхности с разреженными однолетниками;	16.55/6.85
	На опесчаненной поверхности с сосновыми лесопосадками;	4.41/1.83
	D) *Наклонная равнина* (560-630 м н.у.м. БС) *с пересеченным древнедюнным и грядово-дюнным рельефом, занятым старыми залежами – агроземами на песчаных и супесчаных СНиД каштановых почвах, с засохшими тополевыми лесополосами:* на старых залежах со слабой опесчаненностью и дефлированностью поверхности, зубровково-полынно-пырейное с сильно развитым мохово-лишайниковым покровом;	21.19/8.77
	Со средней опесчаненностью и дефлированностью поверхности с разреженным разнотравьем;	6.61/2.73
	На старых залежах сильно опесчаненных и дефлированных с однолетними полынями;	4.92/2.04
	С усыхающими сосновыми лесопосадками;	0.53/0.22
	E) *Приводораздельные слабонаклонные равнины* (620-740 м н.у.м. БС) *с древнедюнным сглаженным рельефом и слаборазвитым напочвенным мохово-лишайниковым покровом на СНиД каштановых почвах:* с островными массивами сосновых и березово-сосновых разреженных остепненных лесов (по периферии часто засохшими и усыхающими) на темно-серых песчаных и супесчаных почвах;	6.49/2.68
	E) Приводораздельные слабонаклонные равнины (620-740 м н.у.м. БС) с древнедюнным сглаженным рельефом и слаборазвитым напочвенным мохово-лишайниковым покровом на СНиД каштановых почвах: с островными массивами сосновых и березово-сосновых разреженных остепненных лесов (по периферии часто засохшими и усыхающими) на темно-серых песчаных и супесчаных почвах;	6.49/2.68

Продолжение таблицы 1.

Индекс	Название экосистем	км^2/%*
	С фрагментами сосняков и подростом березняка (усыхающим и живым), на песчаных и супесчаных каштановых почвах;	0.95/0.39
	С молодыми залежами – агроземами по песчаным и супесчаным каштановым почвам, с сорной степной растительностью и сосновыми лесополосами (живыми и усыхающими), полынно-пырейно-леймусовое местами с присутствием мохово-лишайникового покрова;	32.98/13.65
	С молодыми залежами на песчаных и супесчаных агроземах сильно опесчаненных и дефлированных с разреженной полынно-пырейной растительностью;	0.57/0.24
	Со злаковыми и разнотравно-злаковыми остепненными высыхающими сосновыми лесами на песчаных и супесчаных агроземах;	3.89/1.61
	F) *Приводораздельная пологоувалистая возвышенная равнина (абс. высоты 600-720 м) с древнедюнным сглаженным рельефом:* с крупными массивами сосновых лесов (часто, усыхающих по периферии) и вторичных сосново-березовых лесов, обычно с примесью осины, на песчаных и супесчаных темно-серых почвах;	24.78/10.26
	С фрагментами сосняков преимущественно с березовым мелколесьем, на песчаных и супесчаных каштановых почвах;	1.44/0.60
	С небольшими участками твердоватоосочково-ковыльных сухих степей на песчаных и супесчаных каштановых почвах	1.30/0.54
	Селитебные территории: селитебные территории: поселки, деревни и полевые станы с прилегающими огородами, садово-огородными приусадебными участками и т.п.	2.69/1.11
	Автодороги	
	Границы геоморфологических объединений экосистем (**A**-**E**)	

Примечание к таблице: * – в числителе – площадь выдела в км^2; в знаменателе – доля занимаемой площади от площади всего участка, %.

До распашек целинных земель почвы, расположенные на эоловых песчаных равнинах, относились к каштановому типу почвообразования со значительным варьированием содержания гумуса (от 0.2 до 4.7%) и резким убыванием его по профилю, что дало основание отнести эти почвы к типу каштановых эологенных (Цыбикдоржиев, Цибжитов, 1999). На основе разработанных критериев оценки состояния залежных земель с каштановыми почвами этот тип относится к антропогенно сильно нарушенным и деградированным (Панкова, 1993).

Среди атропогенно нарушенных экосистем, представленных на ключевом участке (рис. 1), наибольшую территорию занимают залежи с сильно нарушенными каштановыми почвами, занимающие 142.8 км^2 или 59.3% от площади ключевого участка (индексы 6, 7, 9, 10, 11, 12, 15, 16). По своим характеристикам (содержание гумуса, мощность гумусового горизонта и степень развития БПК) они относятся к экосистемам с различной степенью дефлированности.

Как следует из составленной легенды (табл. 1), экосистемы с очень сильной дефлированностью и опесчаненностью поверхности распространены на территории в 22 км^2, что составляет около 12% от всей площади (индексы 7, 10, 11, 16, рис. 1, табл. 1). В этих условиях со значительной динамичностью песчаного рельефа растительный покров отличается своей высокой изменчивостью в многолетней динамике, и на период наших наблюдений (2015-2017 гг.) он характеризовался зубровковыми (*Hierichletum*), веничнополынно-пырейно-зубровковыми (*Hierochloe glabra-Elytrigia repens-Artemisia scoparia*) сообществами. Для всех этих динамичных мезокомбинаций оголенных песков характерно очень низкое проективное покрытие (5-10%), маловидовой состав (4-8 видов), преобладание в сообществах облигатных псаммофитов и отсутствие участков с выраженными процессами закоривания.

На залежных землях ключевого участка самыми распространенными (122.3 км^2 или более 50.5%) являются экосистемы с однолетне-полынными, однолетне-полынно-разнотравными и вострецово-полынными растительными сообществами. Они имеют относительно высокое проективное покрытие (30-35%) и распространены в основном на деградированных агроземах с разной степенью закоренности (индексы 6, 9, 15, рис. 1, табл. 1).

Полынно-разнотравные, полынные и вострецово-полынные сообщества состоят из доминантных видов *Artemisia scoparia, A. sieversiana, Leymus chinensis* с участием нескольких видов сорного разнотравья (змееголовник ольхонский, лапчатка вильчатая, липучка растопыренная, зубровка голая) имеют в целом высокое (около 35%) проективное покрытие и маловидовой (10-12 видов) травостой. Таким образом, практически повсеместно на залежных землях восстановительные процессы растительности степей находятся на бурьянистой и переходной к корневищной стадиях восстановительных сукцессий, что свидетельствует об очень замедленном характере восстановительных процессов.

В ходе последующих исследований серийных стадий восстановления растительного покрова на залежах было отмечено, что в настоящее время все они различаются по степени выраженности процессов закоривания. Оказалось, что наибольшие площади (выше 50%) закоренных агроземов отмечены в экосистемах старых залежей на наклонной полого-волнистой равнине (индекс 9, рис. 1, табл. 1). Экосистемы поверхностей древней высокой террасы рр. Баргузин и Гарга на старых залежах имеют площади закоривания 20-50% (индекс 6, рис. 1, табл. 1). И, наконец, наименьшие площади закоренности (10-20%) обнаружены в экосистемах приводораздельной равнины с молодыми залежами (индекс 15, рис. 1, табл. 1).

Практически на всех участках закоривания развиты синузии из пионерных видов мхов и лишайников. Среди мхов наиболее част вид *Bryum argenteum* Hedw. Из цианей обнаружены *Scytonema* sp. и *Stygonema* sp. Из лишайников преобладают два вида рода Endocarpon: *Endocarpon pusillum* Hedw. и *E. mongolicum* H. Magn., причем, чаще всего они обитают в дернинках мхов. Эпизодически встречались ювенильные особи лишайников рода *Cladonia* с первичными талломами. Виды *Peltigera didactyla* (With.) J.R. Laundon, *Rostania ceranisca* (Nyl.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin встречаются чаще всего в междюнных котловинах, где увлажнение сравнительно выше. Единично были отмечены *Diploschistes muscorum* (Scop.) R. Sant. и *Cladonia pyxidata* (L.) Fr.

К биотопам, где закоривание совсем не выражено, относятся пастбищные экосистемы целинных степей с дигрессионными вариантами полынно-дерновиннозлаково-твердоватоосочковых сообществ, расположенными в краевой части высоких надпойменных террас рек Баргузин и Гарга (индексы 4, 3) на площади 23.5 км^2 (9.7%). Участки деградированных степей коренным образом отличаются от залежных земель, поскольку здесь из лишайников доминирует только свободно лежащий вид лишайника *Xanthoparmelia camtchadalis* (Ach.) Hale., а также встречается *Nostoc* sp., образующий пленки. На залежах эти виды отсутствуют. Лишайниковый ярус представлен кочующим неприкрепленным *Xanthoparmelia camtchadalis* с проективным покрытием 20%.

Приречные экосистемы, функционирование которых связано с неглубоко залегающими грунтовыми водами по долинам рек Баргузин и Гарга, имеют слабую и среднюю степени нарушенности и используются в основном под сенокосы и умеренный выпас скота (индексы 1, 2, 3, табл. 1, рис. 1). Они занимают примерно 11.8% площади ключевого участка. Мы не обнаружили здесь мохово-лишайниковый покров с закоренными почвами.

В восточной части ключевого участка на наклонной пологоволнистой поверхности с древнедюнным сглаженным рельефом на более высоком гипсометрическом уровне сохранились крупноконтурные экосистемы рододендровых сосновых лесов (индекс 18), мелкоконтурные участки сосново-березовых лесов с примесью осины (индексы 19, 13) и островные разновозрастные с различным проективным покрытием, но в значительной степени поврежденным засухой древостоем и полностью погибшим подростом (индексы 14, 17). Общая площадь всех лесных массивов составляет 37.5 км^2 (15.3%). По периферии сосновых массивов отмечены БПК со слабо развитым мохово-лишайниковым покровом.

Методы исследования. В полевых условиях было проведено комплексное ландшафтно-экологическое картографирование экосистем (Бажа и др., 2013). Почвенные исследования включали микроморфологическое, микробиологическое и физико-химическое изучение полнопрофильных почв. Особое внимание было уделено корнеобитаемому (0-20 см) и поверхностному (0-1 см) слоям

почв на залежах с различной степенью дефляции и закоривания. Основные физико-химические показатели почв определяли общепринятыми в почвоведении методами (Аринушкина, 1962); гранулометрический состав определяли по методу Н.А. Качинскому; pH водной суспензии – потенциометрическим методом; гумус – по методу И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина (1983); содержание карбонатов – по методу И.Ф. Голубеву (Агрохимические …, 1975). Влажность почв определялась весовым методом (Роде, 1955). Микроморфологическое строение биологических корочек описывалось согласно Е.И. Парфеновой и Е.А. Яриловой (1977). Для выделения и качественного учета различных групп микроорганизмов использовались различные питательные среды: для учета бактерий применяли мясопептонный агар (МПА), бактерий и актиномицет – крахмало-аммиачный агар (КАА), олигонитрофилов – среду Эшби. Для диагностики минерализованных процессов использовали коэффициент минерализации, представляющий собой соотношение бактерий КАА/МПА (Звягинцев и др., 1980). Изучение состояния растительности, включая подробные геоботанические описания на 100 м^2 на всех пробных площадях по трансекте, проводили в период максимального сезонного развития сообществ (25 июля – 25 августа) в течение 2014-2017 гг. Надземную фитомассу определяли методом укосов травостоя на площадках 1 м^2 в трех повторностях.

Для изучения роли лишайников, цианей и мхов на участках с различной дефлированностью и закоренностью закладывались пробные площадки, на которых проводилось измерение проективного покрытия и учет их биомассы. Кроме того, на каждой пробной площади дополнительно закладывалось по 5 площадок 20х20 см, на которых собирались и учитывались все лишайники, мхи и цианеи и определялось их общее проективное покрытие и бралась почвенная проба. Проба разделялась на компоненты: мхи, лишайники, цианобактерии (в виде разрастаний) и определялся их вес с почвой и чистый вес фитобионта.

Результаты и обсуждение

Абиотические факторы. Процессы закоривания, обнаруженные нами на ключевом участке, характеризуются фрагментарностью и разной выраженностью БПК даже на одинаковых формах мезорельефа. Степень развитости БПК имеет прямую связь с длительностью нахождения богарных земель в состоянии залежи и степенью дефлированности поверхности почв. Почвенный покров ключевого участка неоднороден. Неполнопрофильные почвы, распространенные на залежах, относятся к типу светлогумусовых почв органо-аккумулятивного отдела, а полнопрофильные, сохранившиеся на целинных участках – к типам светлогумусовых-аккумулятивно-карбонатных и светлогумусовых каштановых почв. Сам характер почвенного покрова отличается наличием или полным отсутствием главных горизонтов (дерновинный, гумусовый, переходный и карбонатный) существовавших здесь до распашки этих темно-каштановых почв. При распашке произошло развитие дефляционных процессов, в результате которых почвы опесчанивались, выдувался пахотный горизонт, либо пахотный и переходный, а в отдельных случаях обнажались карбонатные сильнощелочные и щелочные пески (табл. 2).

Климаксовые полнопрофильные почвы имеют цельную систему генетических горизонтов: AJ-BCA-C, AJ-AB-BCA или AJ(AK)-BPL-BCA-C, соответствующих типам светлогумусовых-аккумулятивно-карбонатных и светлогумусовых каштановых почв. Неполнопрофильные почвы относятся к типу светлогумусовых почв органо-аккумулятивного отдела (Классификация …, 2004).

Изученные почвы характеризуются низким содержанием гумуса, значения которого колебались от 0.35% в сильно дефлированных залежах до 1.33% – на недефлированных. Максимальное содержание гумуса было отмечено только на целинных почвах с деградированными степями, где оно достигало 1.55% (табл. 2). Значения pH в верхних горизонтах соответствуют слабощелочной реакции, с глубиной отмечается ее увеличение до 9.0-9.2. Нижние почвообразующие песчаные слои представлены частицами размером 1-0.05 мм, содержание их составляет 85-96%. Крупнопылеватых и глинистых частиц содержится очень мало, и только в верхних слоях почвы доля их увеличивается до 30-40%, представленных в основном фракцией крупной пыли, а водный pH снижается до щелочной и слабощелочной (табл. 3). Еще более существенные различия выявлены на участках с максимальным развитием БПК, где мощность мохово-лишайникового покрова достигает 1.5-2 см. Здесь сумма пылеватых и глинистых частиц достигает 50%, а pH снижается до слабокислой (6.0-6.2; Гунин и др., 2015).

Таблица 2. Физико-химические свойства целинных и залежных с различной дефлированностью почв ключевого участка «Верхний Куйтун».

Горизонт	Глубина, см	$pH_{водн.}$	CO_2	Гумус	Размер частиц, мм			
					1-0.05	0.05-0.01	<0.001	<0.01
			%					
Разрез ВК-26 – целина. 54.40694° с.ш., 110.46081° в.д.								
AJ	0-18 (20)	7.3	0.47	1.55	73	21	2	6
BCA	18 (20)-42	8.1	5.44	0.68	73	14	8	12
BC	42-66 (70)	8.9	2.53	0.21	93	3	3	4
C	66 (70)-108	8.7	2.16	0.17	86	1	2	3
2C	108-165	8.5	2.07	0.17	85	2	2	3
Разрез ВК-23 – залежь восстанавливающаяся недефлированная. 54.36539° с.ш., 110.55803 в.д								
P	0-18	7.8	0	1.33	72	20	3	8
BPL	18-25	8.0	0.19	0.98	60	29	4	11
BCA	25-46	8.2	6.28	0.68	67	21	7	12
BCACca	46-72	9.0	3.09	0.28	87	8	4	6
Cca	72-90	9.2	1.87	0.21	94	3	3	3
	90-130	9.2	1.88	0.12	92	4	3	4
Разрез ВК-19 – залежь слабодефлированная. 54.34431° с.ш., 110.61269° в.д.								
P	0-17 (23)	7.3	0	1.09	87	8	2	4
Cca	17 (23)-93 (98)	8.8	0.65	0.21	95	2	3	3
2Cca	93(98)-184	9.0	0.75	0.16	95	1	3	3
Разрез ВК-15 – залежь среднедефлированная. 54.34303° с.ш., 110.61533° в.д.								
PC	0-25 (36)	7.8	0	0.45	91	5	1	4
Cca	25 (36)-90	8.9	0.84	0.22	94	2	3	4
2Cca	90-154 (160)	9.1	0.65	0.11	96	2	2	3
3Cca	156 (160)-200	8.9	0.65	0.10	96	2	2	3
Разрез ВК-21 – залежь сильнодефлированная. 54.35258° с.ш., 110.58881° в.д.								
PC	0-21	8.6	2.44	0.35	89	5	4	6
Cca	21-55	8.8	1.50	0.20	95	2	2	3
2Cca	55-158	8.6	1.25	0.17	95	2	2	3
3Cca	158-200	8.7	1.50	0.14	94	2	3	3

Таким образом, определяющим условием для формирования БПК и мохово-лишайниковых синузий служит стабилизация эоловых форм рельефа и аккумуляция пылеватых и глинистых частиц на поверхности почв песчаного гранулометрического состава. Появление мохово-лишайниковых синузий является процессом, определяющим цементирующее воздействие на поверхностные горизонты, вызывающим иссушение почв и затруднение демутации растительности залежных земель. Как показало обследование корочек пробных площадей (ВК-24; ВК-15) на свежих песчаных наносах, слоисто-эоловых почвах, псаммоземах гумусовых и стратифицированных агроземах, а также в естественных почвах происходит первичное фрагментарное закоривание поверхностного с последующим развитием слоя лишайниковых и моховых корочек (фото А).

При обследовании почв в экосистемах с различной степенью дефлированности обнаружены биологические корковые образования (БКО), которые затем были разделены на примитивные, слаборазвитые и сформировавшиеся, отличающиеся как по микроморфологическому строению и степени выраженности на почве, так и по насыщенности в них микроорганизмов (бактерии, актиномицеты и грибы). Корочки здесь закреплены очень слабо, поэтому они периодически сдуваются с поверхности и переворачиваются и уносятся ветром. На менее дефлированных залежах закоривание идет активнее, а в проективном покрытии возрастает доля мхов (ВК-15; фото В, С).

Примитивные корочки состоят в основном из цианобактерий. Для них характерно плазменно-

песчаное строение и рыхлая упаковка скелетного материала. Основу корочек составляют окатанные и полуокатанные выветренные зерна минералов крупнопесчаной фракции и микрозоны скоплений пылеватой фракции. Минералы имеют шероховатую поверхность с многочисленными трещинами. Плазменный глинистый материал в незначительном количестве, он заполняет межскелетное пространство и покрывает тонкими и фрагментарными пленками поверхность минералов. Органическое вещество практически отсутствует.

Таблица 3. Физико-химические свойства БПК (0-1 и 0-20 см) на залежных землях ключевого участка «Верхний Куйтун».

Категория земель	**Глубина, см**	**pH$_{водн.}$**	**Гумус**	**Размер частиц, мм**				**ЕКО мг-экв./100 г почвы**
				1-0.05	**0.05-0.01**	**<0.01**	**<0.001**	
				%				
Залежь восстанавливающаяся (19 а)	0-1	7.3	1.52	79	15	6	2	17.2
	0-20	7.6	1.07	80	13	6	2	13.5
Залежь среднедефлированная (19 б)	0-1	8.0	1.46	71	21	9	5	10.0
	0-20	8.1	1.11	63	23	9	5	13.0
Залежь сильнодефлированная (19 к)	0-1	7.3	1.74	85	11	4	2	6.0
	0-20	7.7	0.91	89	8	4	2	7.0
Периферия язвы дефляции на залежи (24 а)	0-1	7.8	0.99	89	6	5	2	4.0
	0-20	7.9	0.42	91	4	5	3	5.0
Язва дефляции на залежи (24 к)	0-1	8.2	0.21	95	2	3	3	4.0
	0-20	8.3	0.20	96	1	3	3	9.3

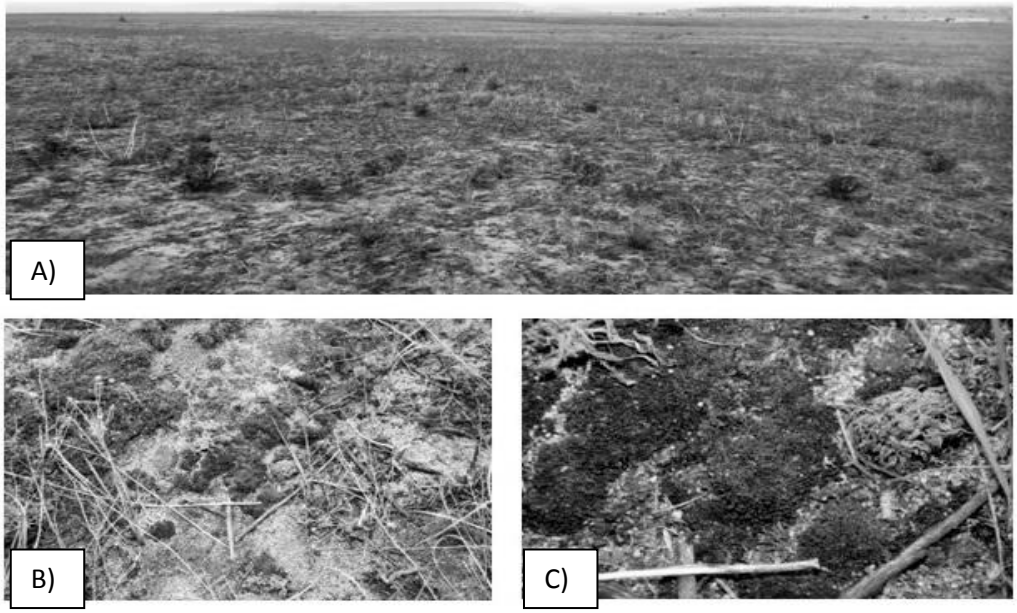


Фото. Процессы закоривания на залежах разной степени дефлированности на ключевом участке «Верхний Куйтун»: А) общий вид поверхности песчаной гряды, В) БКО с проективным покрытием до 50%, С) БКО с проективным покрытием до 70-80%.

Слаборазвитые биологические почвенные корочки, состоящие в основном из мхов, встречаются на полынной залежи. Корочки имеют плазменно-песчано-пылеватое элементарное микростроение. Форма зерен минералов окатанная, полуокатанная, без угловатых граней и признаков корродированности. Тонкодисперсное вещество глинистого состава. Размещение растительных остатков локальное. Органическое вещество представлено обугленными и полуразложившимися

мелкими корешками, некоторые из них имеют хорошо сохранившееся клеточное строение.

Сформировавшиеся БКО имеют значительное распространение на ключевом участке. Они отчетливо диагносцируются по внешним морфологическим признакам, как то: наличию на поверхности мохово-лишайникового покрова и трещиноватости закоренной поверхности. В их составе почти в равных долях представлены мхи и цианобактерии.

Как известно, за счет выделения цианобактериями, водорослями и гифами грибов внеклеточных полисахаридов, мельчайшие частички почв склеиваются и способствуют прикреплению к субстрату лишайников и мохообразных (Biological Soil …, 2003). Микроморфологическое изучение таких разновидностей корочек показало, что они имеют плазменно-песчано-пылеватое строение.

Скелет представлен преимущественно пылеватой фракцией с единичными включениями зерен песка окатанных форм без признаков корродированности. Поверхность крупных минералов шероховая, пелитизирована. Отличительной особенностью являются плотная упаковка скелетного материала, скрепленная тонкодисперсным плазменным материалом глинистого состава. Дезинтеграция минералов и высвобождение глинистого вещества диагностирует активный процесс физического и химического выветривания минералов. Тонкодисперсный глинистый материал заполняет межскелетное пространство, распространен в виде пленочных образований на поверхности минералов и выражен также в виде сгустковых скоплений. Органическое вещество представлено преимущественно сильноразложившимися растительными остатками, крупные из которых оглинены. Заполняя межскелетное пространство тонкодисперсное вещество, с нашей точки зрения, является «цементом» корковых образований.

Биотические факторы. Важным фактором формирования БПК является почвенная микрофлора. Плодородная почва обладает значительным уровнем биомассы, видовым и функциональным разнообразием биоты. По имеющимся материалам ранних исследований (Трофимов, Азьмука, 1983; Меркушева, 2012) и полученных данных в нашей работе был проведен сравнительный анализ по изменению численности и структуры микробоценозов почв залежных угодий в поверхностных горизонтах (табл. 4, рис. 2).

Таблица 4. Численность и структура микробиоценозов почв залежных земель ключевого участка «Верхний Куйтун».

Почва	**Глубина, см**	**Микро-организмы, тыс./г**	**Бакте-рии**	**Актино-мицеты**	**Гри-бы**	**КАА/ МПА бактерий**
			% от общего			
1993-2003 гг. (Меркушева, 2012)						
Пашня средне дефлированная	0-20	3129	56.3	43.4	0.3	1.7
Пашня сильно дефлированная	0-20	2763	54.3	45.5	0.2	1.8
2016 г. (данные нашего исследования)						
Залежь восстанавливающаяся (ВК-19 а)	0-1	7060	61.6	38.4	н.о.	0,8
Среднее (0-20 см)		*1730*	*56.9*	*43.1*	0.3	*5.2*
Залежь средне дефлированная (ВК-19 б)	0-1	930	45.2	54.8	н.о.	1.6
Среднее (0-20 см)		*1422*	*27.8*	*72.2*	0.2	*4.9*
Залежь сильно дефлированная (ВК-19 к)	0-1	575	14.7	85.3	н.о.	10.4
Среднее (0-20 см)		*1298*	*15.6*	*84.4*	0.2	6.6
Периферия язвы дефляции песков на залежи (ВК-24 а)	0-1	81	98.7	13	н.о.	0,3
Среднее (0-20 см)		*229*	*70.2*	*29.8*	0.1	*4.4*
Язва дефляции песков на залежи (ВК-24 к)	0-1	360	47.2	52.8	н.о.	2.4
Среднее (0-20 см)		*127*	*53.5*	*46.5*	0.1	*3.5*

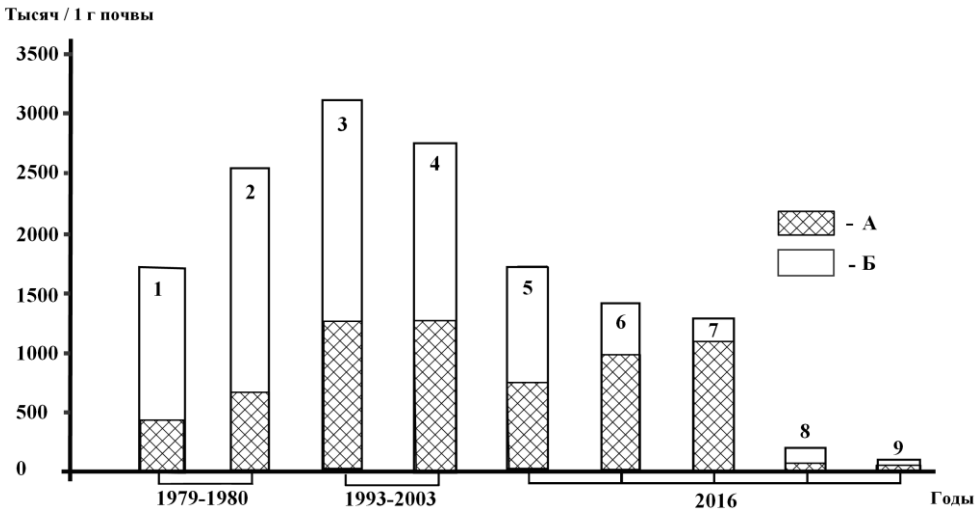


Рис. 2. Численность микроорганизмов, соотношение актиномицетов и бактерий в почвах агроландшафтов песчаной возвышенности «Верхний Куйтун». *Условные обозначения:* А – численность актиномицетов, В – численность бактерий; 1 – залежь, 2 – старая пахота, 3 – пашня среднедефлированная, 4 – пашня сильнодефлированная, 5 – залежь восстанавливающаяся, 6 – залежь среднедефлированная, 7 – залежь сильнодефлированная, 8 – периферия язвы дефляции песков, 9 – язва дефляции; 1979-1980 – по данным «Почвы Баргузинской котловины» (Трофимов, Азьмука, 1983), 1993-2003 – по данным М.Г. Меркушева (2012), 2016 – по нашим данным.

Численность микроорганизмов во всех изученных почвах характеризуется бедным и очень бедным обогащением. Ее значения в горизонте (0-20) варьируют в широком диапазоне – от 127 тыс./г в язве дефляции и 229 тыс./г в ее периферийной части до 1730 тыс./г – в классическом варианте восстанавливающейся залежи. Сокращение в десятки раз численности микроорганизмов связано с очень низким количеством гумуса и тонкодисперсных частиц в обнажившейся почвообразующей породе на язве дефляции. Обращает на себя внимание резкое увеличение общей микроорганизмов в формирующихся корочках (0-1.0 см). Их значение увеличивается с 360 тыс. на язве дефляции до 7060 тыс./г почвы на восстанавливающейся залежи, что свидетельствует о концентрации микробиологической активности в самых верхних микрослоях почвы с одной стороны и об их пространственной приуроченности к экотопам со слабо нарушенными и недефлированными почвами. Глубина микробиологических превращений азотсодержащих соединений очень высокая, отношение бактерий КАА/МПА изменяется в изученных почвах от 3.5 до 6.6 в горизонтах 0-20 см и от 2.4 до 10.4 – в горизонтах 0-1 см.

В структуре микроорганизмов на песчаных почвах при очень низкой численности микроорганизмов соотношение бактерий и актиномицетов почти равное. В сильно- и среднедефлированных почвах в структуре микробоценозов преобладают актиномицеты (до 70-84%) (табл. 4, рис. 2). По высокому показателю соотношения бактерий КАА/МПА в этих почвах происходит глубокая минерализация азотсодержащих соединений, что является крайне негативным свидетельством потери почвенного плодородия.

Яркими физиономическими показателями степени развития БПК являются не только их проективное покрытие и толщина корок, но и фитомасса низшей растительности и мхов. Следует отметить, что на фоне флористической бедности исследуемых сообществ, наблюдаются существенные различия в развитии БПК. Раздельное определение фитомассы цианопрокариотов, лишайников и мхов показало, что при незначительных колебаниях средней толщины БПК (от 0.28 до 0.88 см и при максимуме 1.5 см) максимальные их значения фиксировались на уровне 37.5, 8.25 и 54.75 г/м^2 соответственно (учетные площадки 24 а, 19 б, 19 а). При этом фитомасса мхов достигала максимумов на наиболее сформированных корковых образованиях, где они составляют более 60% от общей фитомассы. Цианопрокариоты, наоборот, достигали своего доминирующего положения в фитомассе на дефлированных залежах и периферийных участках язв дефляции с примитивными БПК, где они составляли 65-70% от общей фитомассы (площадки 19 б, 24 а). Лишайники практически

во всех исследуемых биотопах имели наименьшие значения фитомассы (5-17%) и, следовательно, их роль в формировании БПК можно признать менее значимой. Максимальных значений общей фитомассы (89.75 г/м^2) данные группы низших растений достигают на слабодефлированных восстанавливающихся почвах (табл. 5).

Необходимо отметить, что самой главной особенностью данной группы низших растений, и особенно мхов, является то, что они обладают способностью скреплять своими ризоидами минеральные частицы почвы, способствуя таким образом закориванию песчаных почв и пескозакреплению. Наибольшие значения веса БПК (более 3000 г/м^2 с почвой) были учтены в сформированных и физиономически выраженных мохово-лишайниковых синузиях при их значительном проективном покрытии – от 50 до 80% (табл. 5, фото).

Таблица 5. Характеристика компонентов БПК и удерживаемой ими почвы в разных условиях по степени дефлированности почвенного покрова.

Категория земель / Индекс	Проективное покрытие, %		Толщина БПК, см		Чистый вес, г/м^2				Вес БПК с почвой, г/м^2
	Травяный ярус	БПК	Средняя	Максимальная	Цианопрокариоты	Лишайники	Мхи	Итого	
Целина/ВК-26	70	15	0	0	0	164.35	0	164.35	0
Язва дефляции песков на залежи/ВК-24 к	15	5	0.28	0.30	3.5	1	5	9.5	331.75
Периферия язвы дефляции песков на залежи/ВК-24 а	30	30	0.55	0.70	37.5	5	11	53.5	1337.25
Залежь восстанавливающаяся/ВК-19 а	70	30	0.88	1.5	29.5	5.5	54.75	89.75	3093.25
Залежь сильнодефлированная/ВК-19 к	50	15	0.46	0.60	10.5	1.25	5.25	17	301.8
Залежь среднедефлированная/ВК-19 б	45	30	0.68	1.0	31	8.25	7.75	47	1395.5

Примечание к таблице 5: а) Фитомассу большинства БПК составляют: лишайники *Endocarpon pusillum* Hedw., *E. mongolicum* H. Magn., *Rostania ceranisca* (Nyl.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin, *Cladonia* sp. (j); мхи *Bryum argenteum* Hedw.; водоросли *Scytonema* sp., *Stygonema* sp.; б) На целинных участках с деградированной степью присутствует только один вид неприкрепленного (кочующего) лишайника – *Xanthoparmelia camtchadalis* (Ach.) Hale.

Заключение

Процесс закоривания почв, описанный впервые для степных экосистем Баргузинской котловины, обнаружен нами на землях богарного земледелия, перешедших в длительное залежное состояние. В ходе работы выявлены существенные отличия в схеме сукцессионных стадий от ранее изученных в степных регионах Южной Сибири и Центральной Азии. Процесс естественного восстановления протекает на всех без исключения территориях с песчаными грунтами, даже на тех, где идут активные процессы эоловой дефляции. Представленные данные показали, что процесс естественного восстановления растительных сообществ на залежных землях ограничен в основном двумя первыми стадиями: бурьянистой и корневищной. Все синтаксоны можно расположить в ряд, отражающий естественную динамику закрепления песчаных территорий, нарушенных распашкой: зубровковые сообщества на язвах дефляции → веничнополынно-зубровковые, ледебурополынно-зубровковые фитоценозы на средне- и сильно дефлированных территориях → сиверсополынные и веничнополынные залежи на слабо дефлированных территориях. На выявленных стадиях демутации растительного покрова присутствует группа длиннокорневищных биоморф, которая по мере закрепления (зарастания) песков дополняется другими группами. На начальных стадиях зарастания –

однолетниками, на средних стадиях – стержнекорневыми растениями.

В ходе ландшафтно-экологического картографирования на залежах ключевого участка Верхний Куйтун не были обнаружены конечные стадии восстановительных сукцессий, состоящие из дерновинных степных злаков, что является свидетельством стагнации процессов восстановления. В то же время, практически повсеместно (за исключением динамично перевевающихся песков), были зарегистрированы БПК разной степени развития: примитивные, слаборазвитые и сформированные. Установлено, что при отсутствии повторных распашек и значительном ограничении выпаса на залежах ключевого участка происходит резкая активизация биологических процессов в самом верхнем микрослое (0-1 см) почв, которая уже на начальном этапе приводит к первичному накоплению органического вещества, выщелачиванию и утяжелению гранулометрического состава. Эти изменения в значительной степени способствуют формированию физиономически выраженных корковых образований.

Исследования БПК показали, что они бедны в видовом отношении. В них доминируют пионерные виды мхов и лишайников. На карбонатном песчаном субстрате язв эрозии выявлены только цианобактериальные сообщества. На сильно- и средне-дефлированных почвах на поверхности появляются примитивные и слаборазвитые БПК, состоящие из цианобактериальных и маломощных мохово-лишайниковых группировок. Структура микробиоценозов этих участков характеризуется явным преобладанием актиномицетного комплекса. Микроморфологическое строение БПК отчетливо фиксирует активный процесс физического и химического выветривания минералов и высвобождении глинистого вещества. Последний заполняет межскелетное пространство, распространен в виде пленочных образований на поверхности минералов и выражен также в виде сгустковых скоплений. Органическое вещество из БПК представлено преимущественно сильноразложившимися растительными остатками, крупные из которых оглинены. Заполняя межскелетное пространство тонкодисперсное вещество, возможно, является тем «цементом» корковых образований, которые по своим характеристикам абиотических факторов, как то: супесчано-суглинистый состав с нейтральной и слабокислой реакцией pH и слабой промываемостью и создают новый тип лишайниково-моховых экосистем с условиями, препятствующими восстановлению коренной растительности.

К основным биотическим факторам, способствующим развитию БПК, следует отнести концентрацию микробиологических процессов в самом поверхностном микрослое почвенного профиля и заполнение этой ниши низшей растительностью и мхами. Эколого-физиологические особенности данных сообществ: более раннее начало вегетации, способность использовать самые минимальные атмосферные осадки и большая влагоемкость позволяют предположить, что в современных климатических условиях их существование может продолжаться на ключевом участке чрезвычайно долго с одновременным распространением на все новые территории.

Возможным условием предотвращения процесса закоривания могут быть фитомелиоративные мероприятия, основанные на подсеве по поверхности почвы видов из высшей растительности с похожей фенологией и имеющих поверхностную корневую систему. Проведенные ранее эксперименты с подсевом мятлика луковичного (*Poa bulbosa* var. vivipara) по закоренным пустынным растительным сообществам с доминированием мхов (Гунин, Дедков, 1986) показали их эффективность для восстановления надземной фитомассы и создания экологически реставрированных пастбищных экосистем с высокой кормовой ценностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Аринушкина Е.В. 1962. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ. 490 с.

Бажа С.Н., Востокова Е.А., Гунин П.Д., Дугаржав Ч., Данжалова Е.В., Воробьев К.А., Прищепа А.В., Петухов И.А. 2013. Геоинформационное картографирование наземных экосистем бассейна Селенги на примере модельных участков. Методические рекомендации // Биологические ресурсы и природные условия Монголии. Труды СРМКБЭ РАН и АНМ. Т. 61. М.: РСХА. 109 с.

Быков И.П., Намзалов Б.Б. 1999. Залежь как фактор экологизации земледелия Бурятии // Проблемы экологического земледелия в Байкальском регионе. Материалы научно-методического семинара – круглого стола. Улан-Удэ: Изд-во БГУ. С. 37-50.

Гомбоев Б.О. 2006. Аграрное землепользование Внутренней Азии. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 227 с.

Гунин П.Д. 1990. Экология процессов опустынивания аридных экосистем. М.: ВАСХНИЛ. 364 с.

Гунин П.Д., Бажа С.Н., Балданов Б.Ц., Басхаева Т.Г., Концов С., Насатуева Ц., Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Холбоева С.А., Цыремпилов Э. 2015. Закоривание почв и восстановление растительного покрова на залежных землях Баргузинской котловины // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития. Материалы Международной конференции. Улан-Батор. Т. 2. С. 362-366.

Гунин П.Д., Дедков В.П. 1984. Об экологических нишах эдификаторов травяного покрова песчаной пустыни // Проблемы охраны генофонда и управления экосистемами в заповедниках степной и пустынной зон. М. С. 221-226.

Гунин П.Д., Дедков В.П. 1986. О восстановлении деградированных пастбищ Каракумов // Проблемы освоения пустынь. № 3. С. 19-24.

Давыдова О.Ю., Будажапов Л.В., Тайсаев Т.Т., Куликов Г.Г. 2012. Ботанический состав и стадии зарастания залежей в аридных условиях Бурятии // Вестник Бурятского государственного университета. № SB. С. 247-250.

Звягинцев Д.Г., Асеева И.В., Бабьева И.П., Мирчинк Т.Г. 1980. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ. 225 с.

Классификация и диагностика почв России. 2004 / Ред. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена. 342 с.

Климова В.Ф. 1958. Растительный покров Баргузинской котловины и ее хозяйственное значение. Дисс. канд. биол. наук. М. 28 с.

Лавренко Е.М. 1940. Степи СССР // Растительность СССР. Т. 2. С. 1-265.

Маринич О.В., Рачковская Е.Н. 2008. Динамика восстановления растительности на залежах в сухих степях Наурзумского района Кустанайской области Казахстана // Ботанический журнал. Т. 93. № 7. С. 1083-1100.

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

Микляева И.М. 1996. Восстановление степной растительности на залежных землях Восточной Монголии // Вестник МГУ. Серия 5. География. № 1. С.75-81.

Намзалов Б.Б., Басхаева Т.Г. 2006. Горная лесостепь Баргузинской котловины (Северное Прибайкалье). Улан-Удэ. 124 с.

Нечаева Н.Т. 1979. Влияние режима использования на продуктивность растительности Каракумов // Проблемы освоения пустынь. № 6. С. 8-18.

Никитин Б.А. 1983. Уточнение к методике определения гумуса в почве // Агрохимия. № 8. С. 101-106.

Панкова Е.И. 1993. Деградационные процессы на пахотных землях Монголии // Почвоведение. № 12. С. 92-98.

Парфенова Е.И, Ярилова Е.А. 1977. Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. М.: Наука. 198 с.

Почвы Баргузинской котловины. 1983. Новосибирск: Наука. С. 55-83.

Пьянков В.И., Гунин П.Д., Дедков В.П., Вахрушева Д.В., Медведев М.Ю. 1986. Изменение структурно-функциональных показателей ассимиляционного аппарата видов-доминантов в связи с замоховением пустынных ландшафтов // Материалы докладов Всесоюзной конференции «Природные ресурсы пустынь и их освоение». Ашхабад. С. 224-226.

Роде А.А. 1955. Почвоведение. М.-Л.: Гослесбумиздат. 694 с.

Трофимов С.С., Азьмука Т.И. 1983. Почвы Баргузинской котловины. М.: Наука. 269 с.

Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Цыремпилов Э.Г. 2016. Почвы и формы рельефа баргузинской котловины. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН. 209 с.

Убугунов В.Л., Гунин П.Д., Бажа С.Н., Дробышев Ю.И., Убугунова В.И. 2017. Иссушение почв как показатель опустынивания лесостепных экосистем Баргузинской котловины // Аридные экосистемы. Т. 23. № 3. С. 17-31.

Цыбикдоржиев Ц.Ц., Цыбжитов Ц.Х. 1999. Каштановые эологенные почвы бассейна озера Байкал // География и природные ресурсы. № 2. С. 58-66.

Шингарева Е.А. 1940. Смены растительных группировок // Растительность и кормовые ресурсы Северных Каракумов. Т. 1. С. 116-122.

Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management. 2003 / Belnap J., Lange O.L. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 503 p.

Karnieli A., Tsoar H. 1995. Spectral Reflectance of Biogenic Crust Developed on Desert Dune Sand along the Israel-Egypt Border // International Journal of Remote Sensing. Vol. 16. P. 369-374.

Orlovsky L., Dourikov M., Babaev A. 2004. Temporal Dynamics and Productivity of Biogenic Soil Crusts in the Central Karakum Desert, Turkmenistan // Journal of Arid Environments. Vol. 56. P. 579-601.

Zhang Y.M., Chen J., Wang L., Wang X.Q., Gu Z.H. 2007. The Spatial Distribution Patterns of Biological Soil Crusts in the Gurbantunggut Desert, Northern Xinjiang, China // Journal of Arid Environments. Vol. 68. P. 599-610.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 3 (76), с. 25-35

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 591.9+94(47)

ИСТОРИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ ПО МАТЕРИАЛАМ ГЕНЕРАЛЬНОГО МЕЖЕВАНИЯ[1]

© 2018 г. В.Ю. Румянцев*, Д.А. Хитров, А.А. Голубинский*****

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

***Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, исторический факультет*
Россия, 119991, г. Москва, Ломоносовский просп., д. 27, корп. 4. E-mail: dkh@bk.ru

****Российский государственный архив древних актов*
Россия, 119435, г. Москва, ул. Большая Пироговская, д. 17. E-mail: lexus.gol@gmail.com

Поступила 01.11.2017

Неизменный интерес специалистов привлекают исторические изменения в размещении животных на Европейской территории России. Данные, содержащиеся в Экономических примечаниях к Генеральному межеванию Российской Империи (рубеж XVIII-XIX вв.) в этом плане имеют очень большое значение. В статье приведены результаты анализа данных о фауне млекопитающих южных губерний Европейской России, содержащихся в выборке из Экономических примечаний к Генеральному межеванию, охватывающей 15 губерний, 102 уезда, 1150 дач. Встречено 2395 упоминаний зверей (22 названия – предположительно), 25 видов, 11 семейств, 5 отрядов). Для отдельных видов, наиболее значимых и характерных для исследуемой территории, проведено сравнение с современным положением, основанное на известных данных об исторических изменениях экологической ситуации на этой территории.

Ключевые слова: юг Европейской России, Генеральное межевание, Экономические примечания, фауна млекопитающих, исторические изменения размещения.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00023

«История окружающей среды (environmental history)» – междисциплинарное направление исследований, интенсивно развивающееся как за рубежом, так и в России. Много внимания в его рамках уделяется историческим изменениям животного мира.

Большой интерес для России в этом плане представляют материалы «Генерального межевания Российской Империи». Генеральное межевание продолжалось более 50 лет (Милов, 1965; Голубинский и др., 2011; Румянцев и др., 2014) и сформировало крупнейший архив дореволюционной России (Милов, 1965). Кроме разграничения земельных владений, межевщики должны были собрать разнообразные данные о каждой из обмежёванных дач[2]. В «Экономических примечаниях» к «Генеральному межеванию …» (Милов, 1965) нередко приводятся списки обитающих в пределах данной дачи животных (зверей, птиц, рыб; Голубинский и др., 2011). Но данные о животных содержатся только в полных «Экономических примечаниях», которыми обеспечена далеко не вся территория межевания (Голубинский и др., 2011; Румянцев и др., 2014).

Материалы «Генерального межевания …» и ранее были источником сведений об исторических изменениях животного мира России. Примером могут служить работы С.В. Кирикова (1959, 1960, 1966, 1980). Но используемые данные обычно были фрагментарными по охвату территории или по набору видов животных.

Предлагаемая статья продолжает серию работ, посвященных анализу данных о животном мире,

[1] Работа выполнена в рамках темы НИР ГЗ «Разнообразие, динамика и мониторинг экосистем в условиях изменений окружающей среды» (АААА-А16-116032810082-6). Текст и иллюстрации подготовлены при поддержке гранта РНФ № 14-50-00029 «Научные основы создания национального банка-депозитария живых систем».

[2] «Дача» – элементарная единица межевания (конкретное земельное владение). В современном понимании прямых аналогов не имеет.

содержащихся в «Экономических примечаниях» (Румянцев и др., 2014, 2015 а, б; Солдатов и др., 2014, 2017; Rumyantsev et al., 2013, 2015; Емельянова и др., 2017; Emelyanova et al., 2017). Цель исследований – выявление изменений фауны и населения млекопитающих Европейской территории России (далее – ЕТР) от рубежа XVIII-XIX веков до наших дней и анализ возможных причин этих изменений в связи с историческими отличиями в экологической ситуации – в той мере, в какой это позволяют материалы «Генерального межевания …». Предыдущие публикации авторов (Емельянова и др., 2017; Emelyanova et al., 2017) были посвящены бореальным лесам ЕТР. Ниже рассматриваются территории, расположенные в пределах более южных губерний России того времени.

Материал и методы

Область исследования определена как «юг ЕТР». В данном случае это подзоны широколиственных лесов, лесостепи и северных (разнотравно-дерновиннозлаковых) степей – согласно картам «Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий» (Зоны …, 1999) и «Биомы России» (Огуреева и др., 2015). Заметим, что многие части ЕТР, важные в плане данной работы, не были охвачены Генеральным межеванием в исследуемый период. Это Саратовская и Астраханская губернии, а также «казачьи земли» – преимущественно, территория современной Ростовской области. Соответственно, подзона средних (сухих) степей и более южные подзоны находятся вне области исследования (рис. 1). Не рассматривались и губернии, полностью или частично находящиеся на территории современной Украины (кроме Харьковской).

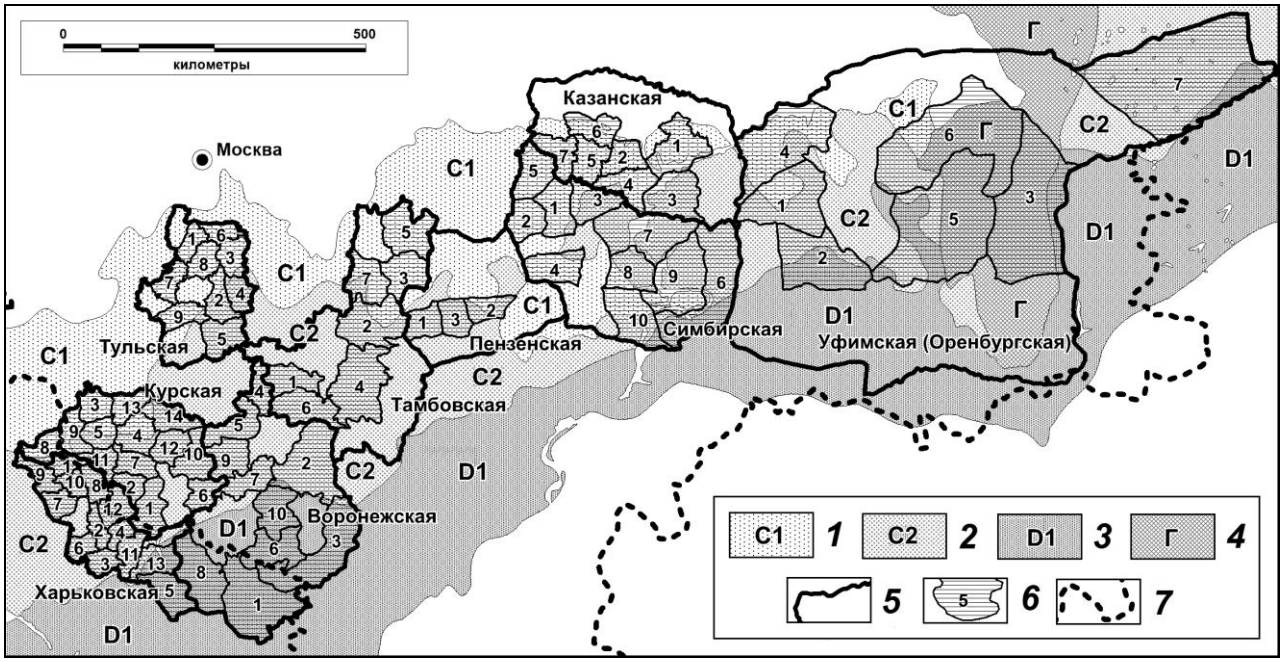


Рис. 1. Исследованная выборка на фоне карты современной зональности растительности Европейской территории России (Зоны и типы …, 1992, с изменениями). *Условные обозначения к рис. 1-2:* 1-3 – подзоны растительности: 1 – широколиственных лесов, 2 – лесостепи, 3 – северных (разнотравно-дерновиннозлаковых степей); 4 – горные территории, 5 – границы губерний, включенных в выборку, 6 – уезды, включенные в выборку, 7 – современная граница России; номера уездов: Воронежская губерния: 1 – Беловодский, 2 – Бобруйский (Бобровский), 3 – Богучарский, 4 – Задонский, 5 – Землянский, 6 – Калитвенский, 7 – Коротоякский, 8 – Купенский (Купянский), 9 – Нижнедевицкий, 10 – Острогожский. Казанская: 1 – Лаишевский, 2 – Свияжский, 3 – Спасский, 4 – Тетюшинский, 5 – Цивильский, 6 – Чебоксарский, 7 – Ядринский. Курская: 1 – Белгородский, 2 – Богатовский, 3 – Дмитриевский, 4 – Курский, 5 – Льговский, 6 – Новооскольский, 7 – Обоянский, 8 – Путивльский, 9 – Рыльский, 10 – Старооскольский, 11 – Судженский, 12 – Тимский (Тимской), 13 – Фатежский, 14 – Щигровский. Пензенская: 1 – Верхнеломовский, 2 – Мокшанский, 3 – Нижнеломовский. Симбирская: 1 – Алатырский, 2 – Ардатовский, 3 – Буинский, 4 – Карсунский, 5 – Курмышский, 6 – Самарский, 7 – Симбирский, 8 – Сингилейский, 9 – Ставропольский, 10 – Сызранский. Тамбовская: 1 – Липецкий, 2 – Моршанский, 3 – Спасский, 4 – Тамбовский, 5 – Темниковский, 6 – Усманский, 7 – Шацкий. Тульская: 1 – Алексинский, 2 – Богородицкий, 3 – Веневский, 4 – Епифанский, 5 – Ефремовский,

6 – Каширский, 7 – Одоевский, 8 – Тульский, 9 – Чернский. Уфимская (Оренбургская): 1 – Бугульминский, 2 – Бугурусланский, 3 – Верхнеуральский, 4 – Мензелинский, 5 – Стерлитамакский, 6 – Уфимский, 7 – Челябинский. Харьковская (Слободско-Украинская): 1 – Белопольский, 2 – Богодуховский, 3 – Валкинский, 4 – Золочевский, 5 – Изюмский, 6 – Краснокутский, 7 – Лебедянский, 8 – Миропольский, 9 – Недрыгайловский, 10 – Сумский (Сумской), 11 – Харьковский, 12 – Хотмыжский, 13 – Чугуевский.

В отличие от регионов лесной зоны, эти территории исторически относительно недавно стали объектом земледельческого освоения. Хотя продвижение Русского государства на эти земли началось еще с XVI века, активно осваиваться они стали существенно позже, и даже в конце XVIII века во многих районах оставался большой резерв не вовлеченных в хозяйственный оборот земель, в том числе лесных угодий (Козлов и др., 2013).

Материалом послужили сведения о животных, содержащиеся в «Экономических примечаниях». Их обработка и анализ позволили создать выборку, охватывающую 15 губерний, 102 уезда, 1150 дач. Методика создания выборки и её анализа были опубликованы ранее (Голубинский и др., 2011; Rumyantsev et al., 2013; Румянцев и др., 2014), в связи с чем мы на этом не останавливаемся. Подчеркнем только, что методика формирования выборки была изначально ориентирована вовсе не на объекты животного мира, поскольку для участников Генерального межевания сведения о животных были второстепенными.

Материалы организованы в компьютерную базу данных средствами СУБД Visual FoxPro 9.0 и ГИС-пакета MapInfo Professional 12.5. В рамках исследуемой территории в выборку вошло 9 губерний, 81 уезд (рис. 1) и 617 дач. Для «пограничных» губерний (Казанская, Калужская) не включались «лесные» уезды, рассмотренные ранее (Емельянова и др., 2017; Emelyanova et al., 2017).

Для каждого из отмеченных названий зверей подсчитали число упоминаний (встречаемости) по конкретным дачам, уездам и губерниям. Результаты сравнили с аналогичными расчетами, проведенными ранее для вдвое меньшей выборки (Rumyantsev et al., 2013; Румянцев и др., 2014).

Для анализа исторических изменений размещения некоторых видов, наиболее значимых для исследуемой территории, был проведен обзор литературных источников, характеризующих их прошлое и современное распространение. Анализировались также связи выявленных исторических различий размещения видов с изменениями экологической ситуации.

Результаты и обсуждение

В рамках выборки по исследуемой территории выявлено 2395 упоминаний млекопитающих – 22 названия зверей, относящихся к 11 семействам пяти отрядов (табл.). В России сегодня обитает более 250 видов наземных зверей, относящихся к 7-8 отрядам и более чем 30 семействам. Подчеркнём, что речь идет именно о *названиях*, а не о *видах*, поскольку одно и то же название в «Экономических примечаниях» может соответствовать более чем одному виду. Например, здесь – «зайцы», «хорьки», «суслики». Кроме того, иногда используются местные названия – например, «карбыш» – обыкновенный хомяк, «порешня» – речная выдра. На рисунке 2 показано число упоминаний названий зверей в выборке – в транскрипции, фигурирующей в «Экономических примечаниях».

Научные названия конкретных видов и таксономических категорий других рангов могут быть различными в разных источниках. Для русских названий вообще нет строгих правил номенклатуры. Названия (табл.) приведены по источникам: (Бобринский и др., 1965; Динец, Ротшильд, 1996) с небольшими изменениями, хотя в более специальных и/или более поздних сводках они могут быть несколько иными. В рамках данной работы это не имеет большого значения.

Упоминание или не упоминание видов в «Экономических примечаниях» мы предположительно связываем с тремя сформулированными ранее критериями (Румянцев и др., 2014).

1. Практическая значимость. Вид может быть вредителем сельского хозяйства, объектом охоты, иметь медицинское значение и т.п.

2. Заметность. Звери в большинстве живут скрытно, и многих из них, даже вполне обычных, люди видят редко. Заметные же звери могут упоминаться, даже если они не значимы практически.

3. Связь с определенными фенологическими рубежами в жизни природы (например, с определенными видами могут быть связаны важные для крестьян приметы). Этот критерий более важен для птиц, но возможен и для некоторых млекопитающих.

При обсуждении результатов мы также ранее приняли два допущения (Румянцев и др., 2014).

1. Если зверь упоминается в «Экономических примечаниях», значит, он был на этой территории. Возможность ошибок участников Генерального межевания в данном случае игнорируется.
2. Если зверь не упоминается, это не значит, что его здесь не было. Многие звери – обычные и, несомненно, значимые для человека, – в «Экономических примечаниях» вообще не упоминаются, либо упоминания их единичны.

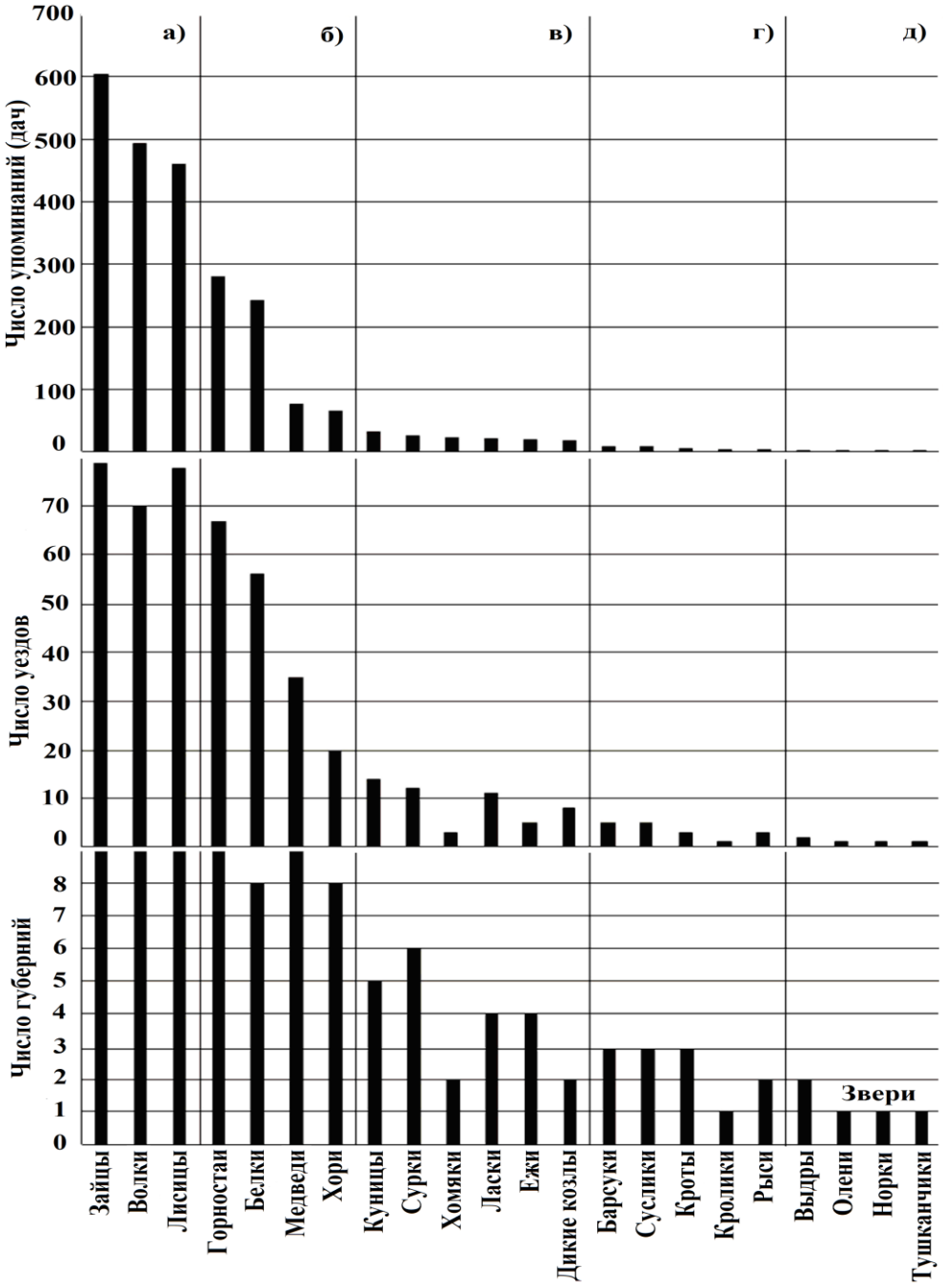


Рис. 2. Число упоминаний названий зверей в выборке (ранжировано по убыванию): *а-д* – группы зверей, условно выделенные по встречаемости упоминаний.

Отсутствие упоминаний многих видов объяснить несложно. В большинстве это «мелкие млекопитающие» – землеройки (*Soricidae*); все рукокрылые (*Chiroptera*), из грызунов – мышевидные. Либо их наличие самоочевидно, либо они не имеют явного практического значения в понимании участников Генерального межевания, а значит, не заслуживают внимания. При этом в большинстве

они малозаметны. Даже в наши дни информацию о таких животных можно получить только у специалистов.

Из крупных, заметных и значимых зверей в «Экономических примечаниях», как и для бореальных лесов (Емельянова и др., 2017; Emelyanova et al., 2017), не упоминается кабан (*Sus scrofa*), ныне обычный почти на всей ЕТР. Однако, по существующим представлениям (Фадеев, 1981; Бобров и др., 2008), в период проведения Генерального межевания на исследуемой территории кабана не было. Его естественное и искусственное расселение с юго-запада началось только в XX веке.

Не упоминается в рассматриваемой выборке и лось (*Alces alces*), ныне обитающий как на всей исследуемой территории, так и в более южных регионах. Известно, что вследствие хищнической добычи ареал и численность лося сократились до минимума к середине XIX века, а ещё в начале XX века он был редким видом всюду кроме некоторых районов Сибири (Динец, Ротшильд, 1996; Данилкин, 1999, 2006; Бобров и др., 2008). И в более северных районах ЕТР лось в период Генерального межевания, вероятно, был довольно редок (Емельянова и др., 2017; Emelyanova et al., 2017), а на территориях, охваченных данной выборкой, возможно, отсутствовал полностью.

Представляет значительный интерес отсутствие упоминаний русской выхухоли (*Desmana moschata*). Известно, что выхухоль была довольно обычной на включенной в выборку территории, именно здесь располагались основные рефугиумы в период максимальной депрессии ареала и численности вида (Емельянова, Назырова, 1997).

В выборке полностью отсутствуют упоминания речного бобра (*Castor fiber*) – зверя очень ценного и очень заметного. В ранее исследованной выборке по бореальным лесам (Емельянова и др., 2017; Emelyanova et al., 2017) он упоминался лишь однократно. Вопрос о причинах этого мы достаточно подробно обсуждали в упомянутой выше публикации. Имеется и немало специальных работ (Силантьев, 1898; Кеппен, 1902; Кириков, 1960; Савинецкий, Крылович, 2009; Сафонов, Савельев, 2015), которые свидетельствуют, что основной причиной отсутствия вида на больших территориях или крайне низкой его численности уже в период проведения Генерального межевания было антропогенное воздействие. Отсутствие какого-либо регулирования добычи и сравнительная легкость последней привели к тому, что к началу XX века в России популяции бобра (всего менее 1000 особей) сохранились только в бассейнах Днепра и Дона, на Нижней Оби, в верховьях Енисея в Туве (Сафонов, Савельев, 2015). Лишь в последние десятилетия бобр вновь стал на ЕТР вполне обычным. Отметим, что на исследуемой территории бобр сохранялся даже в период максимальной редукции ареала в XX веке – например, в Воронежском и Хопёрском заповедниках в пределах современной Воронежской области (Заповедники …, 1989). При этом здесь имеется немало топонимов, связанных с бобром, вплоть до названия уезда – Бобровский (Бобруйский).

Из млекопитающих, характерных для открытых пространств лесостепи и степи ЕТР, в «Экономических примечаниях» не упоминается обыкновенный слепыш (*Spalax microphthalmus*). Сегодня это достаточно обычный зверь на территории, охваченной выборкой. Местами он может приносить определённый вред ряду сельскохозяйственных культур – особенно картофелю и корнеплодам. Самого слепыша увидеть непросто, но следы его жизнедеятельности – выбросы из нор – очень заметны. Ресурсного значения, как и естественных врагов, слепыш не имел и не имеет. Исторические изменения его распространения изучены слабо. Но известно, например, что в Пензенской губернии он обитал вплоть до первой четверти XX века (Спрыгин, 1925). Причины полного отсутствия упоминаний слепыша в «Экономических примечаниях» не вполне понятны.

Почти все прочие звери, заслуживавшие внимания участников Генерального межевания по критериям значимости и заметности, в «Экономических примечаниях» упоминаются, хотя и с разной частотой – от очень высокой до единичных упоминаний. Зверей в выборке, как следует из таблицы и рисунка 2, по числу упоминаний можно условно разделить на 5 групп аналогично тому, как было сделано для бореальных лесов (Емельянова и др., 2017; Emelyanova et al., 2017).

1 (*а*). Абсолютные лидеры. Отмечены для всех губерний и всех или почти всех уездов. Это зайцы (604 дачи из 617, 79 уездов из 81); волки (494 дачи); лисицы (460 дач, 78 уездов).

2 (*б*). Высокая встречаемость. Горностаи (280 дач, все губернии, 67 уездов); белки (242 дачи, 8 губерний, 56 уездов); медведи (78 дач, 36 уездов); хори (65 дач, 8 губерний, 20 уездов).

3 (*в*). Средняя встречаемость. Куницы (32 дачи, 5 губерний, 14 уездов); сурки (26 дач, 6 губерний,

12 уездов); хомяки (22 дачи, 2 губернии, 3 уезда); ласки (21 дача, 4 губернии, 11 уездов); ежи (19 дач, 4 губернии, 5 уездов); дикие козы (18 дач, 2 губернии, 8 уездов).

4 (*г*). Низкая встречаемость. Барсуки (8 дач, 3 губернии, 5 уездов); суслики (8 дач, 3 губернии, 5 уездов); кроты (5 дач, 3 губернии, 3 уезда); кролики (4 дачи, 1 губерния, 1 уезд); рыси (3 дачи, 2 губернии, 3 уезда).

5 (*д*). Упоминания единичны (4 названия: выдры – 2 дачи, 2 губернии, 2 уезда; олени – 2 дачи, 1 губерния, 1 уезд; норки и тушканчики – 1 дача, 1 губерния, 1 уезд).

Таблица. Встречаемость упоминаний млекопитающих в выборке из «Полных Экономических примечаний» (губернии в алфавитном порядке, звери – в систематическом).

Название в ЭП (22 назв.)	**Современное название**		**Ворон. (11/61)***		**Каз. (7/48)***		**Курс. (14/ 110)***		**Пенз. (3/17)***		**Симб. (10/ 126)***		**Тамб. (7/42)***		**Тульс. (9/64)***		**Уфим. (7/71)***		**Харьк. (13/78)***		**ВСЕГО (81 уезд, 617 дач)**		
	Русское	**Латинское**	У	Д	У	Д	У	Д	У	Д	У	Д	У	Д	У	Д	У	Д	У	Д	**Г**	**У**	**Д**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
ОТРЯД НАСЕКОМОЯДНЫЕ – INSECTIVORA																							
Семейство Кротов – *Talpidae*																							
Кроты	Европейский крот	*Talpa europaea*			1	1	1	3			1	1									**3**	**3**	**5**
Семейство Ежей – *Erinaceidae*																							
Ежи	Обыкновенный ёж	*Erinaceus europaeus*	1	4			1	3			2	11	1	1							**4**	**5**	**19**
ОТРЯД ХИЩНЫЕ – CARNIVORA																							
Семейство Медведей – *Ursidae*																							
Медведи	Бурый медведь	*Ursus arctos*	3	3	5	14	1	1	1	1	10	18	4	7	1	1	6	24	5	9	**9**	**36**	**78**
Семейство Собак – *Canidae*																							
Волки	Волк	*Canis lupus*	10	45	7	40	14	78	3	14	10	110	7	35	9	45	7	59	13	68	**9**	**70**	**494**
Лисицы	Обыкновенная лисица	*Vulpes vulpes*	10	47	7	39	14	79	3	13	10	107	7	29	8	35	7	57	12	54	**9**	**78**	**460**
Семейство Кошек – *Felidae*																							
Рыси	Рысь	*Felis lynx*									1	1	2	2							**2**	**3**	**3**
Семейство Куниц – *Mustelidae*																							
Барсуки	Барсук	*Meles meles*	1	1							1	3					3	4			**3**	**5**	**8**
Куницы	Лесная куница Каменная куница?	*Martes martes, M. foina?*			1	2					3	4	3	4			4	19	3	3	**5**	**14**	**32**
Хори	Лесной хорь Степной хорь ?	*Mustela putorius, M. eversmanni?*	5	7	1	1	3	5	1	1	4	33	3	7	1	1			4	10	**8**	**20**	**65**
Горностаи	Горностай	*Mustela erminea*	9	25	7	26	12	41	3	7	10	78	4	22	6	16	7	44	9	21	**9**	**67**	**280**
Ласки	Ласка	*Mustela nivalis*			1	1	6	13					1	1					3	6	**4**	**11**	**21**

Продолжение таблицы.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Норки	Европейская норка	*Mustela lutreola*	1	1																	**1**	**1**	**1**
Выдры	Речная выдра	*Lutra lutra*											1	1					1	1	**2**	**2**	**2**
ОТРЯД ЗАЙЦЕОБРАЗНЫЕ – LAGOMORPHA																							
Семейство Зайцев – *Leporidae*																							
Зайцы	Заяц-русак Заяц-беляк?	*Lepus europaeus, L. timidus?*	10	58	7	47	14	110	3	17	10	125	7	39	9	64	6	66	13	78	**9**	**79**	**604**
Кролики	Дикий кролик	*Oryctolagus cuniculus*	1	4																	**1**	**1**	**4**
ОТРЯД ГРЫЗУНЫ – RODENTIA																							
Семейство Белок – *Sciuridae*																							
Белки	Обыкновенная белка	*Sciurus vulgaris*	5	9	7	32	10	20	3	4	10	84			7	29	7	46	7	18	**8**	**56**	**242**
Сурки	Степной сурок	*Marmota bobak*	4	15	1	1	1	1			3	4					2	4	1	1	**6**	**12**	**26**
Суслики	Большой суслик Крапчатый суслик?	*Spermophilus major, S. suslicus?*			1	1					3	5					1	2			**3**	**5**	**8**
Семейство Хомяков – *Cricetidae*																							
Хомяки	Обыкновенный хомяк	*Cricetus cricetus*					2	5			1	17									**2**	**3**	**22**
Семейство Тушканчиков – *Dipodidae*																							
Тушканчики	Большой тушканчик	*Allactaga major*									1	1									**1**	**1**	**1**
ОТРЯД ПАРНОКОПЫТНЫЕ – ARTYODACTYLA																							
Семейство Оленей – *Cervidae*																							
Олени	Северный олень	*Rangifer tarandus*															1	2			**1**	**1**	**2**
Дикие козы	Европейская косуля	*Capreolus capreolus*	1	2															7	16	**2**	**8**	**18**
ВСЕГО упоминаний зверей			**221**		**205**		**359**		**57**		**602**		**148**		**191**		**327**		**285**		**2395**		
ВСЕГО упомянуто названий зверей			**13**		**12**		**12**		**7**		**16**		**11**		**7**		**11**		**12**		**22**		

Примечания к таблице: * – число уездов / число дач в выборке по данной губернии; У – число уездов, для которых в «Экономических примечаниях» (ЭП) упомянут данный вид; Д – число дач, для которых в ЭП упомянут данный вид; Г – число губерний, для которых в ЭП упомянут данный вид.

Набор и соотношение названий зверей в перечисленных группах несколько отличается от ранее определённого для бореальных лесов (Емельянова и др., 2017; Emelyanova et al., 2017). Это понятно – в выборку входит значительное число степных видов, а специфические таёжные виды отсутствуют.

Но можно заметить, что «лидирующая группа» та же: *зайцы, волки, лисицы, белки, горностаи, медведи.* Все эти звери, несомненно, имели в рассматриваемое время большое ресурсное значение. Отметим, что в пределах исследуемой территории и в период Генерального межевания обитало два вида зайцев – русак и беляк, а также их гибриды – «тумаки»[3].

Результаты анализа вновь подтвердили наши предыдущие выводы (Rumyantsev et al., 2013; Румянцев и др., 2014; Емельянова и др., 2017; Emelyanova et al., 2017). Почти все виды зверей, упомянутые в выборке, сегодня обитают на исследуемой территории, причем некоторые из них вполне обычны. Локализации их упоминаний, за редкими исключениями (см. ниже), не выходят за пределы современных ареалов. Но сведения о некоторых видах, заслуживающих особого внимания, указывают на заметные различия состояния их популяций в период проведения Генерального межевания и в наши дни. Эти различия могут служить индикаторами изменений экологической ситуации, которые, вероятно, связаны в основном с антропогенным фактором.

Из зверей, свойственных открытым территориям степи и лесостепи ЕТР, заслуживают внимания три названия.

Сурки. Степной сурок или байбак – эндемик равнинных степей бывшего СССР. Это значимый и очень заметный зверь, а кроме того – один из немногих, отвечающих «фенологическому» критерию (некоторые сезонные явления в жизни сурков: залегание в спячку, весенний выход из нор, выход молодняка – могут служить приметами местному населению). Историческим изменениям размещения байбака на ЕТР посвящены специальные публикации авторов (Румянцев и др., 2015а, б). Анализ показал, что и в рассматриваемый период сурок в пределах территории, охваченной выборкой, обитал примерно в тех же районах, где и сейчас, в пределах степной зоны и лесостепи, причём отнюдь не везде. Материалы «Генерального межевания …» свидетельствуют, что и на рубеже XVIII-XIX веков байбак занимал здесь лишь отдельные, наиболее благоприятные участки. Это подтверждает заключения, сделанные ранее (Кириков, 1980) и основанные преимущественно на других источниках.

Суслики. Судя по локализации упоминаний (в основном, левобережье Волги), имеется в виду *большой (рыжеватый) суслик*, который в пределах территории выборки и сегодня обычен в Заволжье. Но для некоторых приволжских правобережных районов, возможно, упоминается *крапчатый суслик*. Вызывает удивление тот факт, что последний вид не упоминается для остальной выборки, хотя на большей части рассматриваемой территории (западнее Волги) он сейчас вполне обычен. Крапчатый суслик является серьёзным вредителем зерновых культур, при этом довольно заметен и также отвечает «фенологическому» критерию. Причины отсутствия его упоминаний в «Экономических примечаниях» заслуживают специального исследования.

Кролики (дикий кролик) упоминаются для четырёх дач Купенского (Купянского) уезда Воронежской губернии. Отметим, что этот уезд в период Генерального межевания относился то к Воронежской, то к Харьковской губернии. Упоминания кролика представляют особый интерес, поскольку известно, что он был завезён в Российскую Империю заметно позже и долгое время обитал только в западном Причерноморье на территории Украины (Бобров и др., 2008). Никаких данных об обитании кролика в названном районе нет, сейчас он здесь отсутствует. Возможно, это результат недокументированных выпусков по чьей-то частной инициативе и кролик тут со временем исчез.

Из лесных видов в выборке упоминаются три, для которых локализация упоминаний выходит за пределы современных ареалов.

Олени (очевидно, северный олень) упоминаются для двух дач Челябинского уезда Уфимской (Оренбургской) губернии, находящегося за пределами ЕТР. Вопрос о гораздо более широком распространении северного оленя в период Генерального межевания мы обсуждали и ранее (Емельянова и др., 2017; Emelyanova et al., 2017). Отметим только, что названные локализации также находятся вне современного ареала вида.

Рыси упоминаются в выборке однократно для Алатырского уезда Симбирской губернии и дважды – для Тамбовской губернии (Моршанский и Шацкий уезды). Эти территории номинально включаются в современный ареал (Рысь …, 2003; Бобров и др., 2008), но в действительности сегодня рысь здесь, по-видимому, постоянно не обитает.

[3] Здесь, вероятно, встречались также два вида *хорей* – лесной и степной, и, возможно, два вида *сусликов*.

Медведи. Особый интерес представляют упоминания бурого медведя. В выборке он упоминается для всех губерний, 36 уездов, 78 дач (табл.). При этом значительное число локализаций находится далеко за южной границей современного ареала (рис. 3), в пределах лесостепей или даже северных степей (Курская, Воронежская, Харьковская губернии). Медведю же для стабильного существования популяции требуются большие лесные массивы. Есть указания на то, что медведь «в прошлом встречался и в степях» (Динец, Ротшильд, 1996). В сегодняшней Воронежской области в двух Государственных заповедниках, Воронежском и Хопёрском, охраняются в первую очередь именно лесные экосистемы. Но и в этих самых крупных для региона (причем охраняемых) лесных массивах медведя сейчас нет (Заповедники …, 1989).

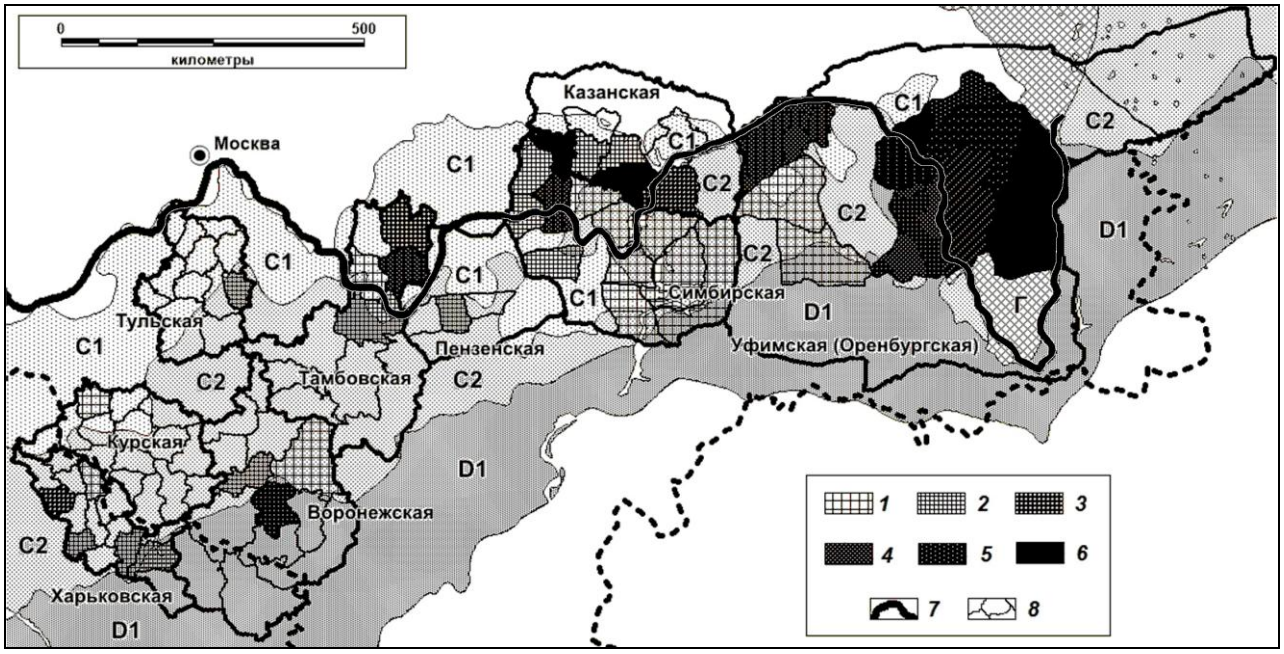


Рис. 3. Упоминания медведя в выборке (всего 36 уездов, 78 дач). *Условные обозначения:* 1-6 – доля (%) дач с медведем от общего числа дач в выборке по уезду: 1 – менее 12.6 (12 дач); 2 – 12.6-25.0 (12 дач); 3 – 25.1-37.5 (3 дачи); 4 – 37.6-50.0 (5 дач); 5 – 50.1-75.0 (2 дачи); 6 – 75.1-100 (2 дачи); 7 – примерное положение современной южной границы распространения медведя; 8 – границы уездов.

Возможно, дело в том, что в период Генерального межевания лесистость рассматриваемой территории была существенно выше сегодняшней. Это могло быть связано с тем, что к концу XVIII веке ещё сохранялись засечные леса Белгородской и Изюмской черт (Загоровский, 1968, 1980). Данные о лесистости изучаемой территории в период Генерального межевания также содержатся в «Экономических примечаниях», но их обобщение и анализ – дело будущего.

Все прочие звери, упомянутые в исследованной выборке из «Экономических примечаний», и сегодня обитают на рассматриваемой территории. Локализации их упоминаний в «Экономических примечаниях» находятся в пределах современных ареалов.

Заключение

Результаты проведённого исследования вполне согласуются с выводами, сделанными авторами ранее как для вдвое меньшей выборки, так и для актуальной выборки по бореальным лесам ЕТР.

В выборке выявлено 22 названия млекопитающих. Частота их упоминаний, по-видимому, определяется в основном значимостью вида для человека и его заметностью. Упомянуты почти все звери, обитавшие в этот период на рассматриваемой территории и заслуживавшие внимания участников Генерального межевания в плане названных критериев. В большинстве они и сегодня живут на этой территории, причем многие из них обычны или даже многочисленны. На сегодняшний день ни один из упомянутых видов не исчез полностью с рассматриваемой территории, хотя характер их распространения в ряде случаев изменился. К сожалению, «разрешающая способность» выборки в

большинстве случаев не позволяет детально охарактеризовать эти изменения. Но очевидно, что ареалы некоторых видов в пределах рассматриваемой территории на сегодняшний день сократились (медведь, рысь), других – расширились (лось, кабан), а большинства – почти не изменились. Причиной изменений, как правило, является антропогенный фактор в различных его проявлениях. Судить об изменениях численности конкретных видов, как и о динамике их ареалов в течение двух столетий, материалы «Генерального межевания …» не позволяют. Также вызывает вопросы отсутствие упоминаний ряда видов, довольно значимых и/или заметных.

«Лидирующая» по числу упоминаний группа названий зверей в исследованной выборке практически та же, что и для бореальных лесов – это зайцы, волки, лисицы, белки, горностаи, медведи. Они, а также некоторые другие виды, несомненно, имели в период Генерального межевания большое значение – прежде всего как пушной ресурс. Некоторые ценные пушные виды (бобр) к этому времени на ЕТР, возможно, уже были почти полностью истреблены. Для объяснения отсутствия упоминаний других (выхухоль) необходимы специальные исследования.

В пределах территории выборки сегодня живут значимые и заметные виды зверей, не упоминаемые в «Экономических примечаниях» вообще или для конкретных частей исследуемой территории. Их присутствие может быть обусловлено естественным расширением ареалов (кабан, лось) или восстановлением ранее редуцированных ареалов (бобр, выхухоль). Но большую роль сыграли также целенаправленные мероприятия по интродукции ценных видов, проводившиеся в СССР в XX веке. В наши дни здесь обитают млекопитающие, чуждые для ЕТР и намеренно завезенные из других регионов России или из-за рубежа – такие как ондатра (*Ondatra zibethicus*), американская норка (*Mustela vison*), енотовидная собака (*Nyctereutes procyonoides*).

Основной вывод из анализа, проведенного как в рамках данной работы, так и ранее, для бореальных лесов ЕТР, противоречит представлениям о сокращении разнообразия фауны ЕТР с конца XVIII века до настоящего времени, сложившимся в общественном сознании. Сегодня это разнообразие в целом больше, чем в период проведения Генерального межевания. Конечно, характер распределения конкретных видов в их ареалах изменился, но на основании материалов рассмотренной выборки достоверно проследить эти изменения в большинстве случаев невозможно.

Проведённый анализ позволил в некотором приближении оценить общее разнообразие фауны млекопитающих рассмотренной территории в период Генерального межевания в мелком масштабе. Но для отдельных частей этой территории (например, конкретных губерний или уездов) выборка явно недостаточна, как и для детального анализа прошлого распространения конкретных видов. Последнее подтверждается нашим опытом анализа данных «Экономических примечаний» о степном сурке (Румянцев и др., 2015а, б). Крайне желательна полная обработка «Экономических примечаний» в отношении упоминаний животных, но это – очень трудоемкая задача.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бобринский Н.А., Кузнецов С.В., Кузякин А.П. 1965. Определитель млекопитающих СССР. М.: Просвещение. 382 с.

Бобров В.В., Варшавский А.А., Хляп Л.А. 2008. Чужеродные виды млекопитающих в экосистемах России. М.: Товарищество научных изданий КМК. 232 с.

Голубинский А.А., Хитров Д.А., Черненко Д.А. 2011. Итоговые материалы Генерального межевания: о возможностях обобщения и анализа // Вестник Московского университета. Серия 8. История. № 3. С. 35-51.

Данилкин А.А. 1999. Оленьи (*Cervidae*) (Млекопитающие России и сопредельных регионов). М.: ГЕОС. 552 с.

Данилкин А.А. 2006. Дикие копытные в охотничьем хозяйстве. М.: ГЕОС. 366 с.

Динец В.Л., Ротшильд Е.В. Звери. 1996. Энциклопедия природы России. М.: ABF. 344 с.

Емельянова Л.Г., Назырова Р.И. 1997. Кадастрово-справочная карта распространения русской выхухоли (*Desmana moschata* L., 1758) // Материалы Международного совещания «Редкие виды млекопитающих России и сопредельных территорий». М. С. 102.

Емельянова Л.Г., Румянцев В.Ю., Хитров Д.А., Голубинский А.А. 2017. Историко-экологический анализ распространения млекопитающих бореальных лесов Европейской России по материалам Генерального межевания // Сибирский экологический журнал. № 2. С. 150-161.

Загоровский В.П. 1968. Белгородская черта. Воронеж: Изд-во Воронежского университета. 292 с.

Загоровский В.П. 1980. Изюмская черта. Воронеж: Изд-во Воронежского университета. 240 с.

Заповедники СССР. Заповедники европейской части РСФСР. 1989. Ч. II / Ред. В.Е. Соколов, Е.Е. Сыроечковский. М.: Мысль. 304 с.

Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий. 1999. Карта, М 1:8000000 / Ред. Г.Н. Огуреева. М.: ЭКОР.

Кеппен О.П. 1902. О прежнем и нынешнем распространении бобра в пределах России // Журнал Министерства народного просвещения. С.-Пб.: Сенатская типография. С. 330-389.

Кириков С.В. 1959. Изменения животного мира в природных зонах СССР (XIII-XIX вв.). Степная зона и лесостепь. М.: Изд-во АН СССР. 173 с.

Кириков С.В. 1960. Изменения животного мира в природных зонах СССР (XIII-XIX вв.). Лесная зона и лесотундра. М.: Изд-во АН СССР. 156 с.

Кириков С.В. 1966. Промысловые животные, природная среда и человек. М.: Наука. 348 с.

Кириков С.В. 1980. Исторические изменения в размещении байбака (XVII-XIX вв. и первая треть XX в.) // Сурки. Биоценотическое и практическое значение. М.: Наука. С. 24-31.

Козлов Д.Н., Глухов А.И., Голубинский А.А., Хитров Д.А. 2013. Роль природно-позиционных условий в дифференциации землепользования Европейской России конца XVIII в. – методика цифрового анализа материалов Генерального межевания // Русь, Россия: Средневековье и Новое время. Вып. 3. М. С. 26-33.

Милов Л.В. 1965. Исследование об «Экономических примечаниях» к Генеральному межеванию. М.: Изд-во Московского университета. 314 с.

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

Румянцев В.Ю., Голубинский А.А., Солдатов М.С., Хитров Д.А. 2014. Земледельческое освоение и состояние фауны Европейской России по материалам Генерального межевания // Ежегодник по аграрной истории Восточной Европы. М.: Древлехранилище. С. 89-107.

Румянцев В.Ю., Хитров Д.А., Голубинский А.А. 2015а. К историческим изменениям распространения степного сурка (*Marmota bobak* Müll.) в Европейской России // Сурки Евразии: Экология и практическое значение: Материалы XI Международного совещания по суркам специалистов стран бывшего Советского Союза (пос. Родники, Раменский район, Московская обл., 11-15 марта 2015 г.). М. С.123-127.

Румянцев В.Ю., Хитров Д.А, Голубинский А.А. 2015б. Степной сурок в материалах Генерального межевания Российской Империи // Бюллетень Московского Общества Испытателей Природы. Отдел биологический. Т. 120. № 5. С. 22-25.

Рысь. Региональные особенности экологии, использования и охраны. 2003 / Ред. Е.Н. Матюшкин, М.А. Вайсфельд. М.: Наука. 523 с.

Савинецкий А.Б., Крылович О.А. 2009. Палеозоологические материалы и динамика промысловой фауны // Археология среднерусской деревни. М.: Наука. С. 16-24.

Сафонов В.Г., Савельев А.А. 2015. Соболь и бобр в пушном деле России // Вестник охотоведения. Т. 12. № 2. С. 156-171.

Силантьев А.А. 1898. Обзор промысловых охот в России. С.-Пб. 619 с.

Солдатов М.С., Румянцев В.Ю., Голубинский А.А., Хитров Д.А. 2014. Осетровые рыбы Европейской России на рубеже XVIII-XIX вв. в материалах Генерального межевания // Исторический журнал: научные исследования. № 5. С. 512-525. DOI: 10.7256/2222-1972.2014.5.14664

Солдатов М.С., Румянцев В.Ю., Хитров Д.А., Голубинский А.А. 2017. Лососёвые рыбы Европейской России на рубеже XVIII-XIX вв. в материалах Генерального межевания // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. Т. 122. № 1. С. 13-25.

Спрыгин И.И. 1925. Исчезновение двух степных грызунов сурка и слепца в Пензенской губернии // Труды по изучению заповедников. Вып. 6. М.: Изд-во Отдела охраны природы Главнауки НКП. 20 с.

Фадеев Е.В. 1981. О динамике северной границы ареала кабана в Восточной Европе // Биологические науки. С. 56-64.

Emelyanova L.G., Rumyantsev V.Yu, Khitrov D.A., Golubinsky A.A. 2017. Distribution of Mammals in Boreal Forests of European Russia: Historical and Ecological Analysis Based on Materials in the General Land Survey // Contemporary Problems of Ecology. Vol. 10. № 2. P. 131-139. DOI: 10.1134/S1995425517020032

Rumyantsev V.Yu., Golubinsky A.A., Soldatov M.S., Husson A., Khitrov D.A. 2013. Changes of Mammals Biodiversity in the European Russia (the End of the XVIII Century – XXI Century) // Geography, Environment, Sustainability. № 4. Vol. 6. P. 48-64.

Rumyantsev V.Yu., Golubinsky A.A., Soldatov M.S., Khitrov D.A., Arutiunov A.Yu. 2015. Changes of Wildlife Biodiversity in the European Russia (the End of the XVIII Century – XXI Century) // IGU 2015 Moscow Regional Conference (Moscow, Russia, 17-21August, 2015). Book of Abstracts. Moscow. P. 49.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 3 (76), с. 36-42

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 627.8

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ БЕРЕГОВ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

© 2018 г. А.Е. Косолапов*, Г.И. Скрипка*, Л.А. Беспалова*, **, О.В. Ивлиева*, **, А.А. Филатов*

**Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр*
Россия, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Филимоновская, д. 174
***Южный федеральный университет*
Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, д. 105/42
E-mail: bespalowaliudmila@yandex.ru, ivlieva.o@mail.ru, uch-sekrwxc.shemet@yandex.ru

Поступила 06.12.2017

Предложена новая оригинальная методика мониторинга морфологических и морфометрических характеристик берегов различных типов берегов водохранилищ с использованием беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и инструментария программы Agisoftphotoscan. Использование методики продемонстрировано на примере побережий Цимлянского водохранилища. Установлены оптимальные параметры БЛА для наблюдения за береговыми процессами на абразионных, оползневых и аккумулятивных типах берегов.

Ключевые слова: морфологические и морфометрические характеристики, типы берегов, абразионные, оползневые процессы, беспилотный летательный аппарат (БЛА), Цимлянское водохранилище.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00024

Общая протяженность берегов Цимлянского водохранилища оставляет более 900 км. Эти берега представлены разными типами: абразионный, абразионно-обвальный, абразионно-оползневой, абразионно-осыпной (60% береговой линии), низкий ровный берег затопления (стабильный – 44%), абразионно-аккумулятивный бухтовый, аккумулятивный (6%). Наблюдения за состоянием берегов и интенсивностью проявления экзогенных геологических процессов ведутся на 60 створах, которые расположены в основном в пределах населенных пунктов (Косолапов и др., 2017). Большую же часть береговой линии мониторинг не охватывает или же осуществляется нерегулярно (Новикова, 2015; Скрипка и др., 2017). Одним из способов решения данной проблемы является использование беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

Цель проводимых исследований – оценка возможностей использования БЛА при исследовании морфологических и морфометрических характеристик берегов для осуществления мониторинга береговых процессов водоемов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Определить оптимальные параметры БЛА, условия и режимы их использования для наблюдения за береговыми процессами на абразионных, оползневых и аккумулятивных берегах.
2. Проанализировать возможности программных ресурсов, применяемых для обработки фотоматериалов, полученных с помощью БЛА.
3. Разработать методику оценки морфологических и морфометрических показателей берегов различных типов и эрозионных форм с использованием фотоматериалов, полученных с БЛА.

Материалы и методы

В 2017 году сотрудниками «Российского информационно-аналитического и научно исследовательского водохозяйственного центра» проведены исследования и разработана оригинальная методика обследования и определения морфологических и морфометрических характеристик берегов с использованием фотоматериалов, полученных с беспилотного летательного аппарата (модель Phantom 4Pro).

На основе данной модели сформирован беспилотный авиационный комплекс (БАК), предназначенный для ведения дистанционного мониторинга участков побережья с высот от 1 до 300 м от уровня земной (водной) поверхности на удалении до 3.5 км от пульта дистанционного управления (на практике в условиях прямой видимости максимальное удаление БЛА от точки взлета составило около 6 км). Время полета составляет до 30 минут, общая протяженность маршрута – до 15 км. Беспилотный летательный аппарат оснащен поддержкой спутниковых систем позиционирования GPS/ГЛОНАСС.

Обработка фотоматериалов, полученных с использованием БЛА, осуществляется с помощью программы AgisoftPhotoScan, что позволяет создавать карты высот, а также выполнять измерения координат точек, расстояний, площадей и объемов, отображать профили разрезов по заданной пользователем трассе. Ортофотоплан строится на основании данных исходных снимков и реконструированной модели и создает результирующее изображение высокого разрешения (Руководство пользователя AgisoftPhotoScan …, 2017).

Для отработки методики мониторинга побережья использовались различные режимы работы БЛА. Для фотосъемки берега объектив камеры ориентирован перпендикулярно или под углом, обычно 45°, к горизонтальной плоскости, а при фотосъемке берегового уступа – субгоризонтально (перпендикулярно к плоскости обрыва). Съемка территории временного осушения и аккумулятивных тел осуществлялась с наклонным положением объектива. Фотосъемка берега выполнялась в зависимости от его строения и возможности поддержания устойчивой связи оператора с БЛА с высоты от 4 до 50 метров относительно точки взлета (ТВ). При этом БЛА находился над акваторией водохранилища на расстоянии 20-50 метров от берега.

Съемка абразионных берегов (уступов) БЛА производилась в трех режимах: объектив направлен вертикально вниз (высота полета БЛА над точкой взлета от 50 до 100 метров); объектив наклонен к горизонтальной поверхности под углом 45°, высота полета до 100 метров; объектив ориентирован горизонтально, полет БЛА проходит ниже точки взлета, преимущественно на высоте центральной части берегового уступа.

В первых двух случаях фронтальный вид берегового уступа можно получить при обработке в программе Agisoft ряда последовательных снимков с взаимным перекрытием не менее 60%. При горизонтальном положении объектива можно анализировать как изображение отдельных снимков, так и материалы, полученные при обработке серии снимков.

Результаты

При проведении исследований берегов (определения типов берегов, их морфологических и морфометрических характеристик, эрозионных процессов) на основе съемок с БЛА применялись различные слои программы AgisoftPhotoScan: «ортофотоплан сверху», «ортофотоплан сбоку», «плотное облако», 3D изображение участков полета, видео съемка, панорамные фото и база фотоснимков с БЛА.

Для определения морфометрии берегов использовался слой «ортофотоплан» (вид сверху), т.к. только на нем можно проводить измерения различных характеристик берега.

На первом этапе, на выбранном участке обследования с БЛА на ортофотоплане определялась протяженность берега, координаты береговой линии, использовался последовательный ряд инструментов программы AgisoftPhotoScan (ломаная линия → измерить → плановые → профиль → полигон и др.). В качестве полигона выбран участок полета БЛА в районе Жуковского залива Цимлянского водохранилища (рис. 1 а).

Согласно приведенным данным (рис. 1 б), протяженность участка полета БЛА составляет 3751.18 м. Определены также координаты бровки береговой линии, что при последующих съемках позволит следить за смещением береговой линии водохранилища. Для более точного совмещения разновременных ортофотопланов в плане устанавливались маркеры (репера), которые хорошо видны при съемках с БЛА.

Следующий этап – определение типов берегов. Для этого использовались различные слои Agisoftphotoscan: ортофотоплан сбоку (рис. 2 а), панорамные фотографии (рис. 2 б), видео съемка и база фотоснимков с БЛА (рис. 2 в).

Третий этап – определение морфометрических показателей берега (рис. 3, 4, 5). На ортофотоплане (рис. 3) представлен оползневой участок берега. Вначале определялось

местоположение профиля (рис. 3а), затем при помощи инструментов программы «ломаная линия → измерить → плановые» получали координаты профиля (рис. 3 б.) и инструмента «профиль→ строился» – профиль берегового уступа (рис. 3 в).

а)

Плановые | Профиль | Объём

Точка	Долгота	Широта	Высота (м)
1	42.492540	47.642430	50.291
2	42.492236	47.642389	47.212
3	42.491627	47.642183	50.752
4	42.491201	47.642019	48.519
5	42.490652	47.641751	47.231
6	42.490439	47.641442	48.541
7	42.490226	47.640948	49.726
8	42.490135	47.640599	49.292
9	42.490287	47.640249	54.296
10	42.490652	47.639693	49.689

Периметр (м): 3751.175

Площадь (м²):

Система координат: WGS 84 (EPSG::4326)

б)

Рис. 1. Определение на ортофотоплане (вид сверху) протяженности и координат участка полета БЛА. *Условные обозначения*. Положение точек обследования на разных типах берега а): 1 – оползневом, 2 – аккумулятивном, 3 – овражном, 4 – абразионном, 5 – низком береге затопления; б) определение протяженности и координат участка обследования.

Непосредственно на профиле снимались морфометрические параметры берега: высота обрыва – 15 м; рассчитывался уклон склона (отношение превышения к приложению) – 0.52; ширина пляжа – 2.5 м. Для определения площади оползня использовался инструмент «полигон»: оконтуриваем оползневое тело на ортофотоплане (рис. 4 а), определяем координаты, периметр и площадь оползневого тела, которая составляет 2026.73 м^2 (рис. 4 б).

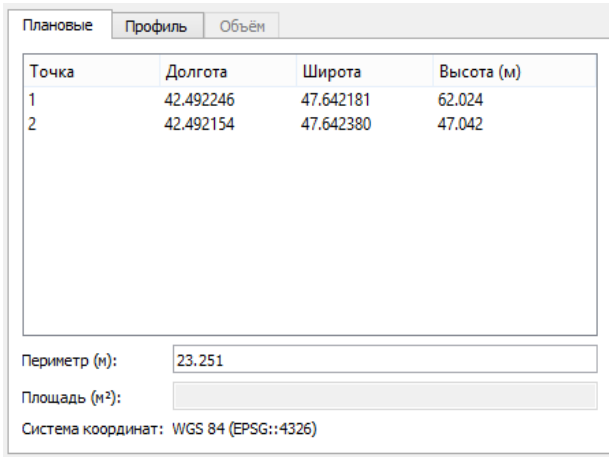
Данные показатели можно использовать при повторных съемках участка берега, для определения интенсивности проявления оползневых процессов. Методика обследования абразионного типа берега и низкого берега затопления, аналогична методике, применяемой для оползневого типа (табл. 1).

Аккумулятивный тип берега на участке полета представлен песчаным мысом (рис. 1 а, точка 2). Для данной формы на основе использования инструментария программы AgisoftPhotoScan определялись следующие показатели: периметр, площадь, гипсометрический профиль, на котором фиксировалась ширина активной части пляжа (рис. 5, табл. 1).

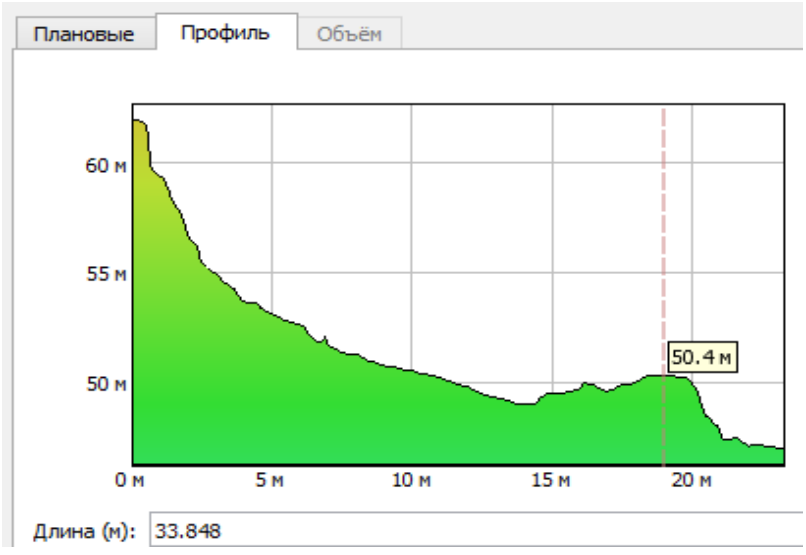
а) б) в)

Рис. 2. Пример использования различных съемок с БЛА для определения типа берега: а) ортофотоплан сбоку, б) панорама, в) фотоснимок с БЛА.

а)



б)



в)

Рис. 3. Морфометрические характеристики оползневого берега: а) местоположение профиля на оползневом склоне, б) определение координат крайних точек профиля; в) построение профиля оползневого берега.

Для оценки задернованности склона или площади проективного покрытия растительностью, например, для аккумулятивного тела, на ортофотоплане оконтуриваем территорию, занятую растительностью, применяя инструменты «полигон → измерить», получаем площадь (табл. 1).

При увеличении масштаба ортофотоплана можно определить и состав растительного покрова (древесный, кустарниковый, травянистый). Эти показатели необходимы для оценки активности проявления береговых процессов и для мониторинга водоохранной зоны водохранилища.

а)

Плановые | Профиль | Объём

Точка	Долгота	Широта	Высота (м)
1	42.491137	47.641982	48.636
2	42.491143	47.641975	49.414
3	42.491170	47.641979	50.361
4	42.491205	47.641986	50.854
5	42.491235	47.641995	51.479
6	42.491264	47.641998	52.014
7	42.491301	47.641995	53.182
8	42.491333	47.642002	54.700
9	42.491370	47.642011	55.622
10	42.491421	47.642021	56.510

Периметр (м): 266.184

Площадь (м²): 2026.727

Система координат: WGS 84 (EPSG::4326)

б)

Рис. 4. Использование инструмента «полигон» на ортофотоплане для определения координат и площади оползня: а) оконтуривание оползня, б) определение периметра, координат и площади оползневого тела.

а)

Плановые | Профиль | Объём

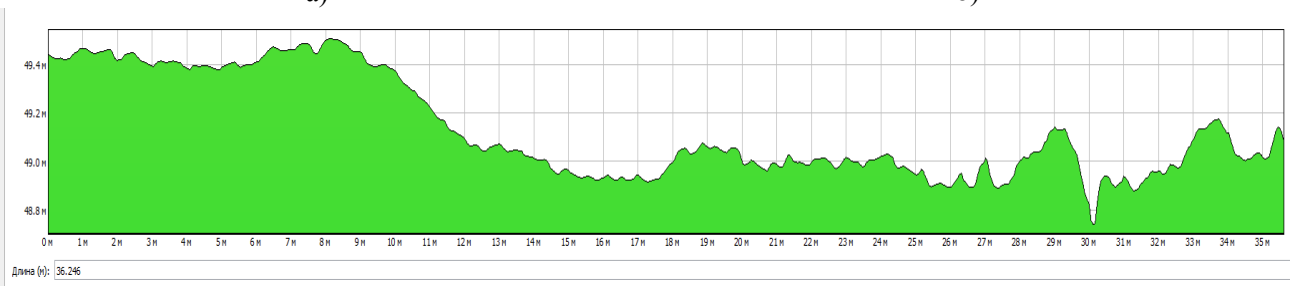
Точка	Долгота	Широта	Высота (м)
1	42.490533	47.639743	49.825
2	42.490541	47.639707	49.354
3	42.490564	47.639623	49.451
4	42.490595	47.639581	49.132
5	42.490634	47.639528	49.163
6	42.490688	47.639476	49.129
7	42.490751	47.639429	49.371
8	42.490805	47.639350	49.255
9	42.490828	47.639292	49.108
10	42.490867	47.639234	49.091

Периметр (м): 456.373

Площадь (м²): 10652.859

Система координат: WGS 84 (EPSG::4326)

б)



в)

Рис. 5. Определение координат и параметров аккумулятивной формы: а) оконтуренное аккумулятивное тело, положение линии профиля; б) определение координат, периметра и площади аккумулятивного тела; в) профиль аккумулятивного тела.

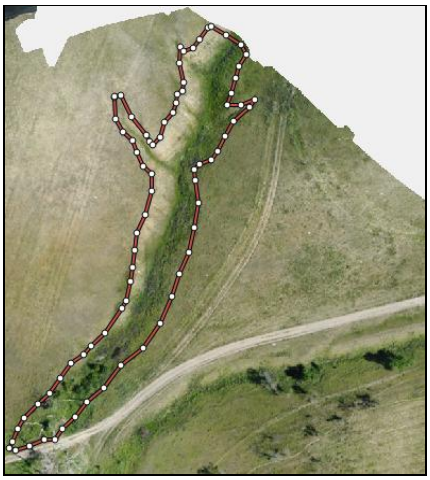
Эрозионные процессы береговой зоны Цимлянского водохранилища представлены активно развивающейся овражно-балочной сетью. На примере оврага Жуковское убежище (залив) определяли его морфологические и морфометрические характеристики. Овраг относится к береговому типу, имеет «булавовидную» форму и вытянут с северо-востока на юго-запад (точка 3 на рис. 1). В программе AgisoftPhotoScan определили площадь, периметр, длину по тальвегу, а также ряд морфометрических характеристик поперечного профиля оврага в верховье и устье (табл. 2, рис. 6, 7).

Таблица 1. Морфометрические показатели берегов разных типов.

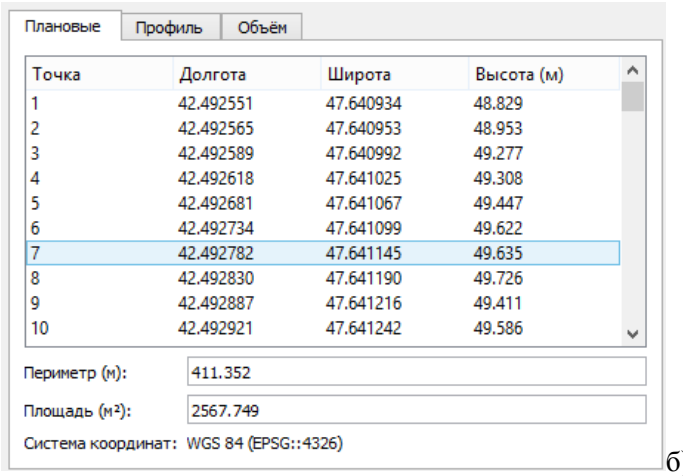
Тип берега	Высота над урезом, м	Уклон	Проективное покрытие, %	Ширина пляжа, м	Площадь, м^2
Оползневой	15	0.52	10	2.5	2026.7
Абразионный	7.0	0.7	0	0	–
Низкий берег	0.8	0.01	80	1.3	–
Аккумулятивный	0.9	0.03	70	10	10652.9

Таблица 2. Показатели морфологии и морфометрии оврага с использованием съемок с БЛА.

Морфометрия оврага	Результаты измерений	Морфометрия поперечного профиля оврага в верховье	Результаты измерений	Морфометрия поперечного профиля оврага в устье	Результаты измерений
Периметр, м	411.4	крутизна склона правый борт, °	0.2	крутизна склона правый борт, °	0.2
Площадь, м^2	2567.7	крутизна склона левый борт, °	0.3	крутизна склона левый борт, °	0.25
Длина по тальвегу, м	161	глубина оврага в верховье, м	5.8	глубина оврага в устье, м	2.8
Уклон тальвега	0.02	ширина днища в верховье, м	2.0	ширина днища в устье, м	4.5



а)



б)

Рис. 6. Определение координат и параметров эрозионной формы (оврага): а) положение оврага на ортофотоплане, б) определение координат, периметра и площади оврага.

Заключение

Исследования показали, что полученные фотоматериалы с БЛА могут использоваться для мониторинга береговых процессов и детализации типов берегов водохранилища. Обработанные материалы с использованием инструментария программы AgisoftPhotoScan позволяют проводить детальные морфометрические исследования берегов всех типов, заменив тем самым трудоемкие полевые работы, а также осуществлять мониторинг береговой зоны малодоступных участков.

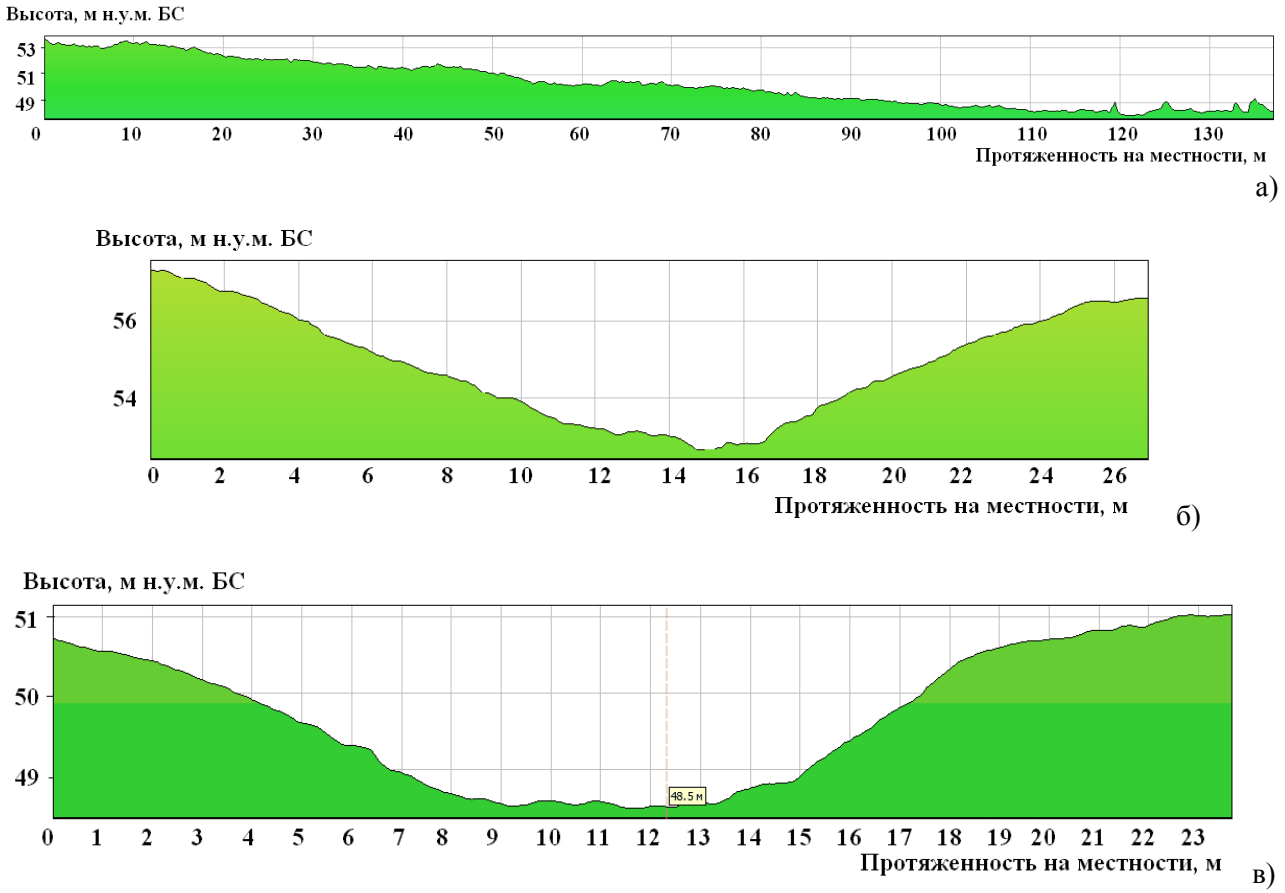


Рис. 7. Определение морфометрических характеристик оврага: а) профиль тальвега оврага, б) поперечный профиль в верхней части оврага, в) поперечный профиль в устье оврага.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Косолапов А.Е., Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Дандара Н.Т., Сердюк Л.В. 2017. Районирование берегов Цимлянского водохранилища по степени проявления опасных экзогенных геологических процессов // Естественные и технические науки. № 10 (112). С. 59-68.

Новикова Н.М., Волкова Н.А., Назаренко О.Г. 2015. К методике изучения и оценки воздействия водохранилищ на природные комплексы побережий // Аридные экосистемы. Т. 21. № 4 (65). С. 84-94.

Руководство пользователя AgisoftPhotoScan: ProfessionalEdition, версия 1.2. 2016. [Электронный ресурс http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_2_ru.pdf (дата обращения 10.03.17)].

Скрипка Г.И., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А. 2017. Современные береговые процессы Цимлянского водохранилища // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Т. 1. № 2. С. 308-311.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 3 (76), с. 43-55

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.422

АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАЗНОТРАВНОЙ СТЕПНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА[1]

© 2018 г. Т.М. Минкина*, С.С. Манджиева*, В.А. Чаплыгин*, О.Г. Назаренко, А.Ю. Максимов***, И.В. Замулина*, М.В. Бурачевская*, С.Н. Сушкова***

**Южный федеральный университет*
Россия, 344090, г. Ростов-на-Дону, просп. Стачки, д. 194/1. E-mail: tminkina@mail.ru
***Государственный центр агрохимической службы «Ростовский»*
Россия, 346735, Аксайский район, пос. Рассвет, ул. Институтская, д. 2
****Ростовский научно-исследовательский онкологический институт*
Россия, 344037, г. Ростов-на-Дону, 14-я линия, д. 63

Поступила 28.06.2017

Степи Северного Приазовья являются исключительно благоприятным для ведения сельского хозяйства регионом, что выводит проблему выращивания экологически чистой продукции в условиях техногенного загрязнения на первый план. Исследовано воздействие аэротехногенных выбросов на накопление тяжелых металлов (ТМ) в черноземе обыкновенном, лугово-черноземной и аллювиальной почвах и растениях степной зоны: мятлика лугового (*Poa pratensis* L.) и пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.) Nevski.) семейства злаковые (Poaceae), тысячелистника благородного (*Achillea nobilis* L.) и полыни австрийской (*Artemisia austriaca* Jack.) семейства астровые (Asteraceae) на основе данных 17-летних мониторинговых исследований. Установлена аккумуляция Pb, Zn, Cd, Cu, Mn, Cr и Ni в почвах и растениях под влиянием выбросов ГРЭС. В загрязненных почвах доля непрочно связанных соединений ТМ составляет 28-52% от их валового содержания. На площадках мониторинга с наибольшей техногенной нагрузкой содержание Pb, Cd, Cr и Ni в исследуемых растениях превышает максимально допустимый уровень для кормов. Выявлено, что накопление ТМ в надземной части и корневой системе растений зависит от количества загрязняющих веществ и биологических особенностей видов растений. Виды растений семейства злаковых накапливают в надземной части меньше микроэлементов, чем семейства астровые.

Ключевые слова: микроэлементы, надземная и корневая части растений, почва, загрязнение, накопление, аэрозольные выбросы.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00025

Северное Приазовье представляет собой уникальную территорию, где сохранилась естественная степная растительность. Растительный покров представлен разнотравно-дерновинно-злаковыми и сухими дерновинно-злаковыми растительными сообществами (Блажний и др., 1985; Пашков, Зозулин, 1986). Количество работ, посвященных изучению аккумуляции тяжелых металлов (ТМ) в травянистых растениях, произрастающих в степной зоне на юге России, очень невелико. В тоже время на территории Северного Приазовья расположено большое количество промышленных предприятий энергетической, металлургической и рудодобывающей отраслей, являющихся источниками загрязнения окружающей среды. Одно из таких предприятий − предприятие первого класса опасности ПАО, филиал «ОГК-2» Новочеркасская ГРЭС (НчГРЭС), выбросы которой составляют более 70% от всех выбросов в Ростовской области (Экологический вестник Дона …, 2017). В выбросах НчГРЭС содержится большое количество таких ТМ, как Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Mn и Cr (Минкина и др., 2013).

Металлы могут накапливаться в растениях после осаждения частиц загрязняющих веществ на поверхности растений путем их поглощения листьями (Xiong et al., 2014). Роль воздушного или

[1] Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 16-14-10217.

почвенного источника в аккумуляции металлов зависит от многих факторов: объема и состава выбросов, присутствия других металлов, свойств почв, длительности загрязнения, специфических особенностей растений, периода вегетации, содержания и состава соединений металлов в почве (Deng et al., 2004; Motuzova et al., 2014). Знание о возможности поглощения и аккумуляции металлов различными видами растений обеспечит понимание их выбора для фитомелиорации.

В стеблях и листьях растений, произрастающих в зонах воздействия промышленности и автотранспорта, концентрируются ТМ (Shahid et al., 2013). Поэтому для мониторинга окружающей среды необходимо уделять большое внимание исследованию микроэлементного состава растений, произрастающих вблизи промышленных предприятий и автомобильных дорог.

Различные виды растений накапливают в своей надземной части и корневой системе неодинаковые количества ТМ в зависимости от уровня техногенной нагрузки и физиологических особенностей культуры (Демидчик и др., 2001; Ahmad et al., 2012; Ильин, Сысо, 2012). Отмечается влияние морфологии растений на аккумуляцию ими металлов: изрезанность листовой пластинки, опушенность, наличие смолистых веществ, воска и т.д.

Ранее уже было показано, что содержание металлов в подземных органах многих видов растений выше, чем в надземных (Кашин, Убугунов, 2012; Минкина и др., 2008; Серегин, Кожевникова, 2008; Shahid et al., 2017).

При равной концентрации ТМ в почве их накопление растениями отличается у разных видов, что обусловлено физиологическими особенностями – метаболическими процессами в тканях и избирательностью поглощения корневыми системами (Минкина и др., 2008; Серегин, Кожевникова, 2008).

Растения способны в течение длительного периода времени аккумулировать до определенного уровня элементы, содержание которых в почве превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК). После достижения этого уровня в физиологических процессах растения происходят неблагоприятные изменения. Серьезную угрозу представляет отсутствие каких-либо визуальных признаков интоксикации растений, которые могут отчетливо проявиться только с течением времени. По этой причине многолетние стационарные наблюдения в зоне техногенного воздействия служат ценным источником информации.

Цель работы – на основании данных многолетних мониторинговых наблюдений выявить особенности накопления ТМ двумя видами семейства злаковых (мятлик луговой и пырей ползучий) и двумя видами семейства астровых (тысячелистник благородный и полынь австрийская), широко распространенных в степной зоне на юге России и в районе исследований.

Решались следующие задачи:

1. Установить особенности накопления ТМ в различных типах почв и тестовых видах растений в зависимости от расположения по отношению к основному объекту-загрязнителю – НчГРЭС.
2. Изучить взаимосвязь между содержанием металлов в почвах и тестовых видах растениях.
3. Провести сравнительный анализ различий в накоплении ТМ надземной частью и корневой системой тестовых растений.

Объекты и методы исследований

На залежных участках на разном расстоянии (от 1 до 20 км) и в направлении от НчГРЭС в 2000 году были заложены мониторинговые площадки (рис. 1). Сельскохозяйственное использование участков залежи было прекращено около 25 лет назад, что привело к восстановлению естественного травяного покрова данной территории. Наибольшее количество площадок мониторинга (№№ 4, 8, 9, 10) расположено по линии преобладающего в розе ветров северо-западного направления от предприятия. На площадках мониторинга ежегодно (с 2000 по 2017 гг.) проводился отбор почвенных образцов с верхнего 20-сантиметрового слоя (ГОСТ 28168-89). Почвы мониторинговых площадок представлены черноземом обыкновенным тяжелосуглинистым (площадки №№ 1, 4, 5, 7, 9, 10, 11), лугово-черноземной легкоглинистой (площадки №№ 3, 6, 8) и аллювиальной почвами поймы р. Тузлов (площадка № 2) и характеризуются свойствами, которые представлены в таблице 1. Образцы растений (надземная часть и корни) отбирались в фазу массового цветения (ГОСТ 27262-87), поскольку в этой фазе наблюдается самое высокое поступление элементов в растения (Ильин, Сысо, 2012). Одновременно с отбором растений проводилось их геоботаническое описание. Корни извлекали вместе с монолитом почвы во избежание потери большей части корневой системы. После

отбора растения высушивались до воздушно-сухого состояния, надземная и корневая части отделялись друг от друга и измельчались. Корневая часть перед измельчением предварительно очищалась от частиц почвы.

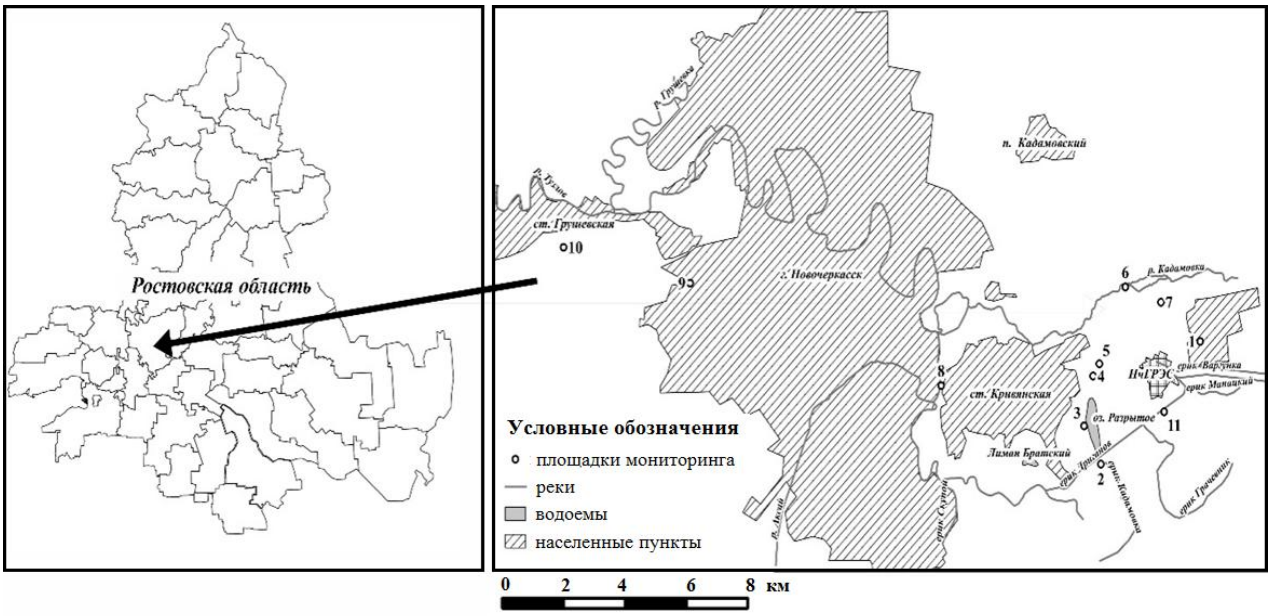


Рис. 1. Карта-схема расположения площадок мониторинга.

Таблица 1. Физико-химические свойства почв мониторинговых площадок.

Свойства почв	**Почва и площадки мониторинга (расстояние и направление от ГРЭС)**		
	Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый: 1 (1.0 СВ), 4 (1.6 СЗ), 5 (1.2 ССЗ), 7 (1.5 С), 9 (15.0 СЗ), 10 (20.0 СЗ), 11 (1.2 Ю)	Лугово-черноземная легкоглинистая почва: 3 (2.7 ЮЗ), 6 (2.0 ССЗ), 8 (5.0 СЗ)	Аллювиальная почва: 2 (3.0 ЮЗ)
Гумус, %	3.9±0.5	4.6±0.4	2.2±0.2
Физическая глина, %	53.45±5.85	66.15±4.86	6.45±0.55
Ил, %	42.5±3.1	46.6±2.6	1.9±0.4
$CaCO_3$, %	0.8±0.3	0.4±0.2	0.4±0.1
pH	7.6±0.2	7.5±0.2	7.7±0.1
ЕКО, смоль(+)/кг	33.6±4.5	38.0±3.3	16.5±2.5

В качестве объектов исследования были выбраны преобладающие на всех площадках мониторинга и легко визуально отличимые травянистые растения, относящиеся к семейству злаковых (*Poaceae*): мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) и пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), – и семейству астровых (*Asteraceae*): полынь австрийская (*Artemisia austriaca* Pall. ex. Wild.) и тысячелистник благородный (*Achillea nobilis* L.). Семейства, представленные тестовыми видами растений, имеют ряд существенных различий в экологии и морфологии. Представители семейства злаковых характеризуются малым числом длинных тонких листовых пластин и сильно разветвленной мочковатой корневой системой, в то время как исследуемые виды семейства астровых – наличием многочисленных и часто широких листьев и стержневой корневой системой. Установлено (Позняк, 2011), что большинство растений семейства астровых (полынь обыкновенная, ромашка пахучая, одуванчик лекарственный) способны к повышенному накоплению ТМ в отличие от семейства злаковых (костер безостый) и характеризуются широкой амплитудой произрастания. В образцах растений и почв определялись Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Mn и Cr, присутствующие в выбросах НчГРЭС

(Экологический Вестник …, 2017; Минкина и др., 2013). Определение металлов в растениях осуществляли методом сухого озоления (ГОСТ 26657-85) с последующей кислотной экстракцией ТМ из золы 20% HCl и определением на атомно-адсорбционном спектрофотометре (ААС; Методические указания …, 1992).

Валовое содержание металлов в исследуемых почвах определяли рентген-флюоресцентным методом. Для оценки доступных растениям соединений ТМ в почве рассчитано содержание их непрочно связанных соединений как сумма обменных, комплексных и специфически сорбированных форм металла (Минкина и др., 2016). Ранее (Motuzova et al., 2014) была установлена тесная корреляция между содержанием непрочно связанных соединений ТМ в почве и их накоплением в зерне и стеблях ячменя и в травяной растительности. Для анализа обменных, комплексных и специфически сорбированных форм использовались 1 н. аммонийно-ацетатный буфер (NH_4Ac) pH=4.8, 1% раствор ЭДТА в NH_4Ac с pH=4.8 и 1 н. HCl соответственно. Методы их применения, включая расчетные, подробно изложены в работах Т.М. Минкиной с соавторами (2013, 2016).

Все исследования были выполнены в 3-кратной повторности.

Оценка загрязнения исследуемых растений проводилась путем сравнения концентрации элементов в них с максимально допустимым уровнем (МДУ) содержания металлов в кормах сельскохозяйственных животных (Временные макисмально допустимые уровни …, 1991).

Для оценки «избирательности» накопления ТМ различными видами степных растений в условиях загрязнения были рассчитаны коэффициент накопления (КН) и коэффициент распределения (КР). КН показывает степень «биофильности» элементов, а его изменение – уровень техногенной нагрузки на почву. КН представлен отношением концентрации элемента в сухой массе растения к содержанию его подвижных соединений в почве (Брукс, 1996; Минкина и др., 2008). В качестве подвижных использовали непрочно связанные соединения ТМ в почвах.

Величина КР позволяет оценить способность растения к поглощению и накоплению элементов надземными органами в условиях загрязнения почв и определяется как отношение содержания металла в надземной фитомассе к концентрации его в корнях. Подобный коэффициент использовали в своих работах Д.А. Сабинин (1955), Дж. Фортескью, (1985), Н.А. Черных с соавторами (2001), И.А. Авессаломова (2007). Значения КР для растений одного вида часто сходны, изменение величины свидетельствует о том, что растения испытывает экологический стресс (Черных и др., 2001).

Результаты и обсуждения

Известно (Муратчаева и др., 2015), что воздействие антропогенных факторов приводит к обеднению флористического состава, упрощению структуры, уменьшению видового разнообразия, исчезновению и замещению ценных видов с высокими кормовыми достоинствами на плохо поедаемые рудеральные и сорные виды, снижению продуктивности и устойчивости естественной травяной растительности. Данные наблюдений на мониторинговых площадках показали, что общее проективное покрытие (ОПП) составляет 75-90% вне зависимости от расстояния до предприятия – источника загрязнений. Высота травостоя изменяется от 20 до 70 см, увеличиваясь по мере удаления от источника техногенной нагрузки. Участие видов растений семейства злаковых в травостое составляло от 10 до 35%, видов растений семейства астровые – от 30 до 69%.

Изучение содержания ТМ позволило установить существенные различия в аккумуляции элементов (табл. 2). Для всех видов изученных растений наблюдается увеличение концентрации ТМ по мере приближения к НчГРЭС. На площадках мониторинга, расположенных в пределах 5-километровой зоны вокруг НчГРЭС, установлено самое высокое накопление металлов в надземной и корневой частях рассматриваемых растений. Наибольшая концентрация ТМ в растениях выявлена на площадках №№ 4 и 5.

В пырее ползучем превышение МДУ отмечено по Pb в 2.9 раз, Ni – в 3.7 раз, Cd – в 3 раза; в полыни по Pb в 4.2 раза, Ni − в 2.6 раз, Cd − в 3 раза; в тысячелистнике по Pb в 1.9 раз, Ni – в 2.6 раз, Cd − в 6.3 раз. В надземной части мятлика лугового содержание этих металлов не превышает МДУ.

Металлы по их абсолютному содержанию в надземной части растений располагаются в следующей последовательности (рис. 2):

Cr: полынь > пырей > тысячелистник > мятлик;

Pb: полынь > пырей > тысячелистник > мятлик;

Zn: полынь > тысячелистник > пырей > мятлик;

Mn: полынь > тысячелистник >пырей > мятлик;
Ni: пырей > тысячелистник > полынь > мятлик;
Cd: тысячелистник >пырей > полынь > мятлик;
Cu: тысячелистник > мятлик> полынь > пырей.

У видов из семейства злаковых отмечено более низкое содержание ТМ по сравнению с видами из семейства астровых (рис. 3). Мятлик луговой в надземной части характеризуется самым низким содержанием всех исследуемых металлов за исключением Cu.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в травянистых растениях семейств злаковых (*Poaceae*) и астровых (*Asteraceae*) на площадках мониторинга, мг/кг.

№ площадки	Направление и расстояние от НчГРЭС, км	Mn	Zn	Cr	Cu	Pb	Ni	Cd	Mn	Zn	Cr	Cu	Pb	Ni	Cd
		Семейство злаковые (*Poacea*)													
		Мятлик луговой (*Poa pratensis* L.)							**Пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski)**						
1	1.0 СВ	11/36	8/26	9/10	7/8	0.4/5.2	1.1/2.0	0.02/0.12	17/29	16/43	15/17	8.4/12.4	6.3/5.2	4.1/5.1	0.5/0.32
2	3.0 ЮЗ	3/38	3/13	4/5	1/4	1.6/1.8	0.7/1.3	0.06/0.14	3/32	6/13	3/5	2.0/5.0	2.3/3.1	4.0/5.0	0.4/0.26
3	2.7 ЮЗ	6/16	5/14	4/5	11/12	0.7/0.7	0.5/2.1	0.03/0.05	16/38	9/27	8/9	3.2/6.6	3.2/2.1	5.1/7.2	0.4/0.35
4	**1.6 СЗ**	**11/42**	**10/34**	**15/17**	**17/22**	**2.3/6.8**	**1.7/2.7**	**0.12/0.23**	**53/56**	**37/65**	**25/28**	**9.6/11.9**	**12.4/15.1**	**8.3/13.9**	**0.9/0.67**
5	**1.2 ССЗ**	**9/39**	**8/25**	**14/20**	**17/24**	**1.5/5.7**	**1.9/3.3**	**0.09/0.13**	**42/54**	**53/57**	**21/23**	**6.2/14.4**	**14.6/14**	**11.2/16.7**	**0.7/0.53**
6	2.0 ССЗ	5/14	3/16	4/7	13/14	1.8/3.5	0.8/1.2	0.07/0.09	12/22	7/32	22/25	3.7/12.4	5.8/14.4	6.1/12.3	0.8/0.44
7	1.5 С	6/33	7/21	8/10	15/19	1.1/4.6	1.3/1.8	0.08/0.11	38/42	17/11	18/21	4.8/5.7	2.5/2.7	1.5/1.9	0.7/0.62
8	5.0 СЗ	5/27	5/17	3/6	6/12	0.7/0.9	0.4/1.1	0.02/0.05	5/31	7/31	2/3	3.9/5.5	1.7/0.9	0.7/1.8	0.3/0.41
9	15.0 СЗ	2/20	1/11	4/6	1/3	0.3/0.4	0.3/0.9	0.01/0.01	18/35	11/22	3/5	2.6/6.3	1.8/1.9	0.6/1.2	0.2/0.21
10	20.0 СЗ	3/23	5/15	4/6	1/1	1.1/1.3	0.6/1.5	0.02/0.02	15/32	19/23	11/17	2.9/3.2	8.0/17.8	1.1/2.2	0.2/0.32
11	1.2 Ю	8/31	7/21	7/9	6/8	0.7/4.5	0.9/1.9	0.04/0.07	4/17	11/27	6/8	3.8/6.4	10.4/12.2	1.0/1.7	0.2/0.17
$НСР_{0.95}$		2/6	2/5	1/2	2/2	0.3/0.4	0.2/0.1	0.02/0.02	3/4	3/3	3/2	1.2/2.2	1.1/1.6	0.9/1.1	0.1/0.15
		Семейство астровые (*Asteraceae*)													
		Полынь австрийская (*Artemisia austriaca* Pall. ex. Wild.)							**Тысячелистник благородный (*Achillea nobilis* L.)**						
1	1.0 СВ	18/17	27/24	19/11	8/8	18/20	2.8/4.0	0.2/0.2	22/23	17/28	13/18	15/12	2.5/1.7	2.2/1.9	0.3/0.2
2	3.0 ЮЗ	29/14	30/20	25/25	10/9	2/3	1.0/3.4	0.4/0.2	24/29	19/25	4/6	7/8	2.9/4.1	2.4/3.0	0.3/0.5
3	2.7 ЮЗ	32/13	26/21	23/21	6/6	2/2	1.5/2.8	0.3/0.3	26/27	20/36	8/20	10/11	2.0/1.3	3.6/3.8	0.2/0.2
4	**1.6 СЗ**	**68/24**	**51/37**	**47/46**	**16/12**	**21/25**	**6.7/8.5**	**0.9/0.5**	**53/62**	**41/41**	**24/28**	**18/17**	**9.3/5.8**	**7.9/11.1**	**1.5/1.0**
5	**1.2 ССЗ**	**43/29**	**47/35**	**35/32**	**15/10**	**17/21**	**7.7/7.7**	**0.9/0.6**	**41/47**	**40/52**	**11/30**	**25/19**	**9.7/6.7**	**5.7/4.5**	**1.9/1.1**
6	2.0 ССЗ	24/24	26/25	20/17	8/7	12/11	2.3/3.5	0.6/0.2	31/44	25/30	2/7	8/8	3.5/4.0	3.1/5.2	0.8/0.4
7	1.5 С	40/21	28/26	23/19	9/8	10/12	4.3/3.4	0.3/0.2	35/38	35/39	7/12	13/16	2.8/3.2	2.8/3.8	0.9/0.8
8	5.0 СЗ	30/20	38/18	8/7	12/7	4/4	2.2/3.9	0.4/0.3	25/36	30/36	3/3	6/7	1.3/2.0	3.5/3.2	0.8/0.5
9	15.0 СЗ	15/11	26/17	17/9	7/6	1/1	1.7/2.5	0.2/0.2	30/33	28/29	2/2	5/7	1.0/1.1	1.4/2.7	0.2/0.2
10	20.0 СЗ	23/16	15/12	14/8	8/6	2/5	0.8/1.8	0.2/0.1	27/33	20/27	3/4	8/9	0.8/1.3	1.8/1.8	0.3/0.3
11	1.2 Ю	32/18	45/23	19/16	14/12	3/4	1.8/2.6	0.3/0.2	36/37	24/32	6/6	17/14	1.1/1.4	1.5/1.1	0.2/0.1
$НСР_{0.95}$		7/4	6/3	3/4	2/3	3/3	1.3/0.9	0.1/0.1	4/3	5/4	3/2	3/4	0.8/0.7	0.6/0.4	0.2/0.2
МДУ для кормовых трав (Временные …, 1991)		–	50	–	30	5	3	0.3	–	50	–	30	5	3	0.3

Примечания к таблице 2: числитель – в надземной части, знаменатель – в корневой части, жирным выделены площадки мониторинга, подвергающиеся наибольшему техногенному воздействию; $НСР_{0,95}$ – наименьшая существенная разность, уровень значимости в 95%.

В условиях максимальной техногенной нагрузки по величинам абсолютного содержания в надземной части растений семейства астровых (табл. 2) металлы распределились так:

- полынь австрийская: Mn > Zn > Cr > Pb > Cu > Ni > Cd;
- тысячелистник благородный: Mn > Zn > Cu > Cr > Pb > Ni > Cd.

Содержание в корневой части растений в условиях максимальной техногенной нагрузки отличается от содержания в надземных частях (табл. 2). Для видов из семейства астровых это выражается следующим образом:

- полынь австрийская: Cr > Zn > Mn > Pb > Cu > Ni > Cd;
- тысячелистник благородный: Mn > Zn > Cr > Cu > Ni > Pb > Cd.

Для растений семейства злаковых:

- мятлик луговой: Cu > Cr > Mn > Zn > Pb > Ni > Cd;
- пырей ползучий: Mn > Zn > Cr > Pb > Ni > Cu > Cd.

В корневой части ряд накопления металлов несколько иной:

- мятлик луговой: Mn > Zn > Cu > Cr > Pb > Ni > Cd;
- пырей ползучий: Zn > Mn > Cr > Ni > Pb > Cu > Cd.

Таким образом, на основе данных многолетнего мониторинга выявлено, что различные виды травянистых растений, произрастающие в условиях степного климата, аккумулируют в своей надземной части и корневой системе неодинаковые количества ТМ как в зависимости от принадлежности к семейству, так и в рамках одного семейства (рис. 2, 3).

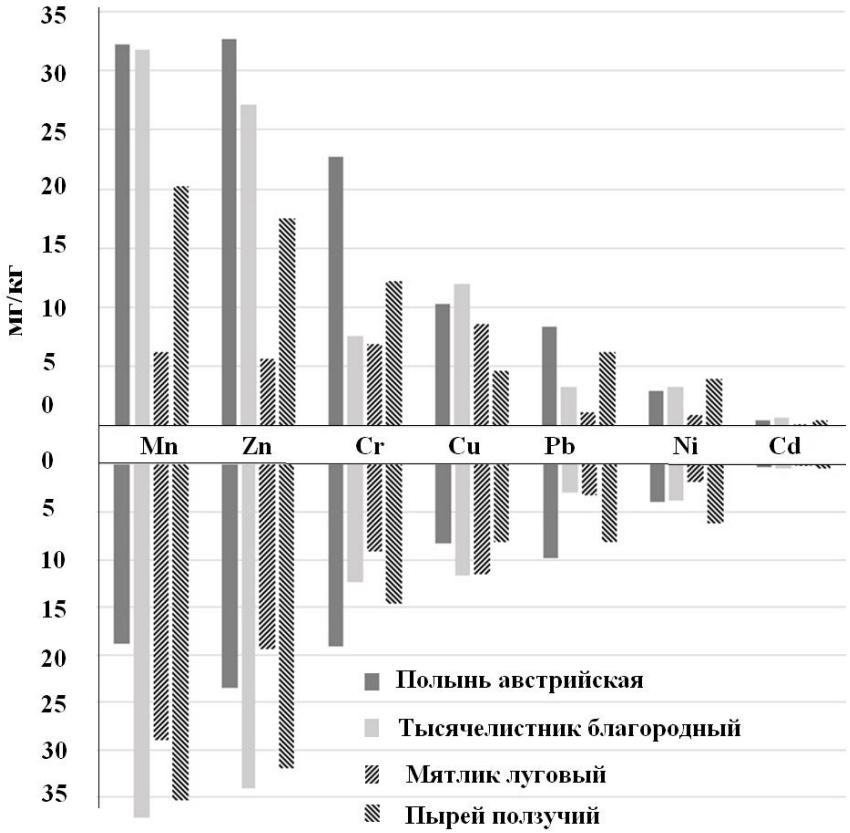


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в надземных органах и корнях растений двух видов семейства злаковых и двух видов семейства астровых, мг/кг (обобщенные результаты по всем исследуемым площадкам).

Виды семейства злаковых характеризуются преимущественным накоплением изучаемых элементов в корневой системе (табл. 2, рис. 3). Величины КР свидетельствуют об избирательности и низкой способности поглощения ТМ их надземной частью в условиях загрязнения (рис. 4). Величина КР мятлика самая низкая среди рассматриваемых растений и не превышает 1.

Для видов растений семейства астровых отмечается преимущественная аккумуляции ТМ в надземной части. Возможно, определенное влияние на особенности распределения металлов в надземной части и корневой системе оказывает морфология растений. Так, представители семейства

астровых отличаются высоким толстым стеблем, большими по сравнению с видами семейства злаковых листьями, располагающимися в несколько ярусов, и стрежневой корневой системой. Большая общая площадь листьев способствует оседанию на них большего количества ТМ, в то время как уходящий вертикально в толщу почвы корень имеет меньшую площадь прикорневой зоны, что снижает поступление загрязняющих веществ из почвы. Поскольку на поступление ТМ в растения влияют биологические факторы, для оценки накопления ТМ разными видами растений необходим комплексный подход с учетом особенностей видов растений.

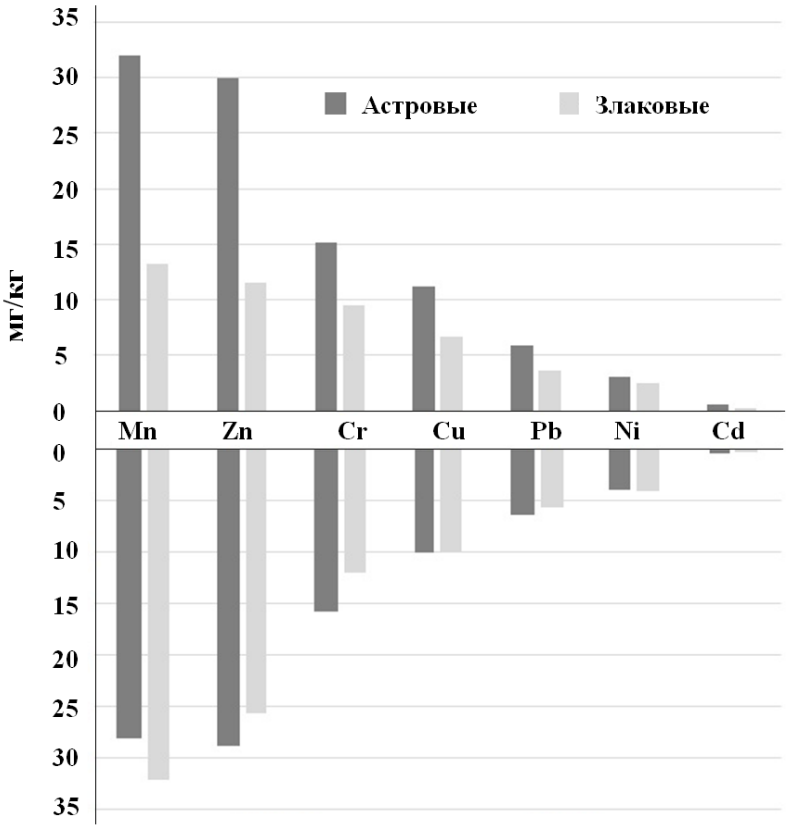


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов в надземных органах и корнях растений семейств злаковых и астровых, мг/кг (обобщенные результаты по всем исследуемым площадкам и по видам растений, принадлежавших одному семейству).

Установлено увеличение общего содержания ТМ в почвах мониторинговых площадок, прилегающих к ГРЭС (табл. 3).

Площадки, находящиеся на расстоянии 5 км от НчГРЭС в северо-западном направлении и близлежащие к ним, имеют превышение общего содержания Pb в почвах над ПДК. В радиусе до 5 км от НчГРЭС обнаруживается наиболее высокое содержание всех исследуемых ТМ в почвах с максимальным накоплением на площадках мониторинга №№ 5 и 6. В исследовании Г.А. Евдокимовой с соавторами (2014) в сфере воздействия воздушных выбросов комбината «Печенганикель» зона сильного загрязнения находилась в радиусе до 3 км от предприятия.

На наиболее отдаленных от ГРЭС площадках №№ 9 и 10 общее содержание металлов в почвах соответствует фоновому уровню, за исключением Pb на площадке № 10, содержание которого в почве, как и в растениях, было выше ПДК. Возможно, это связано с ее приближенностью к автомагистрали, из-за использования ранее этилированного бензина.

Накопление ТМ различно в разных типах почв: валовое содержание металлов в лугово-черноземной легкоглинистой почве площадки мониторинга № 3 выше, чем в расположенной в 200 м от нее аллювиальной песчаной почве площадки № 2 (табл. 3). Это объясняется более высоким содержанием гумуса, физической глины, илистых частиц и ЕКО в первой почве (табл. 1).

В отсутствие антропогенной нагрузки непрочно связанные соединения ТМ в почвах составляют

10-20% от валового содержания (табл. 3). С приближением к основному источнику эмиссии – НчГРЭС доля непрочно связанных соединений ТМ заметно возрастает (табл. 3) и составляет 28-52% от общего содержания. Установлена тесная связь между содержанием ТМ в травянистых растениях и содержанием их непрочно связанных соединений в почве: $r=0.60–0.93•(t_r>t_{05})$. Наиболее высокие значения r характерны для Pb, Cd и Cr (рис. 5).

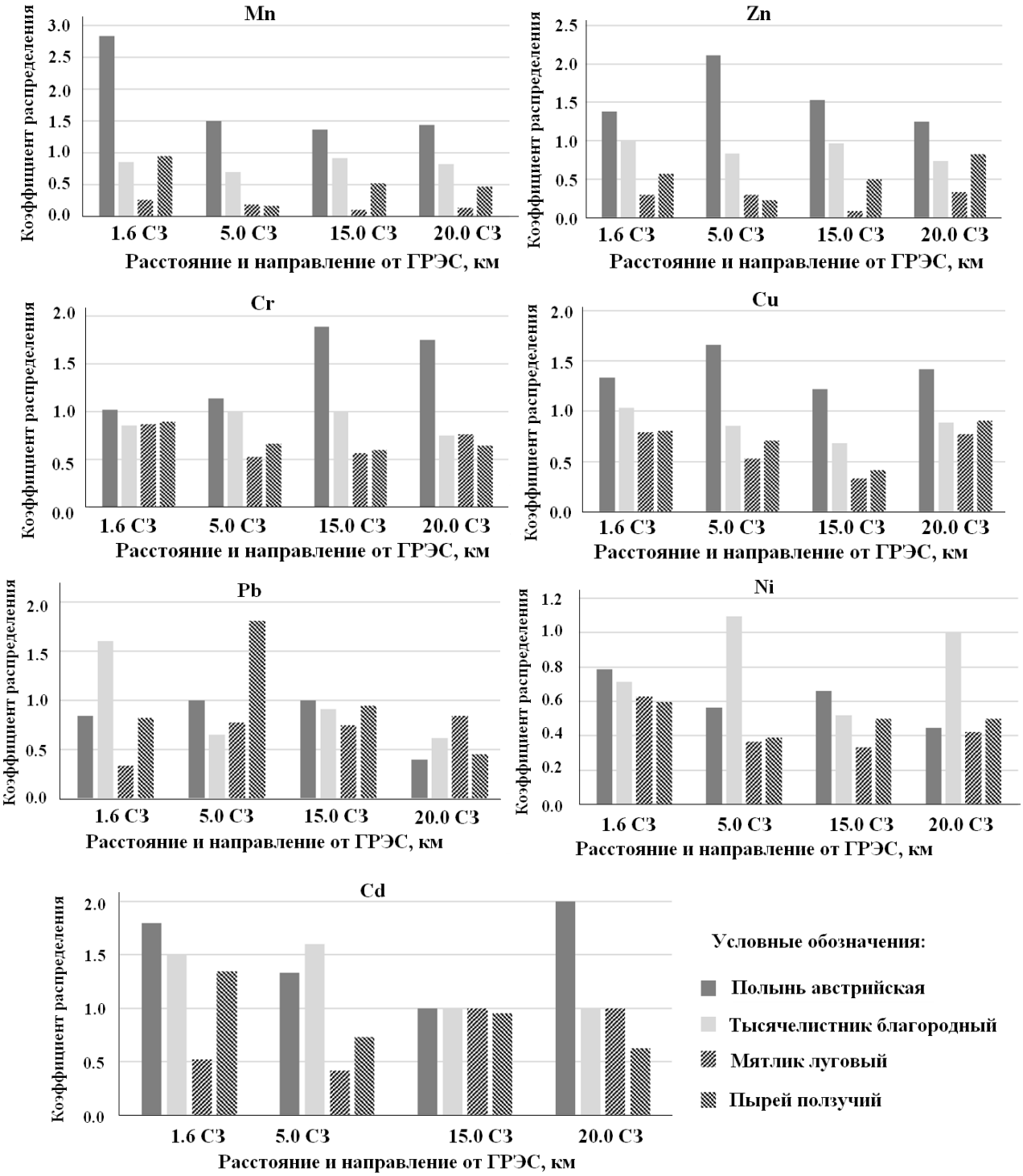


Рис. 4. Коэффициента распределения (КР) тяжелых металлов в растениях семейств злаковые (*Poaceae*) и астровые (*Asteraceae*) (обобщенные результаты по всем исследуемым площадкам мониторинга).

Коэффициент накопления (КН), рассчитанный для различных видов растений, позволил оценить интенсивность поступления в них ТМ из почвы. Все исследуемые виды степных растений (кроме мятлика лугового) активно поглощают из почвы и аккумулируют в надземной части Cd и, в наименьшей степени, Mn (рис. 6 а). Значения КН для растений семейства астровые выше, чем для злаковых (рис. 6 б). Величины КН всех исследуемых ТМ на площадках, отдаленных от НчГРЭС, были выше, чем на близлежащих (рис. 7).

Таблица 3. Общее содержание и непрочно связанные соединения тяжелых металлов в почвах площадок мониторинга (0-20 см), мг/кг.

Металл	№ площадки, направление и расстояние от НчГРЭС, км										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1.0 СВ	3.0 ЮЗ	2.7 ЮЗ	1.6 СЗ	1.2 СЗ	2.0 ССЗ	1.5 С	5.0 СЗ	15.0 СЗ	20.0 СЗ	1.2 Ю
Общее содержание											
Mn	922±84	616±47	665±59	945±81	895±97	943±106	882±08	814±42	747±122	784±70	772±66
Zn	106±19	81±23	102±22	110±31	141±29	114±21	92±13	121±27	83±18	82±18	127±27
Cr	129±33	84±26	113±20	136±42	145±38	138±24	132±15	125±19	105±22	106±17	83±12
Cu	52±10	44±8	55±15	73±20	64±14	58±13	45±7	61±12	44±6	43±8	39±5
Pb	45 ±12	21±4	31±6	67±14	60±10	60±8	34±6	43±9	27±4	37±7	26±3
Ni	60±12	38±7	55±15	66±14	65±17	61±14	57±9	60±11	45±8	45±8	39±6
Cd	0.7±0.11	0.7±0.12	0.5±0.07	1.1±0.03	1.4±0.23	1.1±0.12	0.7±0.11	0.7±0.13	0.3±0.02	0.3 0.02	0.2±0.01
Непрочно связанные соединения											
Mn	235±26	163±22	158±18	346±32	380±28	315±50	221±39	169±26	102±20	83±35	163±15
Zn	44±8	33±4	31±4	46±7	63±9	46±5	25±3	43±5	11±1	10±1	14±3
Cr	26±5	18±4	18±4	44±7	40±9	34±8	30±4	24±4	15±3	16±3	18±5
Cu	15±2	12±3	11±2	26±5	23±4	22±5	11±3	21±4	8±1	6±1	12±2
Pb	16±3	5±1	7±2	23±5	26±5	22±4	13±1	12±2	5±1	13±3	7±1
Ni	17±4	14±2	13±2	25±6	27±7	22±3	15±3	15±4	5±1	6±1	8±2
Cd	0.26±0.05	0.23±0.04	0.22±0.04	0.57±0.09	0.65±0.12	0.56±0.10	0.32±0.08	0.19±0.05	0.05±0.01	0.06±0.01	0.09±0.02

Выводы

1. Концентрация ТМ в надземной части видов растений семейства злаковых меньше, чем у видов растений семейства астровых. Среди видов растений семейства астровых полынь австрийская накапливает в наибольшем количестве Mn, Cr, Pb и Zn, тысячелистник благородный – Cd и Cu. Растения мятлика лугового из семейства злаковых характеризуются самой низкой степенью накопления металлов среди всех тестовых видов растений.

2. Для всех изученных тестовых видов растений наблюдается увеличение концентрации ТМ по мере приближения к НчГРЭС. Наибольшее содержание ТМ в исследуемых травянистых растениях, превышающее МДУ для кормов по Pb, Ni и Cd отмечается на площадках, расположенных в северо-западном направлении от источника техногенного загрязнения – НчГРЭС, в пределах 5 км от предприятия. Влияние выбросов НчГРЭС привело не только к накоплению ТМ в растениях, но и к увеличению общего содержания и количества непрочно связанных соединений ТМ в почвах площадок мониторинга. Установлена средняя и тесная связь между содержанием ТМ во всех тестовых видах растений и содержанием их непрочно связанных соединений в почве: r=0.60–0.93.

3. Свойства почв (содержание гумуса, физической глины, ила и ЕКО) оказывают влияние на накопление металлов. В лугово-черноземной легкоглинистой почве валовое содержание ТМ выше, чем на рядом расположенной аллювиальной песчаной почве.

4. Биологические особенности тестовых видов растений оказывают влияние не только на накопление, но и на распределение ТМ в различных частях растений. Большая площадь листовой поверхности определяет преимущественную аккумуляцию ТМ в надземной части видов растений семейства астровых по сравнению с видами семейства злаковых при аэротехногенном загрязнении. Величины коэффициента распределения (КР) среди видов растений семейства злаковых существенно ниже (почти в 3 раза), чем у видов растений семейства астровых.

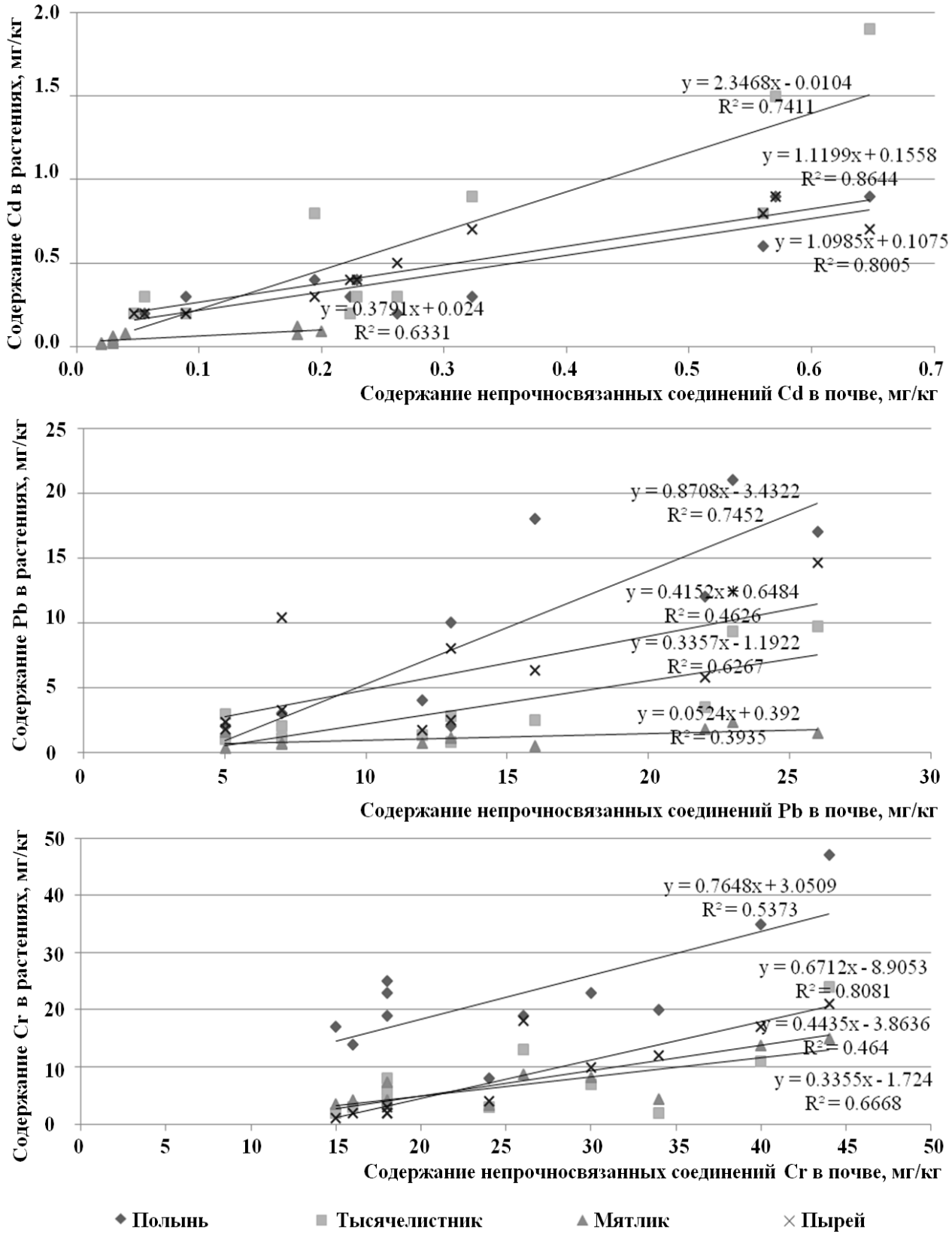


Рис. 5. Зависимость накопления тяжелых металлов растениями от содержания их непрочно связанных соединений в почве.

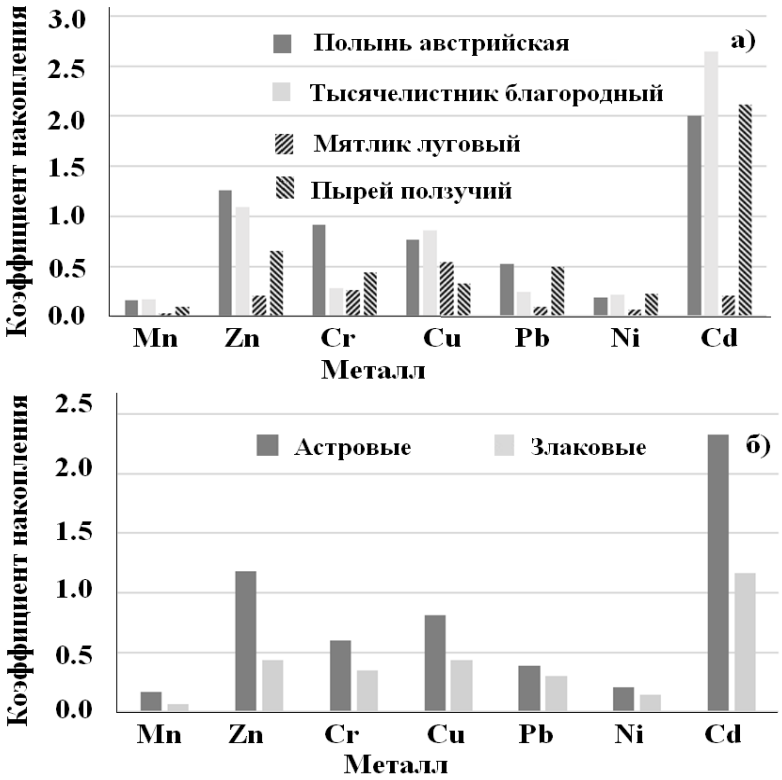


Рис. 6. Коэффициент накопления (КН) тяжелых металлов в надземных органах растений (обобщенные результаты по всем исследуемым площадкам): а – двух видов семейства злаковых и двух видов семейства астровых; б – семейств злаковых и астровых (обобщенные результаты по видам, принадлежавшим одному семейству).

5. Наиболее низкой способностью к накоплению ТМ из почвы надземной частью растений (КН) характеризуются представители семейства злаковых по сравнению с растениями семейства астровых. Среди всех исследуемых видов растений мятлик луговой характеризуется наименьшими величинами КН по отношению к Mn, Zn, Pb, Ni и Cd, а пырей ползучий – по отношению Cu.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авессаломова И.А. 2007. Биогеохимия ландшафтов: учебное пособие. М.: Изд-во Московского университета. 162 с.

Блажний Е.С., Гаврилюк Ф.Я., Вальков В.Ф., Редькин Н.Е. 1985. Черноземы Западного Предкавказья // Черноземы СССР (Предкавказье и Кавказ). М.: Агропроиздат. С. 3-50.

Брукс Р.Р. 1996. Биологические методы поисков полезных ископаемых. М.: Недра. 201 с.

Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. 1987. М. 5 с.

ГОСТ 26657-85. 1985. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. М.

ГОСТ 27262-87. 1987. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб. М.

ГОСТ 28168-89. 1989. Почвы. Отбор проб. М.

Демидчик В.В., СоколикА.И., Юрин В.М. 2001. Токсичность избытка меди и толерантность к нему растений // Успехи современной биологии. Т. 121, № 5. С. 511-525.

Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П., Корнейкова М.В. 2014. Содержание и токсичность тяжелых металлов в почвах зоны воздействия газовоздушных выбросов комбината «Печенганикель» // Почвоведение. № 5. С. 625-631.

Ильин В.Б., Сысо А.И. 2012. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 220 с.

Кашин В.К., Убугунов Л.Л. 2012. Особенности накопления микроэлементов в зерне пшеницы в западном Забайкалье // Агрохимия. № 4. С. 68-76.

Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. 1992. М.: ЦИНАО. 61 с.

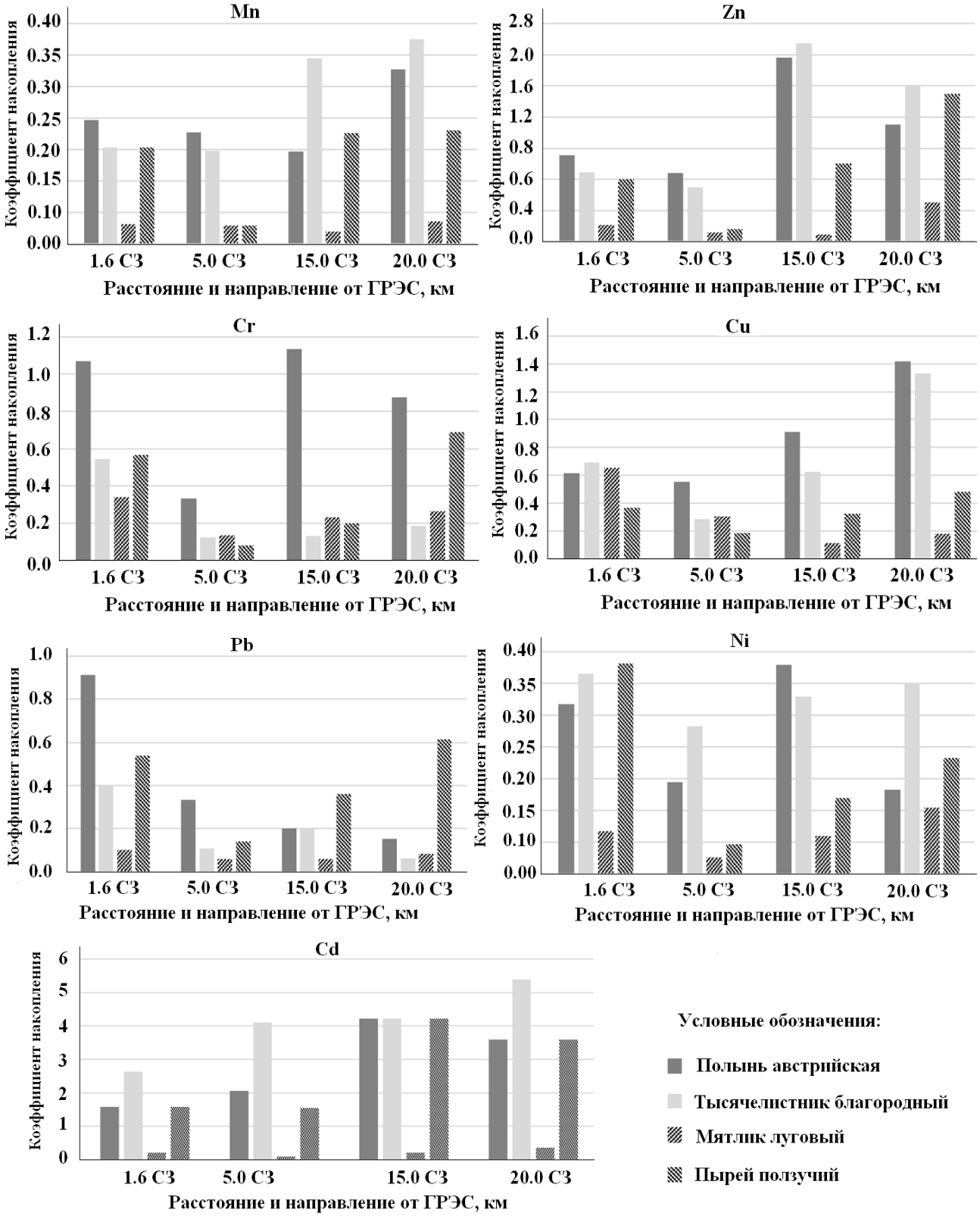


Рис. 7. Коэффициент накопления (КН) тяжелых металлов в различных видах растений семейства злаковых и астровых на площадках мониторинга, расположенных на различном удалении в северо-западном направлении от НчГРЭС.

Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Манджиева Г.В. 2008. Барьерные функции системы почва-растение // Вестник Московского Университета. Серия «Почвоведение». № 4. С. 10-16.

Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Манджиева С.С., Назаренко О.Г., Бурачевская М.В., Антоненко Е.М. 2013. Фракционно-групповой состав Mn, Cr, Ni и Cd в почвах техногенных ландшафтов (по мониторинговым наблюдениям) // Почвоведение. № 4. С. 414-425.

Минкина Т.М., Федоров Ю.А., Невидомская Д.Г., Манджиева С.С., Козлова М.Н. 2016. Особенности содержания и подвижность тяжелых металлов в почвах поймы реки Дон // Аридные экосистемы. Т. 22. № 1 (66). С. 86-98.

Муратчаева П.М-С., Загидова Р.М., Батырмурзаева П.А. 2015. О трансформации луговых фитоценозов под воздействием антропогенных и природных факторов // Аридные экосистемы. Т. 21. № 1 (62). С. 53-59

Пашков Г.Д., Зозулин Г.М. 1986. Растительность // Природные условия и естественные ресурсы. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ. С. 259-285.

Позняк С.С. 2011. Содержание некоторых тяжелых металлов в растительности полевых и луговых агрофитоценозов в условиях техногенного загрязнения почвенного покрова // Вестник Томского государственного университета. № 1 (13). С. 120-136.

Сабинин Д.А. 1955. Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР. С. 510

Серегин И.В., Кожевникова А.Д. 2008. Роль тканей корня и побега в транспорте и накоплении кадмия, свинца, никеля и стронция // Физиология растений. Т. 55. № 1. С. 3-26.

Фортескью Дж. 1985. Геохимия окружающей среды. М.: Мир. 360 с.

Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф. 2001. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 5. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН. 148 с.

Экологический вестник Дона: О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2016 году. 2017. Ростов-на-Дону: Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области. 369 с.

Ahmad I., Akhtar M. J., Zahir Z. A., Jamil A. 2012. Effect of Cadmium on Seed Germination and Seedling Growth of Four Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars // Pakistan Journal of Botany. Vol. 44. № 5. P. 1569-1574.

Deng H., Ye Z.H., Wong M.H. 2004. Accumulation of Lead, Zinc, Copper and Cadmium by 12 Wetland Plant Species Thriving in Metal-Contaminated Sites in China // Environmental Pollution. 132. P. 29-40.

Motuzova G.V., Minkina T.M., Karpova E.A., Barsova N.U., Mandzhieva S.S. 2014. Soil Contamination with Heavy Metals as a Potential and Real Risk to the Environment // Journal of Geochemical Exploration. Vol. 144. P. 241-246.

Shahid M., Dumat C., Khalid S., Schreck E., Xiong T., Niazi N.K. 2017. Foliar Heavy Metal Uptake, Toxicity and Detoxification in Plants: A Comparison of Foliar and Root Metal Uptake // Journal of Hazardous Materials. Vol. 325. P. 36-58.

Shahid M., Xiong T., Castrec-Rouelle M., Leveque T., Dumat C. 2013. Water Extraction Kinetics of Metals, Arsenic and Dissolved Organic Carbon from Industrial Contaminated Poplar Leaves // Journal of Environmental Scencesi. 25. P. 2451-2459.

Xiong T.T., Leveque T., Austruy A., Goix S., Schreck E., Dappe V., Sobanska S., Foucault Y., Dumat C. 2014. Foliar Uptake and Metal(loid) Bioaccessibility in Vegetables Exposed to Particulate Matter // Environmental Geochemistry and Health. 36. P. 897-909.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 3 (76), с. 56-66

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК: 574.9: 581.524+251.1(517.3-35B)

БОТАНИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РАВНИННЫХ СТЕПЕЙ СУХЭ-БАТОРСКОГО И ДОРНОГОВЬ АЙМАКОВ (ВОСТОЧНАЯ МОНГОЛИЯ)[1]

© 2018 г. И.М. Микляева, Д.С. Белявский

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Россия, 119899, г. Москва, ГСП-2, Ленинские горы, д. 1, ГЗ
E-mail: inessa-miklyaeva@yandex.ru, danila3d@yandex.ru

Поступила 12.12.2017

Рассматривается ботаническое разнообразие равнинных степей Сухэ-Баторского и Дорноговь аймаков (Восточная Монголия) на видовом и ценотическом уровнях на основе эколого-флористической классификации. Таксономическое разнообразие высших сосудистых растений равнинных степей обследованной территории представлено 35 семействами, 104 родами и 169 видами, что составляет от флоры Восточной Монголии 51% семейств, 36% родов и 25% видов. В зависимости от особенностей зонального распространения виды растений распределены по эколого-ценотическим группам: 37% от общего числа входят в группу сухостепных, 25% – в группу лугостепных-сухостепных, 15% – сухостепных-опустыненностепных, 16% – сухостепных-пустынных, 7% – в группу с широким распространением.

Синтаксономическое разнообразие равнинных степей обследованной территории Восточной Монголии установлено при обработке геоботанических описаний методом Браун-Бланке. Оно представлено одним классом, тремя союзами и восемью ассоциациями, отражающими особенности растительности плакоров. Выделенные ассоциации различаются разнообразием видов высших сосудистых растений, родов и семейств, видовой насыщенностью, высотой и сомкнутостью травостоев, положением в рельефе.

Разработан косвенный показатель условий увлажнения ассоциаций, выраженный соотношением видов растений, которые занимают крайние по градиенту увлажнения местообитания – доли видов, встречающихся в сообществах опустыненных степей и пустынь, к доле видов, встречающихся в лугостепных сообществах. В соответствии с величиной косвенного показателя проведено уточнение подзональной принадлежности ассоциаций.

Ключевые слова: равнинные степи, таксономическое разнообразие, синтаксономическое разнообразие, косвенный показатель условий увлажнения.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00026

Региональные исследования ботанического разнообразия – одного из основных компонентов устойчивого развития планеты – необходимы для выявления богатства флор и оценки их состояния, входят в задачи мониторинга и др. (Огуреева, Котова, 2004). Ботаническое разнообразие равнинных степей Сухэ-Баторского и Дорноговь аймаков (Восточная Монголия) рассматривается на видовом и ценотическом уровнях с использованием эколого-флористической классификации Браун-Бланке. Для равнинных степей Восточной Монголии такие исследования ранее не проводились.

Цель нашей работы – рассмотреть ботаническое разнообразие равнинных степей Сухэ-Баторского и Дорноговь аймаков на видовом и ценотическом уровнях на основе эколого-флористической классификации. В ходе работы решались следующие *задачи*: выявлялось таксономическое разнообразие высших сосудистых растений и синтаксономическое разнообразие равнинных степей, характерные особенности и экологическое разнообразие ассоциаций.

[1] Работа основана на результатах полевых исследований в составе картографического отряда Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и МАН в августе 2014 года под руководством проф. Г.Н. Огуреевой. Авторы выражают благодарность членам отряда за помощь в сборе материалов и руководству экспедиции за предоставленную возможность участия в полевых работах.

Район исследований

Площадь Восточной Монголии составляет 247630 км^2. В ее рельефе преобладают плоские и слабо всхолмленные приподнятые равнины с разной степенью эрозионного расчленения. Выделяют значительно расчлененные высокие увалистые и увалисто-холмистые равнины (1200-1800 м н.у.м. БС), средневысокие равнины (800-1100 м н.у.м. БС) с меньшим расчленением и низкие аккумулятивные равнины (500-700 м н.у.м. БС) практически без эрозионного расчленения (Мурзаев, 1948; Лувсандорж, 2008).

Климат резко континентальный: среднее годовое количество осадков обычно не превышает 200 мм; зима морозная (средняя температура января -21.5°С), продолжительная и малоснежная, весна засушливая, лето теплое (средняя температура июля +20.0°С), основная масса осадков (около 150 мм) выпадает в августе, осень сухая. Период активной вегетации составляет 110-140 дней, сумма эффективных температур равна 2000-3000°С (Рачковская, 1993; Экосистемы …, 1995).

Согласно флористическому районированию А.Л. Тахтаджяна (1978), Восточная Монголия относится к Монгольской провинции, Центральноазиатской подобласти, Ирано-Туранской области, которая имеет довольно древнюю и своеобразную флору. По ботанико-географическому районированию большая часть Восточной Монголии входит в два района – Среднюю Халку и Восточную Монголию Восточномонгольской степной подпровинции Монгольской степной провинции Центральноазиатской (Дауро-Монгольской) степной области. Небольшая северо-западная часть относится к Монголо-Даурскому району Даурской горнолесостепной подпровинции Хангайско-Даурской горнолесостепной провинции (Лавренко, 1970). На севере Восточной Монголии выделяется узкая полоса лесостепи с богаторазнотравно-дерновиннозлаковыми (луговыми) степями, сменяющимися к югу разнотравно-дерновиннозлаковыми (засушливыми) и дерновиннозлаковыми (сухими) степями, а затем опустыненными полукустарничково-дерновиннозлаковыми степями. Почвы маломощные, суглинистые, супесчаные и щебнистые, на севере темнокаштановые, южнее – каштановые и светлокаштановые (Экосистемы …, 1995; Ecosystems …, 1995).

До настоящего времени здесь сохранились большие массивы ковыльных степей. Характерный облик сообществ богаторазноравно-дерновиннозлаковых степей формируют ковыль байкальский (*Stipa baicalensis*), нителистник сибирский (*Filifolium sibiricum*), ирис вильчатый (*Iris dichotoma*), горец растопыренный (*Polygonum divaricatum*), стеллера карликовая (*Stellera chamaejasme*). Доминанты разнотравно-дерновиннозлаковых степей: змеевка растопыренная (*Cleistogenes squarrosa*), тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata*), ковыль большой (*Stipa grandis*), вострец китайский (*Leymus chinensis*), житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum*), лук стареющийся (*Allium senescens*). В дерновиннозлаковых степях преобладают: ковыль волосатик (*Stipa krylovii*), змеевка растопыренная, осока твердоватая (*Carex duriuscula*), полынь холодная (*Artemisia frigida*), карагана узколистная (*Caragana stenophylla*) и мелколистная (*Caragana microphylla*; Губанов, 1982). В опустыненных полукустарничково-дерновиннозлаковых степях основу травостоев составляют: ковылек (*Stipa klementzii*), житняк гребенчатый, ковыль волосатик, полынь холодная, карагана узколистная и карликовая (*C. pygmaea*). Растительный покров значительно изменяется на участках с большой численностью травоядных животных: домашних – коз и овец, до 1000 и более голов в отаре, диких – пищухи даурской (*Ochotona daurica*), формирующей колонии площадью до 8-50 м^2 (Сухие…, 1984).

Материалы и методы

Исследования охватывают восточную часть ботанико-географического района Средней Халки и юго-западную часть Восточной Монголии в широтном отрезке 45° 12’-47° 48’ с. ш. Протяженность маршрута составляет 1610 км. Сбор геоботанических описаний проводился в шести аймаках, но основная их масса, используемая в работе, сосредоточена в Сухэ-Баторском и Дорноговь аймаках (рис. 1).

В табличную обработку вошли 118 полных геоботанических описаний, сделанных по стандартной методике на пробных площадях в 100 м^2 по трансектам, а при наличии расчлененного рельефа – по катенам. При описании зоогенных комплексов учитывалось соотношение площадей фоновых сообществ и зоогенных микрогруппировок.

Обработка геоботанических описаний методом Браун-Бланке позволила выявить дифференциальные блоки видов и выделить соподчиненные безранговые синтаксоны (Микляева,

Белявский, 2015 а, 2015 б). Состав видов в блоках устанавливался в соответствии с критериями А. Юрко (Yurko, 1973): постоянство дифференциальных видов в описаниях сообществ данного синтаксона отличается от их постоянства в описаниях сообществ других синтаксонов не менее чем на два класса; в каждом описании представлено не менее 50% видов дифференциального блока этого синтаксона. Блок видов отражает флористическое и экологическое сходство описаний, относящихся к этому синтаксону.

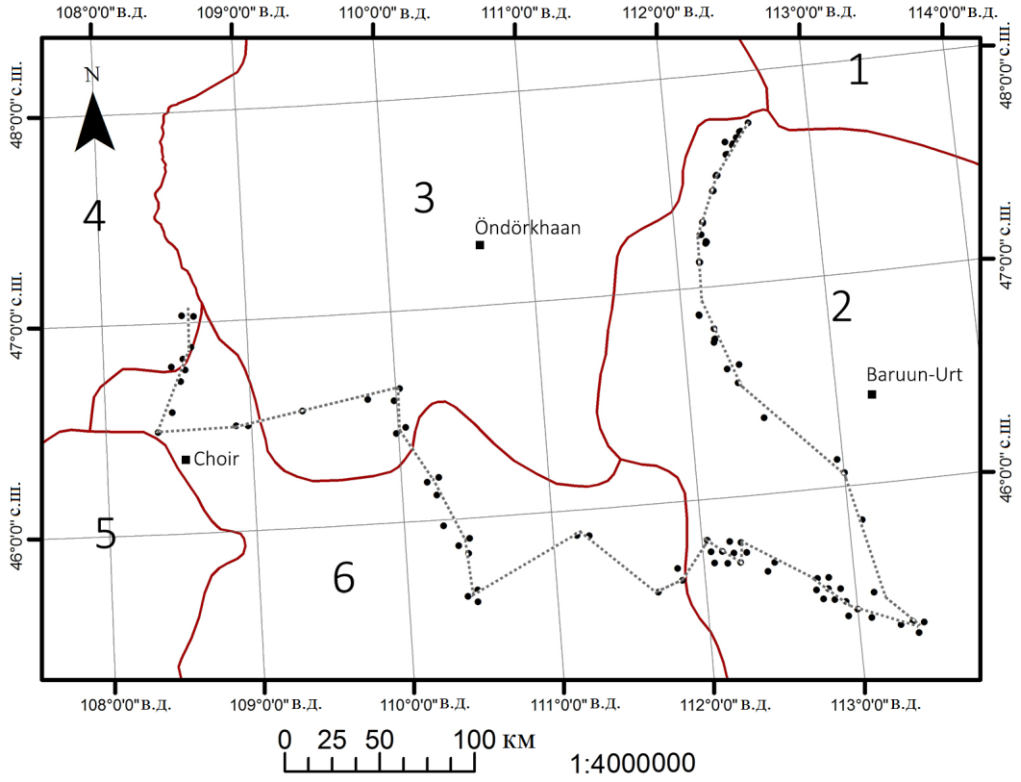


Рис. 1. Схема маршрута отряда. Аймаки. *Условные обозначения*: 1 – Дорнод, 2 – Сухэ-Батор, 3 – Хэнтий, 4 – Туве, 5 – Дундговь, 6 – Дорноговь; красная линия – границы аймаков, пунктир – маршрут, жирные точки – точки описаний.

Правильность проведенной классификации по H. Dierschke (1994) проверялась путем выявления в каждой ассоциации флористического сходства видового состава первого описания с видовым составом каждого описания сообществ, входящих в эту ассоциацию по коэффициенту общности Сёренсена (Грейг-Смит, 1967):

$$Ko=(2c/(a+b))\cdot 100\%,$$

где Ko – коэффициент общности, c – число видов, общее для двух участков, a – число видов на первом участке, b – число видов на втором участке.

Ранг соподчиненных синтаксонов устанавливался при сравнении выявленных дифференциальных блоков с опубликованными для соседних территорий. Были использованы классификация растительности речных пойм республики, созданная под руководством профессора Б.М. Миркина (Миркин и др., 1989) для степей Дауро-Монгольского типа Якутии и Прибайкалья и классификация сухих степей Северной и Центральной Монголии, разработанная на уровне ассоциаций W. Hilbig (1995). Учитывались также размеры площади, которую занимают синтаксоны.

При характеристике синтаксонов рассматривался состав доминантов, к которым относились виды с проективным покрытием 10% и более от общего покрытия сообщества.

Виды растений в зависимости от особенностей зонального распространения (Грубов, 1982; Губанов, 1996) распределялись по эколого-ценотическим группам: лугостепные-сухостепные, сухостепные, сухостепные-опустыненностепные, сухостепные-пустынные, с широким распространением.

Экологическое разнообразие ассоциаций устанавливалось с помощью косвенного показателя условий увлажнения, рассчитанного для каждой ассоциации. Он выражается соотношением доли видов эколого-ценотических групп, характеризующих крайние условия по градиенту увлажнения, – доли видов, встречающихся в сообществах опустыненных степей и пустынь, к доле видов, встречающихся в лугостепных сообществах. В показателе не учитываются типичные для этого региона сухостепные растения, а также растения с широким распространением.

Основные результаты и их обсуждение

Таксономическое разнообразие высших сосудистых растений равнинных степей. Флора Восточной Монголии насчитывает 668 видов, 287 родов и 69 семейств. По числу входящих в них видов преобладают семейства *Asteraceae, Poaceae, Fabaceae* и *Rosaceae* (Дашням, 1966). Число видов высших сосудистых растений в составе равнинных степей обследованной нами территории составляет примерно четвертую часть от флоры региона, число родов – третью часть и примерно половину – число семейств. Как и для всей Восточной Монголии, максимальное число видов включают два семейства: *Asteraceae* и *Poaceae*, соответственно, 25 видов и 14 родов; 23 вида и 17 родов. Среднее число (10-17 видов и 5-7 родов) отмечено в трех семействах: *Fabaceae, Rosaceae* и *Chenopodiaceae*. Семь видов *Alliaceae* относятся к одному роду. В состав 17 семейств входит от 2 до 5 видов и родов, а в 12 семействах отмечено только по 1 виду и 1 роду (рис. 2, 3).

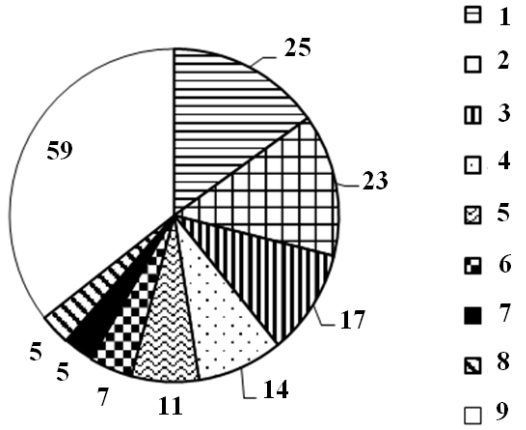


Рис. 2. Спектр семейств по числу видов. *Условные обозначения.* Семейства: 1 – *Asteraceae*, 2 – *Poaceae*, 3 – *Fabaceae*, 4 – *Rosaceae*, 5 – *Chenopodiaceae*, 6 – *Alliaceae*, 7 – *Cariophyllaceae*, 8 – *Lamiaceae*, 9 – остальные семейства.

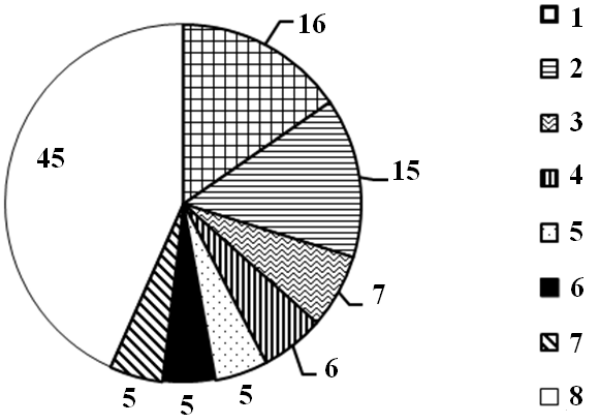


Рис. 3. Спектр семейств по числу родов. *Условные обозначения.* Семейства: 1 – *Poaceae*, 2 – *Asteraceae*, 3 – *Chenopodiaceae*, 4 – *Fabaceae*, 5 – *Rosaceae*, 6 – *Cariophyllaceae*, 7 – *Lamiaceae*, 8 – остальные семейства.

Таким образом, полученный в результате маршрутных исследований спектр семейств в целом отражает специфику флоры Восточной Монголии.

Эколого-ценотические группы видов. Из выявленных нами 169 видов растений к эколого-ценотической группе сухостепных отностся 63 вида, например, ковыль Крылова и змеевка растопыренная. Значительная часть видов имеет более широкий эколого-ценотический диапазон. Группа лугостепных-сухостепных представлена 42 видами, например, вострецом китайским (*Leymus chinensis*) и полынью заменяющейся (*Artemisia commutata*). В состав группы сухостепных-опустыненностепных входят 25 видов: например, полыни холодная (*Artemisia frigida*) и веничная (*A. scoparia*). Группа сухостепных-пустынных включает 27 видов, из них 12 видов встречаются от сухих степей до пустынь, например, гониолимон красивый (*Goniolimon speciosum*), 4 вида – в опустыненных степях и пустынях, например, лук неравнолучевой (*Allium anisopodium*), а 8 – в пустынях, например, реомюрия джунгарская (*Reaumuria soongorica*). Практически повсеместно от лесостепи до пустыни встречается 12 видов, например, марь белая (*Chenopodium album*).

Синтаксономическое разнообразие равнинных степей. Синтаксон верхнего ранга нашей классификации соответствует классу *Cleistogenetea squarrosae* Mirk. et al., 1986, так как

дифференциальные виды полностью совпадают с его характерными видами (Миркин и др., 1989). Эти виды являются основными ценозообразователями в восточном секторе Евразиатских степей. В степях Восточной Монголии они имеют высокие значения постоянства (табл. 1), а 8 многолетних видов входят в состав основных доминантов (табл. 2). Однолетняя полынь веничная увеличивает обилие в годы, благоприятные по увлажнению, и на участках с интенсивным выпасом скота. Одно-двулетний гетеропаппус (*Heteropappus hispidus*) обильно распространен на каменистых и щебнистых почвах.

Средний ранг нашей классификации включает три союза *Allion anisopodii*, *Ptilotrichion canescensi* и *Artemision scoparii* (табл. 1). К нижнему рангу отнесено 8 ассоциаций (табл. 2). Объем ассоциаций соответствует группе или классу ассоциаций эколого-фитоценотической классификации. Синтаксоны более низкого ранга могут быть выявлены при расширении площади исследований и увеличении количества описаний.

Таким образом, синтаксономическое разнообразие равнинных степей обследованной территории Восточной Монголии представлено одним классом, тремя союзами и восемью ассоциациями, отражающими особенности растительности плакоров.

Характерные особенности и экологическое разнообразие ассоциаций. Три ассоциации входят в союз *Allion anisopodii* (4; табл. 1). На низких уровнях рельефа – субгоризонтальных поверхностях с абсолютными высотами 900-1110 м н.у.м. БС сформировались сообщества ассоциации *Allion anisopodii Stipetum sibirici* (1; табл. 1, 2). На обследованной территории значительные площади они занимают севернее 47°40' с.ш. Сообществам свойственны максимальные значения видовой насыщенности и среднего проективного покрытия, высокое видовое богатство, средние значения доли видов с постоянством III-V классов и диапазона сходства по коэффициенту Сёренсена. В состав основных доминантов входят 7 видов (табл. 3). Из них наиболее часто доминируют полынь холодная, змеевка растопыренная, ковыль Крылова и житняк гребенчатый. Контуры выделов ассоциации совпадают с контурами экосистемы умеренно-сухих петрофитноразнотравно-типчаковых кустарниковых степей на темнокаштановых почвах (№ 20; Экосистемы …, 1995; Ecosystems …, 1995).

Также в северной части обследованной территории на пологих склонах увалов и холмов , на относительно бóльших высотах в сравнении с предыдущей ассоциацией (970-1180 м н.у.м. БС) сформировались сообщества ассоциации *Allion anisopodii Saussuretum salicifolii* (2). В них снижается видовая насыщенность, проективное покрытие и доля видов с высоким постоянством, увеличивается видовое богатство и диапазон сходства описаний. Из восьми основных доминантов наиболее часто отмечены ковыль Крылова, змеевка и карагана узколистная. Значительная часть сообществ нарушена жизнедеятельностью животных: до 36% – домашним скотом, 9% – пищухой даурской. В 63% случаев выделы ассоциации, как и предыдущей, совпадают с экосистемой умеренно-сухих степей № 20.

Значительный высотный отрезок (960-1260 м н.у.м. БС) занимают сообщества ассоциации *Allion anisopodii Typicum* (3), сформировавшиеся на пологих склонах увалов и холмов; большую площадь они занимают севернее 47°00' с.ш. В сообществах отмечено большое проективное покрытие и средние значения других характеристик. Из семи доминантов чаще встречаются ковыль Крылова, змеевка, осока твердоватая и ковыль большой. Нарушенность деятельностью животных незначительная, только в 8% сообществ отмечено влияние пищухи даурской. В большинстве случаев (72%) сообщества связаны с экосистемой умеренно-сухих степей № 20.

Союз *Ptilotrichion canescensi* (10) объединяет четыре ассоциации (табл. 1). Преимущественно на склонах увалов и холмов, на высотах 900-1200 м н.у.м. БС развиваются сообщества ассоциации *Ptilotrichion canescensi Chenopodietum acuminati* (8). Они занимают большую площадь южнее 45°48' с.ш. Сообществам свойственны средние значения проективного покрытия и средний диапазон сходства, низкие – видовой насыщенности и видового богатства, довольно большая доля видов III-V классов (табл. 3). В состав основных доминантов входят пять видов, из них чаще отмечены осока стоповидная и лук многокорневой (*Allium polyrrhizum*). Сообщества значительно нарушены жизнедеятельностью животных: 45% – домашним скотом, 18% – пищухой даурской. Отмечена связь ассоциации с экосистемой сухих гемипсаммофитных и петрофитных мелкодерновиннозлаковых полынных с караганами степей на каштановых почвах (№ 23).

На более высоком уровне (970-1190 м н.у.м. БС) на склонах увалов и их плоских вершинах распространены сообщества ассоциации *Ptilotrichion canescensi Allietum mongolici* (6). Большую

площадь они занимают южнее 46°00’ с.ш. Здесь выявлены средние значения основных характеристик синтаксонов, максимальная доля видов III-V классов, средний диапазон сходства описаний. Наиболее часто доминирует ковыль Крылова. Ассоциация занимает экотонное положение: в 48% случаев связана с экосистемой опустыненных полынно-дерновиннозлаковых с караганами степей на светлокаштановых почвах (№ 25), в 33% – с экосистемой сухих степей (№ 23).

Таблица 1. Классы постоянства дифференциальных видов союзов в ассоциациях равнинных степей Сухэ-Баторского и Дорноговь аймаков (Восточная Монголия).

Союзы и ассоциации*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Число описаний	**9**	**11**	**12**	**32**	**29**	**10**	**5**	**11**	**29**	**55**
Характерные виды класса *Cleistogenetea squarrosae* Mirk. et al. 1986										
Cleistogenes squarrosa	V	V	V	V	IV	III	V	III	V	IV
Stipa krylovii	V	V	V	V	V	V	V	IV	V	V
Leymus chinensis	V	V	V	V	III	I	IV	II	II	II
Agropyron cristatum	IV	V	V	V	III	II	V	II	III	III
Caragana stenophylla	–	V	V	V	IV	III	V	V	IV	IV
Caragana microphylla	IV	V	V	V	III	II	IV	I	II	II
Carex duriuscula	III	V	V	V	IV	V	V	V	IV	V
Artemisia frigida	V	V	V	V	V	V	V	IV	IV	IV
Heteropappus hispidus	V	V	IV	IV	IV	V	IV	IV	IV	IV
Artemisia scoparia	V	V	V	V	IV	V	III	IV	III	III
Дифференциальные виды союза *Allion anisopodii*										
Allium anisopodium	V	V	V	V	II	II	II	–	I	I
Medicago ruthenica	V	V	V	V	I	–	III	–	I	I
Stipa grandis	V	III	III	III	I	I	II	–	–	I
Poa attenuata	IV	III	III	III	I	–	–	–	–	–
Artemisia palustris	IV	V	V	V	I	–	III	–	I	I
Chamaerhodos erecta	IV	IV	III	III	I	–	–	–	I	I
Serratula centauroides	IV	IV	II	III	I	I	V	–	I	I
Allium bidentatum	IV	V	II	III	II	I	II	–	I	I
Дифференциальные виды союза *Ptilotrichion canescensi*										
Ptilotrichum canescens	–	II	I	I	II	V	V	V	IV	V
Haplophyllum davuricum	II	III	I	II	II	IV	V	I	III	III
Convolvulus ammanii	–	–	I	I	II	V	II	V	IV	IV
Allium polyrrhizum	–	–	–	–	II	V	V	V	V	V
Artemisia pectinata	–	–	–	–	I	II	–	III	III	III
Salsola collina	I	I	I	I	I	IV	IV	V	III	IV

Примечания к таблицам 1-4: * – союзы и ассоциации: 1 – *Allion anisopodii Stipetum sibirici*, 2 – *Allion anisopodii Saussuretum salicifolii*, 3 – *Allion anisopodii Typicum*, 4 – *Allion anisopodii*, *5* – *Artemision scoparii*, *6* – *Ptilotrichion canescensi Allietum mongolici*, 7 – *Ptilotrichion canescensi Cymbarietum daurici*, 8 – *Ptilotrichion canescensi Chenopodietum acuminate*, 9 – *Ptilotrichion canescensi Typicum*, 10 – *Ptilotrichion canescensi*.

Выше по рельефу (990-1460 м н.у.м. БС) на склонах увалов и холмов, в основном южнее 45°48’ с.ш., сформировались сообщества ассоциации *Ptilotrichion canescensi Typicum* (9). Как и у других ассоциаций *Typicum*, здесь отмечены низкие величины видовой насыщенности и доли видов III-V классов, большой диапазон сходства, средние значения проективного покрытия и видового богатства. В состав основных доминантов входят восемь видов. Из них чаще доминируют ковыль Крылова, лук многокорневой и карагана узколистная. Отмечена значительная нарушенность

жизнедеятельностью животных: 52% – домашним скотом, 10% – пищухой даурской. Ассоциация преимущественно связана с экосистемой сухих степей № 23.

Сообщества ассоциации *Ptilotrichion canescensi Cymbaretum daurici* (7) сформировались на плоских вершинах увалов в узком высотном отрезке 1300-1460 м н.у.м. БС, южнее 46°30’ с.ш. Для них характерны высокое проективное покрытие, средняя видовая насыщенность, низкое видовое богатство, довольно большая доля видов с высоким постоянством, небольшой диапазон сходства (табл. 3). В состав основных доминантов входят только 3 вида, из них чаще отмечены ковыль Крылова и полынь холодная. Нарушенность сообществ выпасом скота средняя, до 30%. Сообщества преимущественно связаны с экосистемой сухих мелкодерновиннозлаковых степей на каштановых почвах (№ 22).

Таблица 2. Дифференциальные виды (Д. в.) ассоциаций.

Ассоциации*	**1**	**2**	**3**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Число описаний	**9**	**11**	**12**	**29**	**10**	**5**	**11**	**29**
Д. в. ассоциации *Allion anisopodii Stipetum sibirici*								
Stipa sibirica	V	I	I	–	–	–	–	–
Allium senescens	IV	I	I	–	–	–	–	I
Aconogonon divaricatum	V	I	–	–	–	–	–	–
Astragalus tenuis	V	I	–	–	–	II	–	–
Potentilla acaulis	V	I	–	–	–	–	–	–
Potentilla pensylvanica	IV	I	I	I	I	–	–	I
Astragalus adsurgens	IV	I	–	–	–	–	–	–
Orobanche coerulescens	IV	I	II	–	–	–	I	–
Gallium verum	IV	II	II	–	–	–	–	–
Saposhnikovia divaricata	III	I	I	–	–	–	–	–
Orostachys thyrsiflora	III	–	–	–	I	–	–	I
Д. в. ассоциации *Allion anisopodii Saussuretum salicifolii*								
Saussurea salicifolia	III	V	I	I	–	V	–	I
Stellaria dichotoma	I	IV	II	II	II	V	II	I
Bupleurum scorzonerifolium	I	V	I	I	II	IV	I	I
Д. в. ассоциации *Ptilotrichion canescensi Allietum mongolici*								
Allium mongolicum	–	–	–	–	V	–	II	I
Asparagus gobicus	–	–	–	I	V	–	–	I
Aristida heymannii	–	–	–	–	III	–	–	I
Kohia prostrata	III	I	I	–	V	–	I	II
Cleistogenes songorica	–	–	–	I	V	–	I	I
Д. в. ассоциации *Ptilotrichion canescensi Cymbarietum daurici*								
Cymbaria daurica	II	I	I	I	II	V	–	I
Koeleria cristata	III	II	I	I	II	V	–	I
Silene jenisseensis	III	II	II	I	–	V	–	–
Artemisia adamsii	I	III	II	II	I	IV	–	I
Д. В. ассоциации *Ptilotrichion canescensi Chenopodietum acuminati*								
Chenopodium acuminatum	II	I	I	II	III	–	V	II
Chenopodium viride	I	I	I	II	II	III	V	II

Союз *Artemision scoparii* выделен только по характерным видам класса. Он включает одну ассоциацию – *Artemision scoparii Typicum* (5), которая также не имеет своих дифференциальных видов. Ее сообщества развиваются в максимальном высотном диапазоне (900-1440 м н.у.м. БС) на приподнятых равнинах и пологих склонах увалов и холмов, большую площадь занимают южнее

46°40’ с.ш. Характерны минимальные значения видовой насыщенности и максимальные – видового богатства, очень низкая доля видов III-V и максимальная доля видов I класса постоянства, что отражает флористическую неоднородность сообществ. Число основных доминантов достигает девяти видов, наиболее часто отмечены ковыль Крылова, осока твердоватая и вострец китайский. При увеличении количества описаний ассоциацию можно будет разделить на флористически более однородные синтаксоны. Зоогенное влияние здесь довольно значительное – 28% и 24% составляют сообщества, нарушенные выпасом скота и жизнедеятельностью пищухи даурской. соответственно Диапазон сходства описаний средний. Сообщества связаны с экосистемами сухих степей: в 41% случаев с № 23, а в 33% – с № 22.

Таблица 3. Характерные особенности ассоциаций.

Ассоциации*		**1**	**2**	**3**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Показатели		**Значения показателей**							
Число описаний		9	11	12	29	5	10	11	29
Средняя видовая насыщенность (100 м^2)		**34**	**29**	**23**	14	**26**	**22**	16	16
Среднее проективное покрытие, %		**67**	**59**	**56**	**57**	**50**	47	46	47
Средняя высота травостоя, см		**64**	**49**	**46**	29	38	**42**	20	31
Видовое богатство		**85**	**84**	**72**	**89**	59	51	46	**76**
Доля в ассоциациях видов с V-I классами постоянства, %	V	**15**	**19**	**18**	2	**20**	**27**	**15**	4
	IV	14	4	–	6	3	**16**	9	9
	III	7	6	7	3	12	**20**	9	5
	II	**26**	12	**21**	10	**27**	**33**	**20**	8
	I	**38**	**50**	**54**	**79**	**38**	4	**47**	**74**
Диапазон степени сходства сообществ, входящих в каждую ассоциацию		46-67	36-68	43-64	28-52	46-67	44-58	38-61	34-70
Средняя высота, м н.у.м. БС		1010	1100	1110	1170	1390	1070	1100	1230
Основные доминанты:		**Частота доминирования в ассоциациях, %**							
Stipa krylovii		**22.2**	**81.8**	**50.0**	**31.0**	**40.0**	**20.0**	0	**31.0**
Leymus chinensis		11.1	18.2	16.7	**24.1**	0	0	9.1	6.9
Cleistogenes squarrosa		**22.2**	**36.4**	**33.3**	13.8	**40.0**	0	0	10.3
Artemisia frigida		**33.3**	9.1	8.3	13.8	20.0	10.0	9.1	6.9
Agropyron cristatum		**22.2**	0	0	3.4	0	0	0	6.9
Carex duriuscula		0	18.2	**33.3**	**31.0**	0	0	**63.6**	10.3
Caragana stenophylla		0	**27.3**	0	3.4	0	10.0	9.1	**20.7**
Caragana microphylla		11.1	18.2	16.7	6.9	0	0	0	0
Stipa grandis		11.1	18.2	**25.0**	3.4	0	0	0	0
Allium polyrrhizum		0	0	0	0	0	0	**27.3**	**24.1**

По величине показателей таксономического разнообразия ассоциации объединены в две группы. Максимальные значения показателей отмечены в трех ассоциациях союза *Allion anisopodii* (1-3; табл. 4), а также в типичных ассоциациях союзов *Artemision scoparii* (5) и *Ptilotrichion canescensi* (9). Минимальные значения показателей таксономического разнообразия выявлены в трех ассоциациях союза *Ptilotrichion canescensi* (6-8).

Довольно большую флористическую однородность ассоциаций отражает значительная доля в их составе видов с постоянством IV и V классов, достигающая 23-29% в двух ассоциациях союза *Allion anisopodii*: *Allion anisopodii Stipetum sibirici* (1), *Allion anisopodii Saussuretum salicifolii* (2) и в двух ассоциациях союза *Ptilotrichion canescensi*: *Ptilotrichion canescensi Allietum mongolici* (6), *Ptilotrichion canescensi Chenopodietum acuminati* (8), а в ассоциации *Ptilotrichion canescensi Cymbarietum daurici* (7) – 43%. В ассоциациях *Allion anisopodii Typicum* (3) и *Ptilotrichion canescensi Typicum* (9) доля таких видов снижается до 13-18% и минимальной величины – 8%, в ассоциации *Artemision scoparii Typicum* (5; табл. 3). Максимальное число видов с постоянством IV и V классов во всех

рассмотренных ассоциациях относится к двум семействам: сложноцветные и злаковые.

Сообщества, относящиеся к ассоциациям союза *Allion anisopodii*, сформировались в более благоприятных умеренно-сухих условиях увлажнения – косвенный показатель условий увлажнения меньше единицы (табл. 4). Их флористический состав отличается значительным участием (в среднем до 34%) видов, встречающихся в луговых степях, таких как ковыль сибирский (*Stipa sibirici*). Доля видов, встречающихся в опустыненных степях, например, полынь холодная, составляет в среднем 17%. Видов, распространенных в пустынях, например, лук неравнолучевой, – 3%.

Таблица 4. Таксономическое и экологическое разнообразие ассоциаций равнинных степей Сухэ-Баторского и Дорноговь аймаков (Восточная Монголия).

Ассоциации*	**1**	**2**	**3**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Показатели и параметры таксономического разнообразия								
Число семейств	**24**	**23**	**23**	**25**	17	17	14	**22**
Число семейств с видами IV-V классов постоянства	**8**	**8**	**5**	**4**	8	12	8	**7**
Число родов	**58**	**59**	**53**	**63**	41	40	34	**54**
Число видов	**85**	**87**	**72**	**90**	60	51	46	**78**
Отношение числа видов к числу семейств	**3.5**	**3.8**	3.1	**3.6**	3.3	3	3.3	**3.5**
Показатели и параметры экологического разнообразия								
Доля лугостепных видов	**37**	**35**	**31**	20	14	18	11	14
Доля сухостепных видов	**42**	**42**	**42**	38	25	41	33	30
Доля видов опустыненных степей	15	15	22	27	**37**	**33**	**41**	**33**
Доля видов, встречающихся в пустынях	2	5	3	12	20	**6**	9	**18**
Косвенный показатель увлажнения	0.5	0.6	0.8	2.0	2.4	**4.1**	**4.5**	**3.6**

Ассоциации союза *Ptilotrichion canescensi* образовались в более засушливых условиях – косвенный показатель условий увлажнения больше 3.0 (табл. 4). Доля в их составе видов, встречающихся в луговых степях, например, вострец китайский, в среднем снижается в сравнении с предыдущим союзом до 14%. Увеличивается в среднем до 36% доля видов, заходящих в опустыненные степи, например, вьюнок Аммана (*Convolvulus ammanii*). В среднем до 13% увеличивается доля видов, заходящих в пустыни, например, лук многокорневой, а также характерных для пустыни – ковыль гобийский (*Stipa gobica*).

Экотонное положение по градиенту увлажнения занимает ассоциация *Artemision scoparii Typicum* – косвенный показатель условий увлажнения равен 2. Для ее сообществ характерна средняя величина доли видов, распространенных в луговых, опустыненных и пустынных степях (табл. 4).

Ординация ассоциаций по градиенту увлажнения отображена в легенде карты «Растительность равнинных степей Сухэ-Баторского и Дорноговь аймаков» (фрагмент, масштаб 1:500000; рис. 4), составленной на основе автоматического дешифрирования космического снимка Landsat 8 от 18 августа 2015 года (USGS, 2016) и последующего уточнения границ контуров по топографической карте. Ассоциации (1-3, 5, 9) и номера легенды (*1-5*) расположены по градиенту увлажнения экотопов – от засушливого до умеренно сухого, различия увлажнения показаны густотой штриховок. Номер *6* – союз *Helictotricho Iridion ruthenicae* Arbuzova et Zhitl, 1987 (Миркин и др., 1989) объединяет пойменные луга р. Керулен с периодически повышенным увлажнением, которое отражает состав луговых и лугостепных видов: ирис русский (*Iris ruthenica*), овсец (*Helictotrichon sehellianum*), зопник клубненосный (*Phlomis tuberosa*), герань луговая (*Geranium pratense*), полынь пижмолистная (*Artemisia tanacetifolia*). Номер *7* – агроценозы – посевы пшеницы, условия увлажнения не рассматриваются.

В соответствии с величиной косвенного показателя условий увлажнения уточнена подзональная принадлежность ассоциаций: умеренно-сухие степи – *Allion anisopodii Stipetum sibirici* (1) – *Allion anisopodii Saussuretum salicifolii* (2) – *Allion anisopodii Typicum* (3); сухие степи – *Artemision scoparii Typicum* (5) – *Ptilotrichion canescensi Alletum mongolici* (6); опустыненные степи – *Ptilotrichion canescensi Typicum* (9) – *Ptilotrichion canescensi Cymbarietum daurici* (7) – *Ptilotrichion canescensi Chenopodietum acuminati* (8).

В ассоциациях умеренно-сухих степей видовая насыщенность в среднем составляет 29 видов на 100 м^2, снижается в среднем до 20 видов в ассоциациях сухих степей и до 18 в опустыненных степях, что сопоставимо с данными близлежащих регионов (табл. 3.) Для сравнения, в луговых степях Бурятии видовая насыщенность достигает 30-50 видов, в сухих степях –25 видов в среднем, а в опустыненных степях – всего 5-6 видов (Бурятия …, 1997). В слабо нарушенных сообществах сухих степей Внутренней Монголии автономного района Китая она достигает 30 видов на 100 м^2 (Микляева, Востокова, 2001).

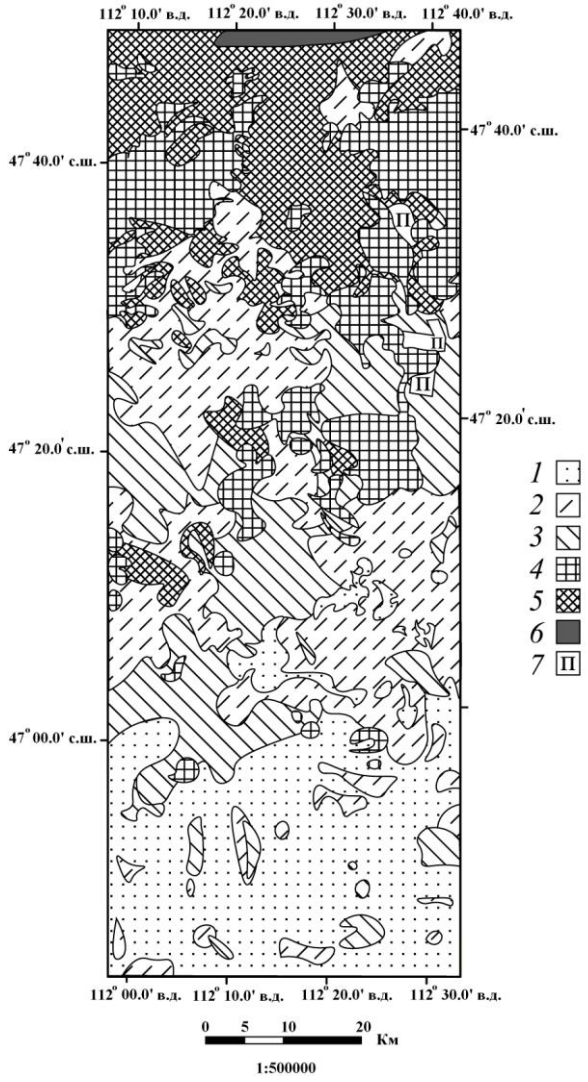


Рис. 4. Растительность равнинных степей Сухэ-Баторского и Дорноговь аймаков, Восточная Монголия (фрагмент карты, масштаб 1:500000). *Условные обозначения:* цифры слева от шкалы – порядковые номера выделов, справа – номера ассоциаций; степи: *1 – Allion anisopodii Stipetum sibirici* (acc. 1); *2 – Allion anisopodii Saussuretum salicifolii* (acc. 2); *3 – Allion anisopodii Typicum* (acc. 3); *4 – Artemision scoparii Typicum* (acc. 5); *5 – Ptilotrichion canescensi Typicum* (acc. 9); *6 –* Союз *Helictotricho Iridion ruthenicae* Arbuzova et Zhitl, 1987; *7* – агроценозы.

Заключение

Рассмотренный уровень ботанического разнообразия степей Восточной Монголии отражает адаптивную стратегию видов к природным условиям: наличию довольно высокого гипсометрического положения, резко континентального климата, богатых маломощных каштановых и светлокаштановых почв.

Таксономическое разнообразие высших сосудистых растений равнинных степей обследованной территории Восточной Монголии представлено 35 семействами, 104 родами и 169 видами, что составляет 51% семейств, 36% родов и 25% видов от флоры Восточной Монголии.

Распределение видов растений по эколого-ценотическим группам показало, что большее их число входит в группу сухостепных – 37% от общего числа. Доля лугостепных-сухостепных объединяет 25% видов, сухостепных-опустыненностепных – 15%, сухостепных-пустынных – 16%, группа с широким распространением, охватывающая луговые степи-пустыни, включает 7% видов.

Выявленное синтаксономическое разнообразие равнинных степей обследованной территории Восточной Монголии представлено одним классом, тремя союзами и восемью ассоциациями, отражающими особенности растительности плакоров. Выделенные ассоциации различаются разнообразием видов высших цветковых растений, родов и семейств, видовой насыщенностью, высотой и сомкнутостью травостоев, положением в рельефе.

С помощью косвенного показателя условий увлажнения, выраженного соотношением видов растений, которые занимают крайние по градиенту увлажнения местообитания, выявлено экологическое разнообразие ассоциаций. Распределение ассоциаций по значениям косвенного показателя соответствует их широтному распространению на обследованной территории. В наиболее благоприятных умеренно-сухих условиях увлажнения в северной части обследованной территории сформировались сообщества ассоциации *Allion anisopodii Stipetum sibirici*, а в наиболее сухих в южной части – сообщества ассоциации *Ptilotrichion canescensi Chenopodietum acuminati.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бурятия: растительный мир. 1997 / Ред. Б.Б. Намзалов. Вып. 11. Улан-Удэ: Издательство Бурятского университета. 249 с.

Грейг-Смит П. 1967. Количественная экология растений. М.: Мир. 359 с.

Грубов В.И. 1982. Определитель сосудистых растений Монголии (с атласом). Л.: Наука. 442 с.

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

Дашням Б. 1966. Растительность Восточного аймака Монгольской Народной Республики и ее хозяйственное использование. Автореф. дис. … к.б.н. Л.: На страже Родины. 26 с.

Лавренко Е.М. 1970. Провинциальное разделение Центральноазиатской подобласти степной области Евразии // Ботанический журнал. Т. 55. № 12. С. 1734-1747.

Лувсандорж Ж. 2008. Динамика пастбищной растительности степных экосистем Восточной Монголии. Автореф. дис. … к.б.н. наук. М.: ИЭМиЭЖ АН СССР. 122 с.

Микляева И.М., Белявский Д.С. 2015 а. Опыт синтаксономии степей Восточной Монголии // Степи Северной Евразии. Материалы седьмого международного симпозиума. Оренбург: ИС УрО РАН. С. 524-527.

Микляева И.М., Белявский Д.С. 2015 б. Разнообразие и ботанико-географические особенности равнинных степей Восточной Монголии // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития: Материалы Международной конференции. Улан-Батор, Монголия: Terkhchandmani Co., Ltd. Т. 1. С. 155-159.

Микляева И.М., Востокова Е.А. 2001. Сравнительный анализ современного состояния сухостепных экосистем Монголии и Северо-Восточного Китая // Вестник Московского университета. Серия 5. География. № 1. С. 28-34.

Миркин Б.М., Соломещ А.И., Ишбирдин А.Р., Алимбекова Л.М. 1989. Список и диагностические критерии высших единиц эколого-флористической классификации растительности СССР. М.: ИЭМиЭЖ АН СССР. 46 с.

Мурзаев Э.М. 1948. Монгольская Народная Республика. Физико-географическое описание. М.: ОГИЗ. 314 с.

Огуреева Г.Н., Котова Т.В. 2004. Картографирование биоразнообразия // Вестник Московского университета. Серия 5. География. № 1. С. 24-28.

Рачковская Е.И. Растительность гобийских пустынь Монголии. 1993. С.-Пб.: Наука. 135 с.

Сухие степи Монгольской Народной Республики. 1984 / Ред. Е.М. Лавренко, В.Е. Соколов. Л.: Наука. 167 с.

Тахтаджян А.Л. 1978. Флористические области Земли. Л.: Наука. 248 с.

Экосистемы Монголии: Распространение и современное состояние. 1995 // Труды Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции. Т. 39. М.: Наука. 223 с.

Dierschke H. 1994. Pflanzensociologie. Grundlagen end Methoden. Stuttgart: Verlag E. Ulmer. 684 p.

Ecosystems of Mongolia. Scale 1:1000000. 1995. V.: IEE. S. 15.

Hilbig W. 1995. The vegetation of Mongolia. G.D. Amsterdam: The Netherlands. 258 p.

Yurko A. 1973. Multilaterale Differentiation als Gliederungsprinzip den Pflanzengesellschaften. Preslis-Praha. № 45. P. 41-69.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 3 (76), с. 67-80

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 581.5

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВАХ ПРИЕРГЕНИНСКОЙ РАВНИНЫ (РЕСПУБЛИКА КАЛМЫКИЯ)[1]

© 2018 г. Н.М. Новикова*, М.В. Конюшкова, ***, С.С. Уланова******

**Институт водных проблем РАН*
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: nmnovikova@gmail.com
***Почвенный институт им. В.В. Докучаева*
Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2. E-mail: mkon@inbox.ru
****Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12
*****Институт комплексных исследований аридных территорий*
Россия, 358005, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Хомутникова, д. 111
E-mail: svetaulanova@yandex.ru

Поступила 04.12.2017

Изучено современное постмелиоративное состояние растительности и почв на Приергенинской равнине (Северо-Западный Прикаспий, Калмыкия) после глубокой мелиоративной вспашки, оросительных мероприятий и лесоразведения, произведенных в 1950-60-е годы, и пребывания в залежном состоянии (орошение прекращено с 1971 года, периодическая распашка – с 1984 года). Под сохраняющимися лесонасаждениями и на залежных землях на месте ранее орошаемой пашни сформировался однородный почвенный покров, в котором практически трансформировались морфологические и физико-химические особенности исходных почв солонцового комплекса (солонцов и светло-каштановых солонцеватых почв). В почвенном профиле все еще выделяются пахотный (0-45 см) и подпахотный (50-60 см) горизонты, они рассолены, в них уменьшилось содержание обменного натрия. Все эти почвы относятся к одному типу агроземов солонцовых глубокозасоленных.

Деревья в яблоневом саду без полива погибли на 6-7 год. На участках, где в лесонасаждениях производился полив, деревья сохранились лишь частично, семенное возобновление отмечено только у лоха (*Elaeagnus angustifolia*), вяза мелколистного (*Ulmus pumila*), смородины золотистой (*Ribes aureum*) и порослевое – у груши (*Pyrus communis*). На выпадах древесных культур поселились кустарники, культивируемые в лесополосах, а также виды трав местной флоры, однако сообщества имеют большее видовое богатство и формируют большую надземную фитомассу по сравнению с окружающей целинной растительностью. Современный видовой состав и структура травяных растительных сообществ позволяют считать, что идет восстановительная сукцессия, сформировались сообщества, близкие по видовому составу естественным сообществам, приуроченным к каштановым почвам с господством полыни Лерха (*Artemisia lerchiana*), ромашника (*Tanacetum achilleifolium*) и злаков (*Festuca valesiaca, Stipa lessingiana*). На участках с мелиорацией без орошения восстановление ведет к формированию сообществ, близких по составу сообществам целинных солонцов.

Ключевые слова: мелиорация, Прикаспийская низменность, солонцы, орошаемое лесоразведение с поливом, орошаемая пашня, растительные сообщества, видовое богатство, надземная фитомасса, засоление почв.
DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00027

На территории Республики Калмыкия в начале 1950-х годов был создан Аршань-Зельменский

[1] Работа выполнена по программе № 19 Президиума РАН, гранту РФФИ № 16-04-00570 и теме НИР ИВП РАН «Современные тенденции динамики экосистем в условиях изменяющегося климата и антропогенных воздействий».

научный стационар Института лесоведения Академии наук СССР, одна из задач которого заключалась в проведении опытных работ по мелиорации природных комплексов, позволяющих в условиях дефицита влаги и засоления почв повышать их продукционный потенциал и расширять спектр видов землепользования. Основное внимание уделялось лесоразведению, т.к. существование лесных насаждений и лесополос до сих пор рассматривается как один из основных способов борьбы с опустыниванием (Национальная программа ..., 1995). На возвышенности Ергени и Приергенинской равнине были заложены четыре опытных участка (рис. 1) с разными видами обработки почв, посадками древесных растений и трав, а на Приергенинской равнине в течение длительного времени проводилось орошение древесных посадок и посевов однолетних и многолетних сельскохозяйственных культур.

Данная работа входит в цикл исследований, посвященных изучению и оценке состояния природных комплексов аридных территорий, испытавших ранее трансформацию под влиянием гидромелиоративного антропогенного воздействия и в настоящее время развивающихся в естественном режиме. В предыдущей публикации было показано (Новикова и др., 2009, 2012; Конюшкова и др., 2011), что под влиянием фитомелиорации на возвышенности Ергени в почвах и растительности произошли устойчивые изменения, которые сохраняются в течение длительного времени после вмешательства человека.

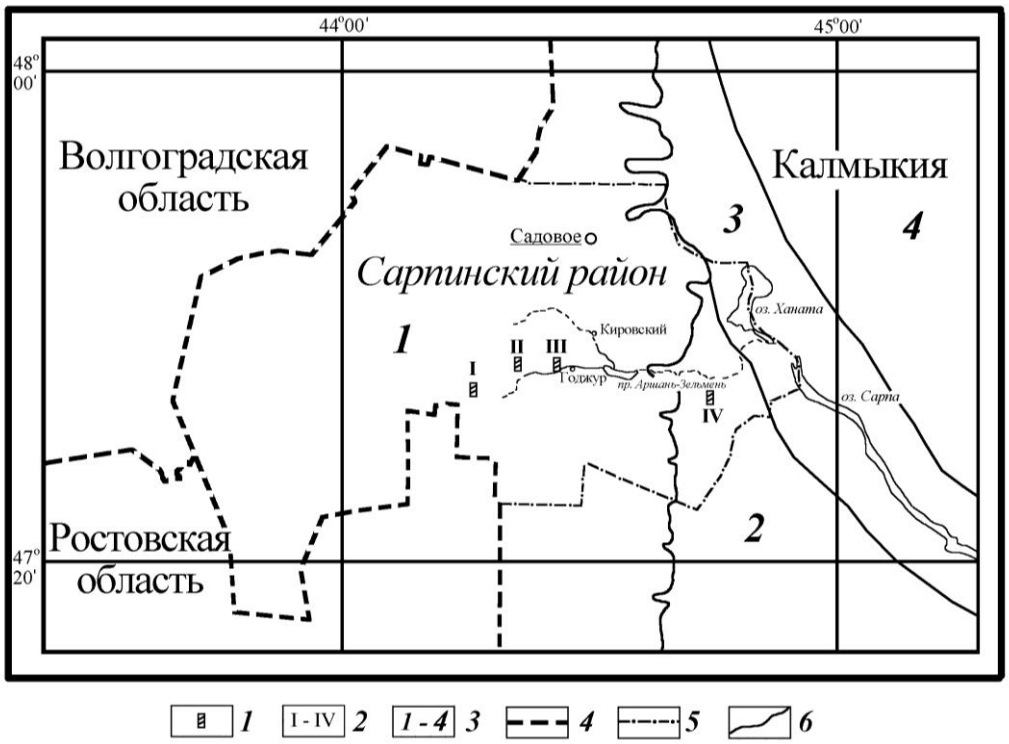


Рис. 1. Схема размещения опытных участков Аршань-Зельменского стационара. *Условные обозначения*: *1* – опытные участки стационара; *2* – нумерация опытных участков стационара (I-III – Ергенинские, IV – Аршань-Зельменский); *3* – геоморфологические районы (***1*** – Ергенинская возвышенность, ***2*** – Приергенинская равнина, ***3*** – Сарпинская ложбина, ***4*** – Сарпинская низменность); *4* – границы Субъектов РФ, *5* – граница Сарпинского административного района Калмыкии, *6* – границы геоморфологических районов.

В лесополосах, на месте выпавших древесных культур сформировались агросолонцы с травяно-полукустарничковыми растительными сообществами, близкими по составу к природным. Исходные сильно засоленные солончаковые многонатриевые корковые и мелкие солонцы хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного химизма трансформировались в агроземы солонцовые солончаковатые и глубокозасоленные слабой степени засоления, содово-сульфатного химизма или с повышенной щелочностью в средней части почвенного профиля с рассолонцованным пахотным

слоем. Под сохранившимися лесонасаждениями, почвы которых до мелиоративного воздействия были каштановыми, сформировались антропогенно-измененные почвы, не имеющие аналога в целинных условиях.

На участках с солонцовыми почвами древесные виды выпали, сформировались агроземы солонцовые с травяными растительными сообществами с доминированием грудницы волосистой (*Galatella villosa*), типчака (*Festuca valesiaca*), ромашника (*Tanacetum achilleifolium*), по видовому составу близкие растительным сообществам мелких западин целинных территорий. Благодаря увеличению производимой в этих сообществах фитомассы, приближающейся к значениям наиболее высокопродуктивных естественных ценозов с доминированием ковылей, вдвое увеличился биологический круговорот веществ.

Произошедшее изменение в почвах и растительности исходных солонцов было оценено как устойчивая мезофитизация экосистемы по сравнению с исходными, до фитомелиорации, которая сохраняется длительное время после снятия антропогенного воздействия.

Особенностью исследования, представленного в данной статье, в отличие от упомянутого выше, является то, что рассматривается другая территория (Приергенинская равнина), и более глубокое антропогенное воздействие: помимо фитомелиорации здесь длительное время посадки древесных видов поливались, посевы на пашне орошались. Под влиянием комплексного мелиоративного воздействия, длившегося с 1951 по 1970 гг., произошла трансформация почв и растительности.

Цель данной работы заключается в выявлении сохраняющихся устойчивых свойств, внесенных мелиорацией и изменениях, произошедших в природных комплексах после прекращения мелиоративного воздействия в течение длительного времени (27 лет). Полученные результаты и составляют новизну данной работы.

Район и объекты исследования

Приергенинский ландшафтный район представляет собой пологонаклонную равнину, протягивающуюся неширокой субмеридиональной полосой вдоль восточного подножия возвышенности Ергени. Она спускается на восток и сливается с Сарпинской ложбиной или Сарпинской низменностью (рис. 1). Абсолютные высотные отметки изменяются от 10-13 м н.у.м БС в западной и до 5-6 м н.у.м. БС в восточной части, с незначительным уклоном местности 0.012-0.015°. В геоморфологическом отношении данная территория представляет собой комплекс морских террас, осложненный делювиальными процессами. В меридиональном направлении поверхность пересекается более или менее параллельными потяжинами; хорошо выражен микрорельеф.

Как полоса бывшей прибрежной фации Каспия, эта территория характеризуется сложным литологическим строением. Поверхность сложена засоленными глинами и суглинками морского генезиса и перекрыта более молодыми, часто опресненными песчано-суглинистыми отложениями – выносами ергенинских балок. Почвообразующими породами являются делювиальные суглинки, которые перекрывают толщу чередующихся слоев морских отложений хвалынской трансгрессии различной мощности и гранулометрического состава (песчаных, супесчаных, суглинистых иногда с небольшими глинистыми прослойками; Зайцев, 1955; Поляков, Антипов-Каратаев, 1955). Чередование слоев и их мощность варьируют даже на небольшом расстоянии.

Район исследования располагается в южной подзоне степной зоны (опустыненных степей) со светло-каштановыми почвами. Отличие его от возвышенности Ергени в том, что здесь сильнее выражена комплексность почв и растительности, а грунтовые воды более засоленные. Расположение почв и растительности по микрорельефу также отличается от Ергеней. В микропонижениях на лугово-каштановых почвах развиты разнотравно-типчаково-ковыльные (*Stipa*[2] spp.+*Festuca valesiaca*+ *Mixteherbosa*) растительные сообщества, а в еще более глубокие понижениях – сообщества с пыреем ползучим (*Elytrigia repens*), мятликом узколистным (*Poa angustifolia*), бескильницами (*Puccinellia* spp.). На выровненных участках преобладают солонцы с полукустарничками – черной полынью (*Artemisia pauciflora*), камфоросмой (*Camphorosma monspeliacum*). На микроповышениях развиваются солонцеватые светло-каштановые почвы и солонцы с более глубоко залегающим солонцеватым горизонтом. Здесь, среди черной полыни, распространены: прутняк (*Kochia prostrata*),

[2] Латинские названия растений приведены по работе К.С. Черепанова (1995).

типчак (*Festuca valesiaca*), житняк пустынный (*Agropyron desertorum*), острец (*Leymus ramosus*), грудница шерстистая (*Galatella villosa*) и др. (Нижнее Поволжье …, 1948; Зайцев, 1955; Борликов, 2001).

Для оценки трансформации солонцовых комплексов под влиянием распашки, фитомелиорации и орошения Приергенинской равнины использовались материалы исследований на IV-м участке Аршань-Зельменского стационара за период 1951-1970 гг. (рис. 1), включающие краткую информацию о приуроченности растительных сообществ к элементам солонцового комплекса и более развернутую информацию о почвах: почвенную карту участка (М 1:1000; Зайцев, 1955) до мелиорации, данные химического анализа почвенных разрезов и описание всего опытного участка.

В солонцах Приергенинской равнины отмечается меньшее содержание гипса по сравнению с солонцами Ергеней: в верхнем метре его содержание не превышает 0.9%. Что касается засоления, то легкорастворимые соли отмечаются ближе к поверхности, чем у солонцов Ергеней, с 10-18 см, иногда с 26 см (у средних солонцов). По всему профилю преобладает хлорид натрия, а в солонцовых и подсолонцовых горизонтах отмечается при слабом засолении содово-хлоридный и хлоридно-содовый химизм засоления. Ранее в исследованиях на опытном участке Аршань-Зельменского стационара, расположенном на Приергенинской равнине, отмечалось (Зайцев, 1972), что солонцы здесь бессодовые. Сильное хлоридное и сульфатно-хлоридное засоление проявляется с 18-33 см и по всему профилю.

Таким образом, солонцы Приергенинской равнины в отличие от солонцов Северных Ергеней отличаются преобладанием в почвенном профиле хлорида натрия, более близким залеганием с поверхности солей и гипса. В солонцовых горизонтах отмечается содово-хлоридное или хлоридно-содовое засоление (Новикова и др., 2010, 2011).

На IV опытном участке Аршань-Зельменского стационара на глубине 3-3.5 м, ниже толщи суглинистого состава, залегают плотные засоленные шоколадные глины мощностью 5-6 м в его западной части, и 3-4 м – в восточной. Под этими глинами на глубине 6-7 м расположена песчаная водоносная толща, в которой содержатся грунтовые минерализованные воды (17-19 г/л) сульфатно-хлоридного химизма. Их глубины в пониженной части (под лесонасаждениями) составляли до орошения 5-6 м, и они находились под напором вод более высокой (западной части участка), где глубины их залегания достигали 7 м. По мнению участников опыта (Пак, 1958; Зайцев, 1961, 1972), грунтовые воды оказывали существенное влияние на соленакопление в почвенно-грунтовой толще во время проведения опыта.

Согласно исследованиям Н.М. Зайцева (1955), составившего почвенную карту на IV опытный участок в масштабе 1:1000, в почвенном покрове преобладали преимущественно среднестолбчатые лугово-степные солонцы. По классификации Прикаспийской экспедиции, используемой Н.М. Зайцевым (1955, 1961), к среднестолбчатым солонцам были отнесены солонцы с мощностью надсолонцового горизонта 6-12 см, т.е. по современной классификации относящиеся к мелким и средним солонцам. На рисунке 2 представлена часть этой карты в генерализованном виде. В почвенном профиле до глубины 100-110 см преобладали хлориды, глубже – сульфаты. Это соотношение составляло от 3:1 до 1:3.

Карбонаты отмечались на границе солонцового и подсолонцового горизонтов, а их максимум на глубинах 30-50 см. Близкое залегание карбонатов к поверхности при очень незначительном содержании гипса с 60-80 см (максимум на глубине 190-200 см), предопределило их вовлечение в пахотный слой при глубокой мелиоративной вспашке.

Светло-каштановые почвы относятся к слабозасоленным (в конце первого метра), хлоридного химизма, а глубже 1 м засоление среднее хлоридное, средне- и/или сильно хлоридно-сульфатное. Карбонаты отмечались с 20 см с максимумом на глубине 35-65 см. Гипс в небольших количествах отмечается со 160 см.

На исследуемом участке до проведения опытов растительный покров был слабо сомкнутым, общее проективное покрытие составляло 30-40%. К светло-каштановым солонцеватым почвам были приурочены типчаково-лерхоополынные (*Artemisia lerchiana-Festuca valesiaca*) сообщества, к солонцовым – лерхополынно-прутняковые (*Kochia prostrata-A. lerchiana*) и к корковым солонцам – лерхополынно-чернополынные (*Artemisia pauciflora-A. lerchiana*; Власов, Зайцев, 1950).

Схема проведения опыта. Площадь опытного участка составляет 30.6 га (900 м с севера на юг и

350 м с запада на восток), из которых восточная половина была отведена под лесонасаждения, а западная – под сельскохозяйственные и садовые культуры (рис. 2).

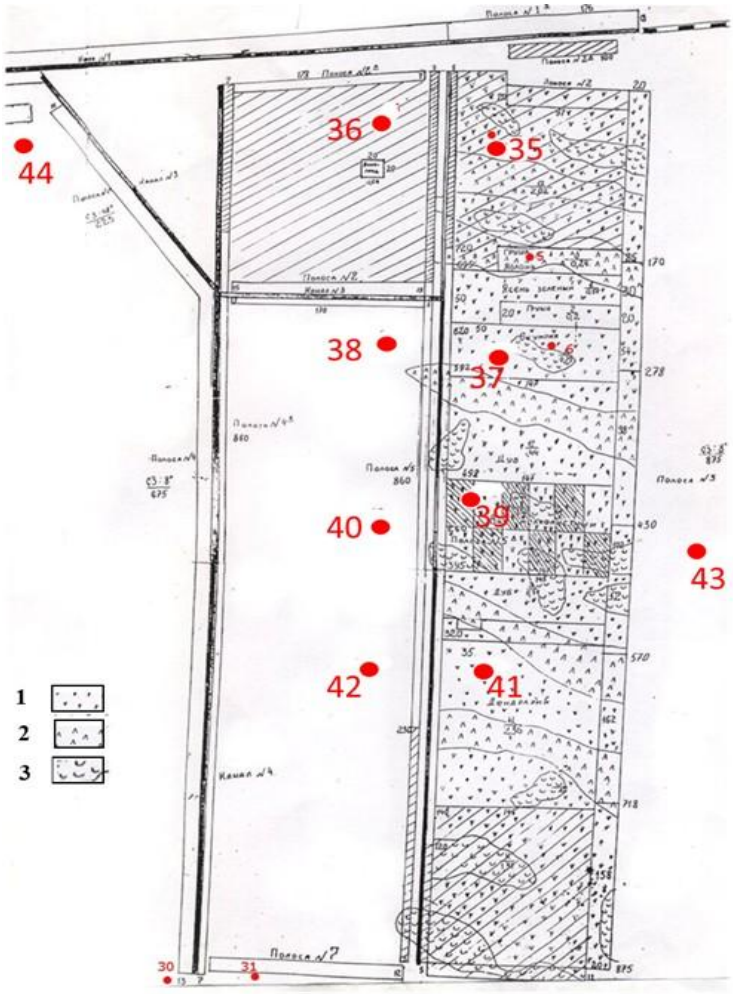


Рис. 2. Схема опытного участка и расположение разрезов на почвенной карте. *Условные обозначения к рисункам 2 и 4:* 1 – солонцы мелкие и средние, 2 – светло-каштановые почвы, 3 – лугово-каштановые почвы; точки на участках: 35 – сад без полива; 36 – сад с поливом; 37, 39, 41 – древесные насаждения с поливом; 38, 40, 42 – пашня с орошением; 43 – пашня без орошения (контроль); 44 – целина.

Подготовка почвы началась в 1951 году. Были проведены сначала мелкая (22-25 см), а затем глубокая плантажная (40-45 см) вспашка, дискование, планировка поверхности, двухлетнее парование, нарезка борозд (Власов, Зайцев, 1950; Зайцев, 1961, 1972). В 1953 году были посажены саженцы вяза мелколистного (*Ulmus pumila*), скумпии (*Cotinus coggygria*), яблони (*Malus domestica*), груши (*Pyrus* sp.) и посеяны в лунки желуди дуба черешчатого (*Quercus robur*). В 1956 году были заложены дендрарий с 80 видами деревьев и кустарников, в том числе 25 видов тополей и яблоневый сад. Оросительные нормы из расчета оптимального увлажнения (от 100 до 70% влажности от полевой влагоемкости) составляли 3.8-6 тыс. $м^3$/га в год.

В опытах с сельскохозяйственными культурами на фоне глубокой мелиоративной обработки, парования и двухлетнего орошения сначала была посеяна яровая пшеница, а затем многолетние травы, преимущественно люцерна, при суммарной подаче поливной воды 8000 $м^3$/га.

Для орошения использовалась вода из Аршань-Зельменского водохранилища, минерализация которой в первые годы составляла 1.05-1.25 г/л, а в период 1959-1968 гг. возросла до 2-3 г/л, а соотношение катионов Na к сумме катионов Ca+Mg составляло сначала 1, а потом 2. Среди анионов

преобладали хлориды, при повышенном содержании Mg (Уланова, 2014; Уланова, Новикова 2017).

Изменение природных комплексов при проведении опыта 1951-1970 гг. Итоги, подведенные Н.М. Зайцевым в 1970 г. (Зайцев, 1972) после прекращения обводнения и использования участков, показали, что в результате антропогенного воздействия (глубокая обработка, лесонасаждения, орошение) в солончаковых сильно засоленных солонцах хлоридного и сульфатно-хлоридного химизма средне- и многнатриевых, существенно изменился не только морфологический, но и солевой профиль. Орошение оказало существенное влияние на солевой профиль почв в связи с развитием в засушливых условиях ряда процессов (Власов, Зайцев, 1950; Зайцев, 1955, 1972). С одной стороны, оросительные воды, атмосферные осадки и дренирование передвигающейся по уклону верховодки в толще почво-грунта оказывают опресняющее действие. С другой стороны, выносимые соли накапливаются в верховодке и капиллярный подъем приводит к засолению приповерхностных горизонтов, иссушавшихся в межполивной период. Кроме того, с поливной водой в почву дополнительно привносятся растворимые соли.

В трансформации солевого профиля антропогенно-измененных солонцов отмечаются два этапа. В первые 5-7 лет при регулярном орошении (1959-1960 гг.; Зайцев, 1955, 1961, 1972) легкорастворимые токсичные соли были промыты на глубину промачивания (до 1 м и глубже). Хлориды и сульфаты, Na и Mg – до 120-150 см. Содержание поглощенного натрия снизилось под молодым древостоем и в пахотном слое до 6-8% от суммы поглощенных оснований почвы.

В конце 1950-х годов на территории опытного участка как под лесопосадками, так и под люцерной на глубине 1-4.5 м стала формироваться верховодка (Поляков, Антипов-Каратаев, 1955; Зайцев, 1961, 1972). Минерализация вод составляла от 8 до 70 г/л. Формированию верховодки способствовали просачивание оросительных вод и фильтрация из подающих воду каналов, проходящих в центре поля. Из-за оттока грунтовых вод по уклону с западной стороны участка к юго-востоку на участке лесопосадок (район дендрария, точка 41) верховодка сомкнулась с грунтовыми водами и сохранялась здесь на глубине 4 м даже в течение четырех лет после прекращения полива. Так, по материалам Н.М. Зайцева (Зайцев, 1972), содержание легкорастворимых солей (хлориды натрия) под вязом мелколистным (*Ulmus pumila*) в слое 40-60 см увеличилось в 1964 г. по сравнению с 1958 г. вдвое.

В период нерегулярного и разового орошения (1961-1967 гг.) под влиянием верховодки в почвенном слое до 80-100 см отмечается слабое хлоридно-содовое и содово-хлоридное засоление. Высокому содержанию солей на глубине 120-150 см способствовал их вынос весной при снеготаянии и влагозарядковые поливы осенью. Поливная вода с минерализацией 2 г/л также оставляла легкорастворимые соли в почвенной толще.

В опытах с сельскохозяйственными культурами отмечалось рассоление верхнего метрового слоя и незначительное уменьшение содержания поглощенного натрия в пахотном слое (Пак, 1958). В последние годы здесь проявилось вторичное засоление, но опубликованных исследований о процессах вторичного засоления ранее рассоленных солонцов нет.

Таким образом, исследования прошлых лет показали сложность и разнообразие форм вторичного засоления при фитомелиорации с орошением почв солонцовых комплексов Приергенинской равнины.

Методы исследования

Методические подходы и методы исследования природных комплексов в постмелиоративный период. Полевые работы проводили с 2005 по 2008 гг. в соответствии с почвенной картой 1955 г. и с учетом схемы опыта. Заложили разрезы и траншеи до глубины 180-200 см и 250-300 см (рис. 2): под лесонасаждениями – 6 траншей, на залежи, ранее используемой под пашню, – 7 разрезов, на целине – 4 разреза. Отобрали 128 образцов грунта и почв на химизм их солевого состава.

Исследования проводились на антропогенно измененных солонцах под лесонасаждениями скумпии (*Cotinus coggygria*), вяза мелколистного (*Ulmus pumila*), груши (*Pyrus communis*) и др. (точки 37, 39) и на участке дендрария (точка 41), на образовавшейся залежи на месте пашни (точки 38, 40, 42 с поливом и точка 43 – без полива, контроль), на территории погибшего сада (с поливом – точка 36, без полива – точка 35), а также на целинной почве, расположенной рядом с опытным участком (точка 44).

В качестве критериев трансформации почв использовались: морфологические, химические и

физико-химические свойства почв. В качестве показателей их динамического состояния использовались: сохранность пахотного горизонта, глубина рассоления профиля, засоление, химизм, глубина залегания солей, их состав, щелочность, присутствие карбонатов, содержание поглощенного натрия и классификационные признаки типов и подтипов почв, приведенные в работе «Классификация и диагностика почв России» (Шишов и др., 2004).

Цель геоботанических исследований состояла в том, чтобы охарактеризовать современную растительность участков, ранее по-разному мелиорированных, выявить все еще сохраняющиеся изменения, внесенные мелиорацией и оценить ее «динамическое состояние». Учитывая комплексность растительности и почв, присущую исследуемому району, участки ключевых геоботанических описаний располагали в непосредственной близости от почвенных разрезов. Таким образом, в 2008 г. были сделаны описания 10 ключевых геоботанических площадок 10х10 м вблизи каждого из разрезов и траншей, а для оценки функционирования и хозяйственной ценности растительности были отобраны укосы трав в трехкратной повторности на площадках 50х50 см, которые впоследствии высушивались до воздушно-сухого состояния и полученный вес пересчитывался в ц/га.

Геоботанические описания на территорию опыта до его закладки, отсутствуют, поэтому полученные во время полевых работ 2005-2008 гг. ботанические материалы на разных участках опыта рассматривались и сопоставлялись между собой по двум группам в зависимости от предыдущего воздействия – были ли они под пашней или под древесными насаждениями, с орошением и без него, и затем сравнивались с аналогичными данными на целинном участке. В качестве основного критерия было использовано видовое богатство и показатели его изменения (количество и фитоценотическое значение видов, их жизненность, изреживание и усыхание, представленность основных жизненных форм (однолетники, многолетники, древесные виды), структура надземной фитомассы травяного яруса (присутствие видов разных хозяйственных групп: злаки-разнотравье). В качестве дополнительных показателей при выявлении динамического состояния растительных сообществ использовалось присутствие видов-индикаторов разных стадий восстановительной сукцессии после орошения, описанной Р.Р. Джаповой (2007), их обилие и проективное покрытие, возобновление древесных и кустарниковых видов и их число на учетной площадке.

Результаты и обсуждение

Как показали исследования (Новикова и др., 2011), в почвах на изучаемой территории под воздействием распашки и длительного орошения произошла трансформация исходных солонцов в почвы, не встречающиеся в целинных условиях. Все эти почвы относятся к одному типу агроземов текстурно-карбонатных глубокозасоленных. В настоящее время произошедшие изменения сохраняются. В почвенном профиле выделяются пахотный (0-45 см) и подпахотный (50-60 см) горизонты, они рассолены, в них уменьшилось содержание обменного натрия. Под ранее орошаемой пашней (точки 38, 40, 42) и на участке с лесопосадкой (точка 37) рассоление распространяется на максимальную глубину до 100 см, под бывшим садом с поливом (точка 36) – на глубину 80 см, а на остальных участках с лесопосадками и садом без полива – на глубину пахотного горизонта – до 40 см, под неорошаемой пашней (точка 43) – на глубину пахотного горизонта – 20 см, а под целинным солонцом почва не засолена на глубину 30 см.

Изучение растительности проводилось в 2005-2008 гг. одновременно с изучением почв. В таблице представлены геоботанические данные, полученные одновременно на всех участках в мае 2008 г. Анализ таблицы показывает, что для ранее мелиорированных участков характерно намного большее флористическое богатство (61 вид) по сравнению с целинным (32 вида) при 22 общих. При рассмотрении геоботанических описаний и укосов учитывалось, что это данные весенних наблюдений. Весной на мелиорированных и целинных участках массово развиваются эфемеры и эфемероиды, они способствуют повышению общего проективного покрытия (ОПП) до 50-80% в сравнении с 30-40% в летний период и формируют обильную надземную фитомассу.

О долговременных устойчивых изменениях в растительности в результате фитомелиорации можно судить по тому, что посаженные в 1953 г. лесонасаждения частично сохранились (точки 37, 39), но их видовой состав изменился: в настоящее время преобладает смородина золотистая (*Ribes aureum*), из древесных видов произрастают скумпия (*Cotinus coggygria*), вяз мелколистный (*Ulmus*

pumila), жимолость татарская (*Lonicera tatrica*), в изреженном и угнетенном состоянии существует одичавшая груша (*Pyrus communis*), отдельные экземпляры дуба черешчатого (*Quercus robur*). На образовавшиеся выпады древесных видов распространились виды трав местной флоры, характерные для растительности солонцового комплекса: грудница шерстистая (*Galatella villosa*), кермеки каспийский и Гмелина (*Limonium caspium, L. gmelinii*), типчак (*Festuca valesiaca*). На территории дендрария (точка 41) сохраняются древесные насаждения: груша, дуб черешчатый, лох длиннолистный (*Elaeagnus angustifolia*), вязы мелколистный и гладкий (*Ulmus pumila, U. laevis*). На большей части территории все еще сохраняется сухостой отмерших деревьев. Современное возобновление древесных видов отмечено только у лоха и вяза мелколистного, смородины золотистой. Для груши характерно порослевое возобновление.

Бывший яблоневый сад с поливом (точка 36) и без полива (точка 35) и орошаемая пашня в настоящее время представляют собой многолетнюю залежь с травяным растительным покровом (табл.), в котором преобладают мятлик живородящий (*Poa bulbosa*), грудница шерстистая, ромашник (*Tanacetum achilleifolium*), острец (*Leymus ramosus*), полыни Лерха, сантонинная и черная (*Artemisia lerchiana, A. santonica, A. pauciflora*), с небольшим обилием присутствуют ковыли перистый и Лессинга (*Stipa capillata, S. lessingiana*). На залежных участках бывшей орошаемой пашни (точки 38, 40, 42) большую часть проективного покрытия (до 50%) дают рудеральные эфемеры хориспора (*Chorispora tenella*) и дескурайния (*Descurainia sophia*), в то время, как проективное покрытие многолетних видов не превышает 20%.

Видовое богатство на участках опыта с насаждениями древесных растений (точки 37, 39, 41), значительно выше, чем на участках, ранее использованных под пашню (точки 36, 38, 40, 42) и целинного (точка 44). Здесь также шире спектр жизненных форм растений: все еще присутствуют древесные и кустарниковые виды (табл., рис. 3). В составе травяного яруса ведущую роль играют многолетники, а на бывшей пашне преобладают однолетние виды, преимущественно эфемеры.

Фитомасса целинного участка и контрольного (табл., рис. 4, точки 44 и 43) ниже, чем на большинстве ранее мелиорированных. Наиболее высокие значения отмечены на участках бывшей пашни (точки 38, 40). Фитомасса травяного яруса древесных сообществ сопоставима (точки 41 и 37), но может быть и значительно ниже (точка 39). Самое низкое значение фитомассы зарегистрировано на участке, занятом ранее садом без полива (точка 35), ее значение ниже, чем на участке с садом с поливом (точка 36) и на целинном. На всех участках бывшей пашни (точки 38, 40, 42) фитомасса сформирована разнотравьем, на участке дендрария (точка 41) – только злаками. На остальных участках преимущественно разнотравьем с участием злаков. В формировании надземной фитомассы значительная роль принадлежит эфемерам. Запасы надземной фитомассы имеют высокую тесноту связи (r=0.84) с глубиной рассоления почв.

Современное динамическое состояние растительных сообществ на территории опытного участка было оценено на основании близости видового состава ранее мелиорированных и целинных участков с помощью коэффициента Жаккара и представлено в виде дендрограммы (рис. 5).

Ее анализ показал, что наиболее близки друг другу ($К_ж$=0.4) пары сообществ, сформировавшихся на участках со сходной мелиорацией: на залежи орошаемой пашни (точки 38 и 40), орошаемых лесокультур (точки 37 и 41) и сада с поливом и пашни без полива (точки 36 и 43). Для растительных сообществ первой пары характерно преобладание видов-однолетников и сорнотравья – хориспоры и дескурейнии, для участков с лесопосадками все еще характерно присутствие наибольшего числа видов древесных видов растений и кустарников.

В последнем случае пара выделяется видовым составом, приближающим ее к растительности корковых солонцов, т.к. на обоих участках ведущую роль в сообществах играют полыни черная и сантонинная, характерные для естественных биотопов корковых солонцов. Видовой состав растительности всех ранее мелиорированных участков имеет очень низкое сходство с видовым составом целинного участка (точка 44).

Динамическое состояние постмелиоративных участков было оценено на основании видов-индикаторов стадий восстановительной сукцессии. В исследованиях Р.Р. Джаповой (2007) было показано, что на залежных участках, где применялось орошение, восстановительные сукцессии приобретают затяжной характер, возрастает количество стадий. На I-й, бурьянистой стадии, значительное участие принимает бассия (*Bassia sedoides*). На II-й стадии (5-8 лет) возрастает роль

полыней *Artemisia santonica, A. austriaca*. Внедрение и возрастание ценозообразующей роли *Artemisia lerchiana* происходит только на третьей стадии, а многолетних дерновинных злаков – на четвертой. Восстановление условно коренных фитоценозов с доминированием *Stipa capillata, S. lessingiana, Festuca valesiaca* и субдоминантами *Artemisia lerchiana, A. austriaca, Tanacetum achilleifolium* происходит позже, на пятой стадии восстановительной сукцессии.

Таблица. Характеристика растительных сообществ на опытных и на целинных участках.

Характеристики	Опытные участки									Целина	Индикатор стадии сукцессии
	35*	**36***	**37***	**38***	**39***	**40***	**41***	**42***	**43***	**44***	
Тип почвы	АГс	Агс	Агс	Агс	Агс	Агс	Агс	Агс	Агс	СН	
Предварительная обработка на глубину 45 см	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–	
Лесомелиорация	+	+	+	–	+	–	+	–	–	–	
Полив	–	+	+	+	+	+	+	+	–	–	
Число видов	11	16	34	10	21	15	21	19	19	17	
ОПП трав	80	80	60	80	50	60	60	70	40	80	
№№ укосов	3	2	1	11	10	9	7	6	8	5	
Фитомасса, ц/га	230	610	940	1080	460	1110	540	1110	680	320	
Деревья	**нет**	**нет**	**3**	**нет**	**4**	**нет**	**5**	**2**	**нет**	**нет**	
Elaeagnus angustifolia					1		1				
Populus album					1						
Pyrus communis			4		1		10	1			
Quercus robur			1				1				
Ulmus laevis							1	1			
Ulmus pumila			1		1		1				
Кустарники	**нет**	**нет**	**3**	**нет**	**2**	**нет**	**2**	**нет**	**нет**	**нет**	
Acer tatarica							1				
Cotinus coggygria			1		1						
Lonicera tatarica			7								
Ribes aureum			10		1		2				
Полукустарнички	**2**	**3**	**2**	**1**	**нет**	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	
Artemisia lerchiana	5	5	1			1	1	10		15	**II**
Artemisia pauciflora		5							20		**IV**
Artemisia santonica	20	10	1	15					20		**II**
Kochia prostrata										5	**III**
Многолетние травы	**6**	**5**	**14**	**1**	**8**	**6**	**8**	**7**	**5**	**10**	
Acroptilon repens	5										
Artemisia austriaca		50						1		10	**II**
Festuca valesiaca			1								**IV**
Galatella villosa	20	1			40						**III**
Galium spurium			1		1	5	1				
Galium verum								20	1		
Lamium amplexicaule			1	20		1	1	1			
Leymus ramosus			40				1	1	1		
Limonium caspium							1				
Limonium gmelinii					1						

Продолжение таблицы.

Характеристики	Опытные участки									Целина	Индикатор стадии сукцессии
	35*	**36***	**37***	**38***	**39***	**40***	**41***	**42***	**43***	**44***	
Limonium platyphyllum			5								
Linum usitatissimum			1								
Phleum phleoides			5								
Phlomis pungens										1	
Poa bulbosa	50	70	5		1	1	1		5	80	
Potentilla erecta			5								
Ranunculus auricomus								5			
Salvia aethiopis										1	
Seseli tortuosum	1								1	5	
Stipa capillata					5						**IV**
Stipa lessingiana	10		5			1	1			5	**IV**
Tanacetum achilleifolium		5	50		5	1		1	5		**III**
Tanacetum vulgare										5	
Taraxacum officinalis	5	1	1		1	5	1	5		5	
Trachomitum scabrum							1				
Tulipa biebersteiniana			1							5	
Tulipa gesneriana										5	
Tulipa sp.					1						
Verbascum phoeniceum			1								
Двулетники	**нет**	**нет**	**2**	**нет**	**нет**	**1**	**1**	**1**	**нет**	**нет**	
Scorzonera cana			5				1	1			
Tragopogon dubius			1			1					
Однолетники	**3**	**8**	**9**	**8**	**7**	**7**	**6**	**8**	**12**	**5**	
Adonis aestivalis			1								
Alissum desertorum		1								1	
Anisantha tectorum							1		1	5	
Arabidopsis toxophylla				1							
Atriplex sagittata	1			10	1	1			1		
Atriplex tatarica								1			
Bassia sedoides								1	1		
Camelina sylvestris			5					10			
Chorispora tenella	1	1	1	15	1	40	1	20	1		
Descurainia sophia		1	1	60	1	10	1	20	1	5	
Eremopyron triticeum	20	1			1			1	1		
Erophila verna				5							
Erysimum canescens									1		
Fumaria vaillantii			1			1		5			
Holosteum umbellatum			1								
Lappula squarosa		1		5	1	5	1		1		
Lepidium perfoliatum		1					1		1		
Lepidium ruderale		5								1	
Neslia paniculata				10	1	1					

Продолжение таблицы.

Характеристики	Опытные участки									Целина	Индикатор стадии сукцессии
	35*	**36***	**37***	**38***	**39***	**40***	**41***	**42***	**43***	**44***	
Nonea lutea			1								
Polygonum aviculare			5						1		
Polygonum patulum										1	
Polygonum sp.									1		
Serratula erucifolia			1								
Ceratocephala testiculata		1	1	5	1	1	1	1	1		
Лишайник	**нет**	**нет**	**нет**	**нет**	**нет**	**нет**	**нет**	**нет**	**нет**	**1**	
Leucanora esculenta										15	
Стадия сукцессии	**IV**	**IV**	**IV**	**II**	**IV**	**IV**	**IV**	**III**	**V**	**V**	**II, III, IV, V**

Примечания к таблице: * – растительные сообщества: 35 – *Poa bulbosa-Artemisia santonica+Galatella villosa* с участием *Stipa lessingiana*, 36 – *Poa bulbosa+Artemisia austriaca+A. santonica+A. pauciflora* с участием *Tanacetum achilleifolium*, 37 – *Pyrus communis-Ribes aureum-Tanacetum achilleifolium+Leymus ramosus* с участием *Stipa lessingiana*, 38 – *Descurainia sophia+Lamium amplexicaule+Artemisia santonica*, 39 – *Galatella villosa-Ulmus pumila+Pyrus communis* с участием *Tanacetum achilleifolium, Stipa capillata*, 40 – *Chorispora tenella+Descurainia sophia* с участием *Tanacetum achilleifolium, Stipa lessingiana*, 41 – *Mixteherbosa-Pyrus communis* с участием *Stipa lessingiana*, 42 – *Chorispora tenella+Descurainia sophia+Artemisia lerchiana+Galium verum* с участием *Pyrus communis, Ulmus laevis*, 43 – *Tanacetum achilleifolium+Artemisia santonica+A. pauciflora*, 44 – *Poa bulbosa+Artemisia austriaca+Kochia prostrata*; для деревьев и кустарников приведено количество экземпляров на 100 м^2, для травяных растений – проективное покрытие в %. Почвы: АГс – агроземы солонцовые[3], СН – солонцы.

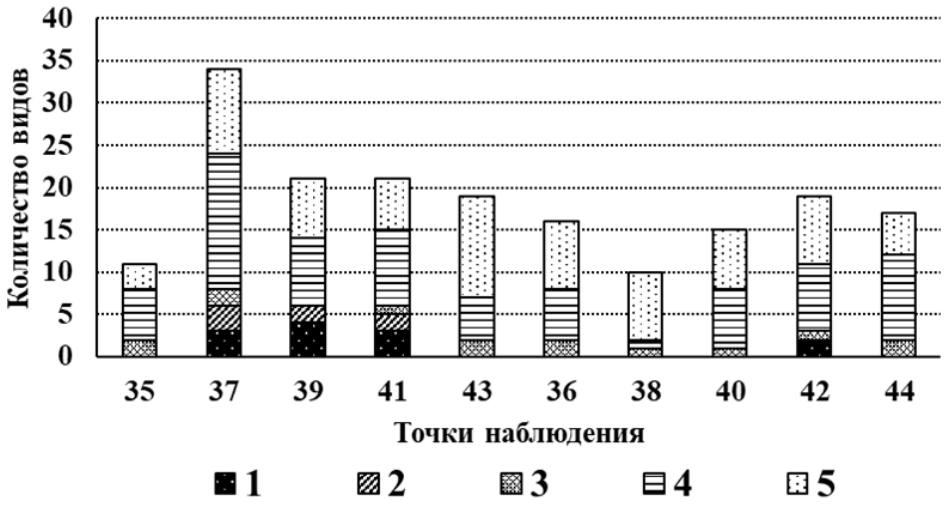


Рис. 3. Структура современного видового богатства растительных сообществ на исследуемых участках. *Условные обозначения*: 1 – древесные виды, 2 – кустарники, 3 – полукустарнички, 4 – многолетние травы, 5 – однолетние травы. Пояснение к точкам и участкам в подписи к рисунку 2.

Учитывая последовательность смен видов-индикаторов мы, на основании их представленности в растительных сообществах (табл.), оценили направление и стадию сукцессии, характерную для каждого из них. Оказалось, что растительность большинства участков за постмелиоративный период

[3] АГс – агроземы солонцовые – почвы, не имеющие аналогов в природе по морфологическим и физико-химическим свойствам, образовавшиеся из мелких и средних сильно засоленных солончаковых солонцов в результате комплексной мелиорации (распашка + орошение).

прошла большой путь в направлении восстановления коренных сообществ зонального типа и в настоящее время находится на 4 стадии, индикаторами которой являются вселение видов полыней и дерновинных злаков.

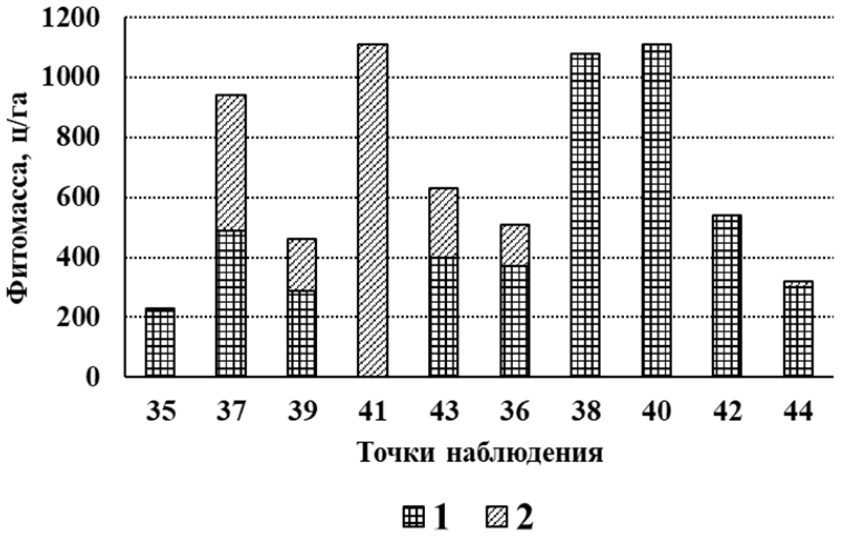


Рис. 4. Надземная фитомасса травяного яруса растительных сообществ на мелиорированных участках. *Условные обозначения*: 1 – разнотравье, 2 – злаки.

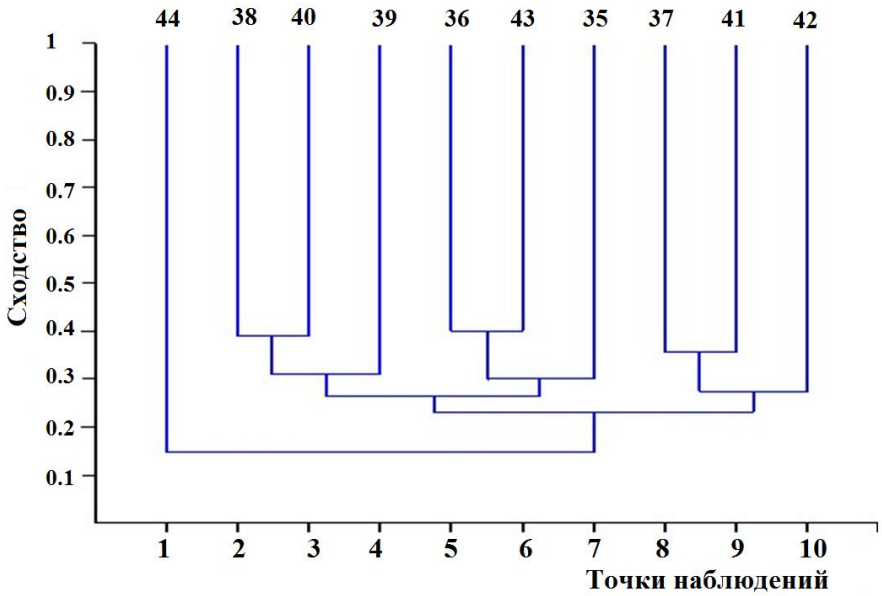


Рис. 5. Дендрограмма сходства видового состава растительных сообществ, сформированных на участках, испытавших воздействие (точки 35-43), и целинных землях (точка 44).

Подтверждением предложенной Р.Р. Джаповой стадийности восстановительной сукцессии может служить растительное сообщество *Artemisia lerchiana+Galium verum+Chorispora tenella+Descurainia sophia* с участием *Pyrus communis, Ulmus laevis,* сформировавшееся на участке, ранее используемом под пашню (точка 42). Здесь в небольшом количестве сохраняются виды-индикаторы первых трех стадий: бассия, характерная для начальной бурьянистой стадии сукцессии, полынь сантонинная, индикатор второй стадии сукцессии. В то же время сукцессия продвинулась далее и в растительном сообществе на этом участке с небольшим обилием встречены полынь Лерха, ромашник, что позволяет отнести динамическое состояние этого участка к началу III стадии. Структура сообщества

все еще имеет бурьянистый характер и преобладают в нем однолетние сорные виды-эфемеры: хориспора и дескурайния. Со временем можно ожидать либо стабилизацию видового состава сообщества на этой стадии, увеличение роли многолетних видов, либо продвижение далее, внедрение ковылей и переход к следующей стадии развития. Вселение самосева древесных видов сближает видовой состав этого сообщества с более продвинутыми в сукцессионном развитии сообществами участков бывшего дендрария (41 – *Mixteherbosa-Pyrus communis* с участием *Stipa lessingiana*) и лесопосадок (37 – *Pyrus communis-Ribes aureum-Tanacetum achilleifolium+Leymus ramosus* с участием *S. lessingiana*), находящимся в начале IV стадии из-за присутствия *S. lessingiana*. Это предпоследняя стадия перед формированием заключительного квазиклимаксного сообщества, характерного для светлокаштановых почв. Иными словами, можно считать, что сукцессионный процесс в рассмотренных сообществах идет по пути, характерному для формирования растительности светлокаштановых почв, а и гидромелиорация способствовала улучшению устойчивых свойств почв, поддерживающих более высокие хозяйственные характеристики растительности, нежели исходные на солонцах. В настоящее время эти сообщества по видовому богатству и величине надземной фитомассы близки или превышают аналогичные показатели целинных на солонцах (рис. 3, 4). По аналогичному пути развиваются сообщества на других участках бывшей пашни (точка 40) и лесопосадок (точка 39), в их составе уже присутствуют ковыли (*Stipa capillata, S. lessingiana*), что позволяет отнести эти сообщества к началу IV стадии сукцессии.

Сообщество *Descurainia sophia+Lamium amplexicaule+Artemisia santonica* (точка 38) находится на самой низкой (II) стадии сукцессии среди ранее мелиорированных. Здесь сообщество имеет зарослевый характер, господствуют однолетние виды-эфемеры, полынь сантонная принимает участие с небольшим обилием. На этом участке самое низкое видовое богатство (только 10 видов) и низкая надземная фитомасса.

Современное растительное сообщество на участке, ранее занятом садом с поливом (36 – *Poa bulbosa+Artemisia austriaca+A. santonica+A. pauciflora* с участием *Tanacetum achilleifolium*) находится на IV стадии. Оно наиболее близко по видовому составу залежного неорошаемой пашни (43 – *Tanacetum achilleifolium+Artemisia santonica+A. pauciflora*) и развивается в ином направлении, к формированию квазикоренного сообщества, характерного для солонцов с доминированием черной полыни. Как видим, развитие растительной сукцессии в этом направлении приводит к тому, что видовое богатство и надземная фитомасса в этом сообществе ниже, чем на целине.

Выводы

Длительное антропогенное воздействие (глубокая мелиоративная вспашка, лесоразведение, возделывание сельскохозяйственных и садовых культур с применением орошения), вызвали существенные изменения свойств солонцовых почв Приергенинской равнины, которые сохраняются и по истечении длительного (более 27 лет) постирригационного периода. По сравнению с естественной растительностью, развитой на целинных солонцах, растительный покров, сформировавшийся на мелиорированных землях, имеет большее видовое разнообразие и большую надземную фитомассу трав. На участках, где сохраняются древесные лесокультуры, видовой состав современных растительных сообществ богаче, а надземная фитомасса травяного яруса ниже, чем на землях, используемых под пашню, где фитомасса формируется преимущественно однолетними видами растений-эфемеров. Запасы надземной фитомассы имеют высокую тесноту связи ($r=0.84$) с глубиной рассоления почв.

Древесные виды выпали или сохраняются в усохшем состоянии. На образовавшиеся выпады распространились виды местной флоры, характерные для солонцового комплекса: грудница шерстистая (*Galatella villosa*), кермек каспийский и Гмелина (*Limonium caspium, L. gmelini*), типчак (*Festuca valesiaca*).

Растительные сообщества на залежи отличаются более высокой густотой и видовым богатством, чем на целинных солонцах, преобладают однолетние виды-эфемеры. На бывших лесопосадках более успешно, чем на бывшей пашне идет зарастание полынями Лерха и сантонинной.

Видовой состав и структура современного растительного покрова на мелиорированных землях свидетельствуют о том, что в травяном покрове развивается восстановительная сукцессия. Динамическое состояние большей части растительных сообществ может быть отнесено к началу 4

стадии, предшествующей субклимаксовому состоянию, т.к. в растительных сообществах принимают участие виды – доминанты и субдоминанты естественных сообществ, характерных для каштановых почв: полынь Лерха (*Artemisia lerchiana*), грудница (*Galatella villosa*), ромашник (*Tanacetum ahilleifolium*), ковылок (*Stipa lessingiana*), но в настоящее время обилие их низкое, распределение видов неравномерное.

Использование этих земель в качестве пастбищ возможно, но они в кормовом отношении менее ценные, чем целинные, а использование под пашню без полива невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Борликов Г.М. 2001. Природное районирование Российского Прикаспия и перспективы его освоения // Эколого-географический Вестник Юга России. № 3-4. С. 33-41.

Власов С.И., Зайцев Н.М. 1950. Защитные лесонасаждения в орошаемых условиях Прикаспийской низменности // Полезащитное лесоразведение на Ергенях и Прикаспийской низменности. Труды института леса. Т. XLII. М.: Изд-во АН СССР. С. 99-131.

Джапова Р.Р. 2007. Динамика растительного покрова Ергенинской возвышенности и Пркаспийской низменности в пределах республики Калмыкия. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Москва: МГУ, Биологический факультет. 47 с.

Зайцев А.М. 1955. Почвы четвертого опытного орошаемого участка // Почвенный и растительный покров Аршань-Зельменского стационара. Труды института леса. Т. XXVIII. М.: Изд-во АН СССР. С. 177-197.

Зайцев Н.М. 1961. Водный и солевой режим солонцовых почв под орошаемыми лесными насаждениями // Почвенно-мелиоративные условия Ергеней и Северо-Западной части Прикаспийской низменности. М.: Изд-во АН СССР. С. 139-163.

Зайцев Н.М. 1972. Изменение солевого профиля солонцового комплекса под орошаемыми лесонасаждениями // Защитное лесоразведение на комплексах светло-каштановых почвы и солонцов Калмыкии. М.: Изд-во АН СССР. С. 25-80.

Классификация и диагностика почв СССР. 1977. М.: Колос. 223 с.

Конюшкова М.В., Новикова А.Ф., Новикова Н.М. 2011. Устойчивые изменения солонцового комплекса под влиянием лесомелиоративного воздействия // Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России. Материалы международной конференции. Ростов-на-Дону, 27-30 сентября 2011 г. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН. С. 204-207.

Новикова А.Ф., Конюшкова М.В., Контобойцева А.А.. 2011. Изменения свойств солонцов Приергенинской равнины Калмыкии в условиях лесомелиорации в результате длительного антропогенного воздействия // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 69. С. 87-99.

Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в Республике Калмыкия. 1995 / Ред. Э.Б. Габунщина. Элиста: Джангар. 188 с.

Нижнее Поволжье (физико-географическое описание). 1948 / Ред. А.А. Григорьев, Г.Д. Рихтер. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 135 с.

Новикова А.Ф., Габченко М.В., Беспалов В.П. 2009. Изменение почв солонцовых комплексов Ергеней в результате длительного антропогенного воздействия // Почвоведение. № 4. С. 391-402.

Новикова А.Ф., Конюшкова М.В., Новикова Н.М., Климанов А.В., Вышивкин А.А. 2010. Засоление почв солонцовых комплексов северной Калмыкии // Аридные экосистемы. Т. 16. № 1 (41). С. 46-56.

Новикова Н.М., Новикова А.Ф., Конюшкова М.В. 2012. Антропогенная трансформация почв и растительности в результате лесоразведения в опустыненных степях // Поволжский экологический журнал. № 2. С. 216-230.

Пак К.П. 1958. Мелиорация солонцов Прикаспийской низменности в условиях орошения и культуры многолетних трав // Вопросы мелиорации солонцов. М.: Изд-во АН СССР. С. 43-70.

Поляков Ю.А., Антипов-Каратаев И.М. 1955. Природные условия района деятельности Аршань-Зельменского стационара // Труды института леса. Т. XXVIII. М.: Изд-во АН СССР. С. 5-54.

Уланова С.С. 2014. Экологическая паспортизация искусственных водоемов Кумо-Манычской впадины в пределах Республики Калмыкия. Элиста: Джангар. 180 с.

Уланова С.С., Новикова Н.М. 2017. Экологическое состояние искусственных водоемов Калмыкии, оцененное по показателю химического загрязнения ПХЗ-10 // Вода: химия и экология. Т. 4. С. 10-21.

Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. С.-Пб.: Мир и семья-95. 992 с.

Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. 2004. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 341 с.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 3 (76), с. 81-88

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

УДК 574.58(282.247.431.2)

ПЛАНКТОННЫЕ И ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА В СОЛЕНЫХ РЕКАХ БАССЕЙНА ОЗ. ЭЛЬТОН: СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ[1]

© 2018 г. Т.Д. Зинченко*, В.К. Шитиков*, Л.В. Головатюк*, В.А. Гусаков, В.И. Лазарева****

**Институт экологии Волжского бассейна РАН*
Россия, 445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10
***Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН*
Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок. E-mail: zinchenko.tdz@yandex.ru

Поступила 30.01.2018

Представлены результаты комплексных гидролого-гидрохимических и гидробиологических исследований 5 соленых рек аридного региона Приэльтонья. Установлено, что при взаимодействии планктонных и донных сообществ, а именно макрозообентоса, мейобентоса и зоопланктона, в видовой композиции сообществ имеется высокая доля смешанных, а по генезису «взаимопроникающих» экологических группировок. Планктонные и донные сообщества хорошо коррелируют между собой, что свидетельствует о тесной связи между ними, которая обусловлена биотическими взаимодействиями и согласованной реакцией на изменение факторов водной среды. Изучение структуры сообществ в условиях динамически неравновесной экосистемы высокоминерализованных рек выполняли с использованием современных методов статистического анализа: многомерная ординация и кластеризация, построение иерархических деревьев и моделей видового разнообразия, выделение индикаторных видов процедурой TWINSPAN, пространственная корреляция Мантеля и т.д. Полученные результаты позволяют рассматривать планктонные и донные сообщества соленых рек как своеобразные консорциумы, структурные единицы экосистемы рек.

Ключевые слова: соленые реки, зоопланктон, макрозообентос, мейобентос, структура сообществ, методы статистического анализа.

DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00028

Соленые реки бассейна гипергалинного озера Эльтон (49° 07' 30" с.ш., 46° 30' 40" в.д., Волгоградская область, аридная зона опустыненных степей) представляют интерес в первую очередь выраженным градиентом солености и изменчивым гидрологическим режимом (Zinchenko et al., 2017). Характерной особенностью лотических систем Приэльтонья является их нестационарность, обусловленная глобальными и региональными климатическими колебаниями, включая антропогенное воздействие. В разных участках рек при низкой скорости течения, малой глубине и высоком трофическом статусе вод создаются и поддерживаются весьма специфические условия для жизни гидробионтов. Это наиболее продуктивные зоны, являющиеся местами откорма большого скопления пролетных и перелетных птиц (Zinchenko et al., 2014). Контактные зоны «река – гипергалинное озеро» относятся к динамически неравновесным системам с постоянно меняющимися и часто непредсказуемыми абиотическими условиями (сгонно-нагонные перемещения соленых водных масс из озера в устьевые участки рек; поверхностные и низовые затоки соленой воды). В условиях стохастической флуктуации климатических, гидролого-гидрохимических и гидрофизических факторов отмечаются межгодовые и многолетние изменения таксономической структуры сообществ (Zinchenko et al., 2017).

В мелководных соленых реках, как и в соленых озерах, обычно нет четкого разграничения планктонных и донных сообществ: их массовые виды встречаются как на дне, так и в толще воды

[1] Работа выполнена по теме НИР «Оценка современного биоразнообразия и прогноз его изменения для экосистем Волжского бассейна в условиях их природной и антропогенной трансформации» и при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 17-04-00135.

(Ануфриева, Шадрин, 2012; Лазарева, 2017; Kolesnikova et al., 2008; Spaccesi et al., 2009). В связи с этим изучение совместного пространственного распределения этих сообществ на сходных биотопах в условиях меняющихся абиотических факторов может служить важной основой для анализа общих вопросов структурной организации водных экосистем.

Сообщества планктона, мейобентоса и макрозообентоса уникальной экосистемы бассейна гипергалинного оз. Эльтон остаются мало изученными экологическими комплексами, формирующимися под влиянием солевого градиента и вариабельности среды обитания. Мелководные местообитания соленых рек можно рассматривать как динамические совокупности макро- и микробиотопов, биота которых интерферирует в сопряженные области по всей иерархии пространственных масштабов (Abood, Metzger, 1996). При этом организмы макрозообентоса, мейобентоса и планктона хорошо адаптированы к изменяющимся условиям, что подтверждается богатством видового состава, их обилием и структурным разнообразием планктонных и донных сообществ (Лазарева, 2017; Лазарева и др., 2013; Зинченко и др., 2017).). В результате каждый участок реки характеризуется разнообразием структурных вариантов этих сообществ, что ставит задачу анализа механизмов их совместного распределения и функционирования.

В ходе исследований нами изучались механизмы перестройки таксономической структуры ценозов, оценивались пределы толерантности отдельных видов и потенциал биологических процессов, направленных на адаптацию к лимитирующим природным факторам, что вызывает интерес в силу специфических особенностей аридных водных экосистем (Zinchenko et al., 2014). При этом мы рассматриваем сообщества в условиях, где роль факторов среды, влияющих на структурную организацию сообществ весьма значительна, а межвидовые взаимодействия неочевидны.

Цель работы – проведение сравнительного анализа изменения таксономической структуры донных и планктонных сообществ соленых рек бассейна гипергалинного озера Эльтон в условиях экстремальных факторов среды на основе использования разных методов многомерного статистического анализа.

Материал и методы

Исходный материал получен по результатам многолетней гидробиологической съемки макрозообентоса, мейобентоса и зоопланктона на 5 соленых реках (Хара, Большая Самородка, Чернавка, Ланцуг, Солянка) бассейна оз. Эльтон, имеющих значительный градиент минерализации (от 6 до 41.1 г/л и выше). Схема станций, методы отбора проб гидробионтов и камеральная обработка собранного материала приведены ранее (Зинченко, Головатюк, 2010; Гусаков и др., 2012; Лазарева, 2017). Одновременно проводилось измерение гидрофизических показателей и гидрохимический анализ проб воды, в том числе, температура, минерализация, pH, содержание взвешенных веществ, хлорофилла «а», растворенного кислорода, концентрации катионов, анионов и биогенных элементов (Zinchenko et al., 2017). Для проведения многомерного статистического анализа за период одновременной гидробиологической съемки в августе 2013 года была сформирована матрица 15x88 численностей T (экз./м^2) отдельных таксономических групп на 15 станциях 5 соленых рек, в том числе 28 видов зоопланктона, 24 вида макрозообентоса и 36 видов мейобентоса. Значения матриц трансформировались в единую интервальную шкалу и на основе преобразованных данных рассчитывались симметричные 15x15 матрицы дистанций D, состоящие из коэффициентов расстояния Брея-Кёртиса (Bray-Curtis), как между композициями видов планктонных и донных сообществ, так и общей совокупностью видов.

При статистическом анализе акцент делался на решении следующих задач:

а) проверка нулевой гипотезы о независимости функционирования сообществ с использованием метода матричной корреляции Мантеля (Mantel);

б) анализ профилей трех компонент α, γ и β видового разнообразия ^qD в зависимости от порядка чисел q Хилла для трех сравниваемых сообществ (De'ath, 2012);

в) кластерный анализ биотопов с использованием иерархической классификации (average linkage) и метода нечетких k-средних (fuzzy k-means);

г) выделение индикаторных видов при RQ-диагонализации исходной матрицы T оптимизационной процедурой TWINSPAN (Two-Way INdicator SPecies ANalysis);

д) ординация видов и биотопов для нахождения целенаправленного графического

упорядочивания таксонов планктонных и донных сообществ в пространстве факторов среды на основе канонического анализа соответствий (CCA, canonical correspondence analysis) и метода неметрического многомерного шкалирования (NMDS, nonmetric multidimensional scaling);

е) выделение приоритетных физических и химических факторов, определяющих трансформацию сообществ гидробионтов, на основе моделей деревьев классификации с многомерным откликом (MRT, Multivariate Regression Trees).

Расчеты выполнялись с использованием пакетов статистической среды R (версия 3.02). Краткое описание и библиографические первоисточники по всем перечисленным методам, а также примеры скриптов для проведения расчетов представлены в публикациях (Шитиков и др., 2012; Шитиков, Розенберг, 2014; Legendre, Legendre, 2012).

Результаты исследования

Анализ биотопической приуроченности гидробионтов планктона указывает, что большинство видов относится к бентопланктону и связано трофическими отношениями с субстратом (Крылов, 2005). Виды, наиболее характерные для отдельных участков рек, и частота их встречаемости на станциях отбора проб представлены в таблице ниже. Эупланктонные таксоны составляли 20% форм и были представлены копеподами и коловратками; бентопланктон представлен 45% таксонов, где эвритопные формы и виды меропланктона составляли 15% фауны. Отметим, что во всех реках таксоны Harpacticoida и Ostracoda преобладали в сборах мейобентоса, характеризуя его как эумейобентос или бентопланктон. По обилию в зоопланктоне полигалинных рек (рр. Солянка, Чернавка) доминировали эвритопные виды (>50% общей численности), тогда как в мезогалинных (рр. Хара, Ланцуг и Большая Самарода) – бентопланктон или эвпланктон (Лазарева, 2017). Такие галофильные виды макрозообентоса, как личинки двукрылых *Cricotopus salinophilus* (Zinchenko, Makarchenko et Makarchenko, 2009), *Chironomus aprilinus* (Meigen, 1838), *Ch. salinarius* (Kieffer 1915), *Microchironomus deribae* (Freeman, 1957), *Palpomyia schmidti* (Freeman, 1957) и др., характерны одновременно для сообществ зоопланктона и мейобентоса.

Таблица. Виды, характерные для сообществ зоопланктона (ZP), мейобентоса (MB) и макрозообентоса (ZB), с учетом группировки станций соленых рек бассейна оз. Эльтон по ключевым гидрохимическим показателям.

Сообщества	Вид, река, станции, факторы	Встречаемость, %	IndVal	*p*-значение
Группа 1: р. Хара – ст. 4, 5, 6 Содержание O_2<153.5%; содержание Mn>0.23 мг/л; минерализация <18.7 г/л				
MB	***Oncholaimus rivalis***	20	**0.750**	**0.069**
ZP, MB	***Brachionus calyciflorus***	80	**0.750**	**0.051**
ZP, MB	***Acanthocyclops americanus***	33	**0.750**	**0.009**
MB,ZB	*Glyptotendipes salinus*	13	0.500	0.146
ZB	*Chironomus plumosus*	13	0.500	0.154
MB ZP, ZB	*Chironomus aprilinus*	13	0.250	1
ZB, MB	*Nais elinguis*	20	0.250	1
Группа 2: р. Солянка – ст. 10; р. Чернавка – ст. 16 O_2<153.5%; Mn>0.23 мг/л; минерализация>18.7 г/л				
ZP, MB ZB	***Palpomyia schmidti***	27	**0.667**	**0.046**
ZB	*Berosus fulvus*	7	0.500	0.269
MB, ZB	*Culicoides riethi*	47	**0.486**	**0.089**
Группа 3: р. Ланцуг – ст. 8; р. Большая Самарода – ст. 14, 15 O_2<153.5%; Mn<0.23 мг/л; минерализация <19.4 г/л				
MB	***Heterocypris salina***	20	**1.000**	**0.003**
ZB	***Sphaeromias sp.***	13	**0.667**	**0.048**
ZB	***Limnodrilus profundicola***	13	**0.667**	**0.06**

Продолжение таблицы.

Сообщества	Вид, река, станции, факторы	Встречаемость, %	IndVal	*p*-значение
ZP, MB	***Eucyclops serrulatus***	13	**0.667**	**0.049**
ZP,MB	***Cletocamptus confluens*?**	20	**0.667**	**0.046**
ZP, MB ZB	***Sigara lateralis***	13	**0.667**	**0.05**
ZB	***Gammarus lacustris***	27	**0.620**	**0.085**
MB	***Candona* spp.**	20	**0.580**	**0.091**
ZB, ZP	*Paracorixa concinna*	13	0.333	0.468
ZB	*Limnodrilus udekemianus*	13	0.333	0.455
ZP	*Ceriodaphnia reticulata*	7	0.333	0.462
Группа 4: р. Ланцуг – ст. 9; р. Хара – ст. 7 O_2>153.5%; минерализация <18.7 г/л				
MB, ZP	***Cletocamptus retrogressus***	53	**0.621**	**0.011**
ZB, ZP,MB	***Chironomus salinarius***	33	**0.593**	**0.067**
ZP	***Cletocamptus retrogressu*s**	20	**0.545**	**0.097**
ZP	*Diacyclops bisetosus*	7	0.500	0.283
ZP	*Arctodiaptomus* (*Rh.*) *salinus*	7	0.500	0.283
MB	*Monhystrella parvella*	80	0.314	0.482
MB, ZP	*Megacyclops viridis*	20	0.300	0.58
Группа 5: р. Солянка – ст. 2, 3; р. Чернавка – ст. 1, 2 O_2>153.5%; минерализация >19.4 г/л				
ZB, ZP,MB	***Palpomyia* sp.**	53	**0.667**	**0.011**
ZP, MB	***Apocyclops dengizicus***	40	**0.556**	**0.072**
MB, ZP	***Cyprideis torosa* var. *littoralis***	67	**0.552**	**0.006**
ZP, MB, ZB	*Ephydra* sp.	27	0.500	0.156
MB, ZB, ZP	*Cricotopus salinophilus*	67	0.447	0.143

Примечание к таблице: IndVal – индикаторный индекс (Legendre, Legendre, 2012). Жирным шрифтом отмечены статистически значимые индикаторные виды при α=0.1.

Для сравнительного анализа видового разнообразия ^{q}D рассчитаны профили зависимости трех компонентов разнообразия α, β и γ от порядка чисел Хилла q (рис. 1). Очевидно, что общая изменчивость видовой структуры сообществ между биотопами, оцениваемая по β- и γ-разнообразию, уменьшается в ряду «макрозообентос» – «зоопланктон» – «мейобентос» на всех уровнях q. Это означает, что таксономический состав макрозообентоса более чувствителен по отношению к условиям среды, чем другие сообщества, а также имеет значительно более широкий набор видов, которые при определенных условиях оказываются ведущими (доминирующими). Последний вывод подтвержден построением ранговых моделей доминирования/разнообразия (Шитиков и др., 2012).

Таксономические структуры планктонных и донных сообществ достаточно хорошо коррелируют между собой, что свидетельствует о тесной связи между ними. С использованием матричного корреляционного анализа Мантеля (рис. 2) была подтверждена гипотеза о существовании прямых или косвенных связей между сообществами гидробионтов (макрозообентоса, мейобентоса и зоопланктона), которые обусловлены как их взаимно согласованной реакцией на изменение абиотических факторов, так и перекрестными межвидовыми взаимодействиями: R_m=0.56/0.68, $p<0.05$. Степень взаимосвязи между видовой структурой сообществ и комплексом гидрохимических показателей, представленным матрицей стандартизованных евклидовых расстояний, оказалась несколько ниже: R_m=0.39/0.44, $p<0.05$. Разность между коэффициентами матричной корреляции R_m

можно отнести за счет различных биотических отношений между сообществами и, в первую очередь, взаимной трофической согласованности видов.

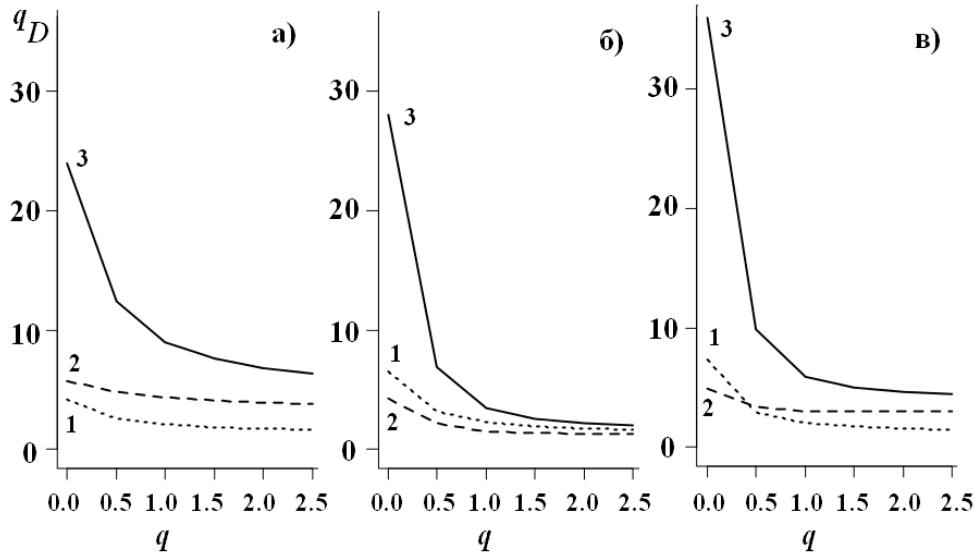


Рис. 1. Кривые зависимости компонент α – (1), β – (2) и γ – (3) видового разнообразия ^{q}D от чисел Хилла q для трех сообществ гидробионтов: макрозообентоса – а), зоопланктона – б) и мейобентоса – в).

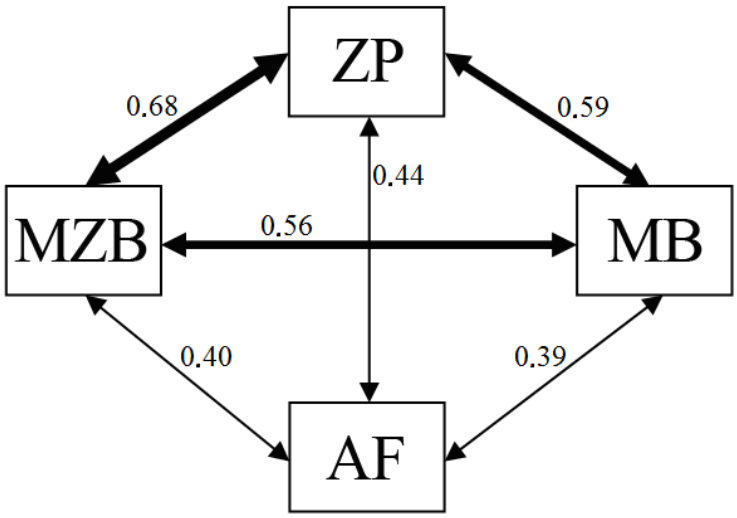


Рис. 2. Граф корреляции Мантеля между матрицами дистанций D на основе абиотических факторов (АФ) и преобразованных численностей видов макрозообентоса (МЗБ), зоопланктона (ЗП) и мейобентоса (МБ).

Поскольку между сообществами существует статистически значимая синхронность изменения видового состава, рассмотрим результаты выделения устойчивых ассоциаций таксонов, характерных для отдельных типов биотопов с внутренне однородными условиями среды. Группировка видового состава любых экологических сообществ может быть осуществлена на основе двух различных подходов: (а) кластеризация без учета факторов среды, ориентирующаяся лишь на состав видов, обнаруженных в каждом местообитании, либо (б) группировка местообитаний на основании факторов среды по мере близости векторов гидрохимических показателей в евклидовом пространстве, после чего выделяются подмножества видов, встречающихся в каждом кластере.

В идеальном случае обе версии группировки должны совпасть, что практически имело место в проведенном нами анализе: оба метода кластеризации и непрямая TWINSPAN-ординация привели к качественно идентичному результату, что и дерево MRT. Результат совместного разбиения местообитаний и анализируемых сообществ на пять кластеров путем построения иерархических

деревьев представлен в таблице. Объяснение возможных причин их объединения в совместно сосуществующие группы делали на основе анализа аут- и синэкологических свойств отдельных видов (Лазарева, 2017; Зинченко и др., 2017).

Для каждого j-го вида из s=88 в таблице рассчитаны индикаторные индексы d_{jk}, равные произведению относительной частоты и относительной средней популяционной плотности этого вида для проб из k-й группы (Legendre, Legendre, 2012). Индекс индикаторной значимости $IndVal_j=max[d_{jk}]$ принимает максимальное значение (100%), если экземпляры вида j встречаются во всех пробах только одной k-й группы, а соответствующее ему величина p отражает статистическую значимость каждого вида, как индикатора различных типов сообществ или условий среды.

Прямая ординация, выполненная методом неметрического многомерного шкалирования, позволила не только уточнить группировку видов и местообитаний, но и оценить статистическую значимость влияния каждого фактора среды на трансформацию видового состава анализируемых сообществ. На рисунке 3 показано, что большинство гидрохимических показателей высоко коррелируют между собой, имеют одинаковую (или диаметрально противоположную) направленность и степень влияния. Ортогонально основному мультиколлинеарному комплексу расположены оси таких важных специфически воздействующих факторов как содержание ионов марганца, кислорода (для мейобентоса), и взвешенных веществ (для макрозообентоса).

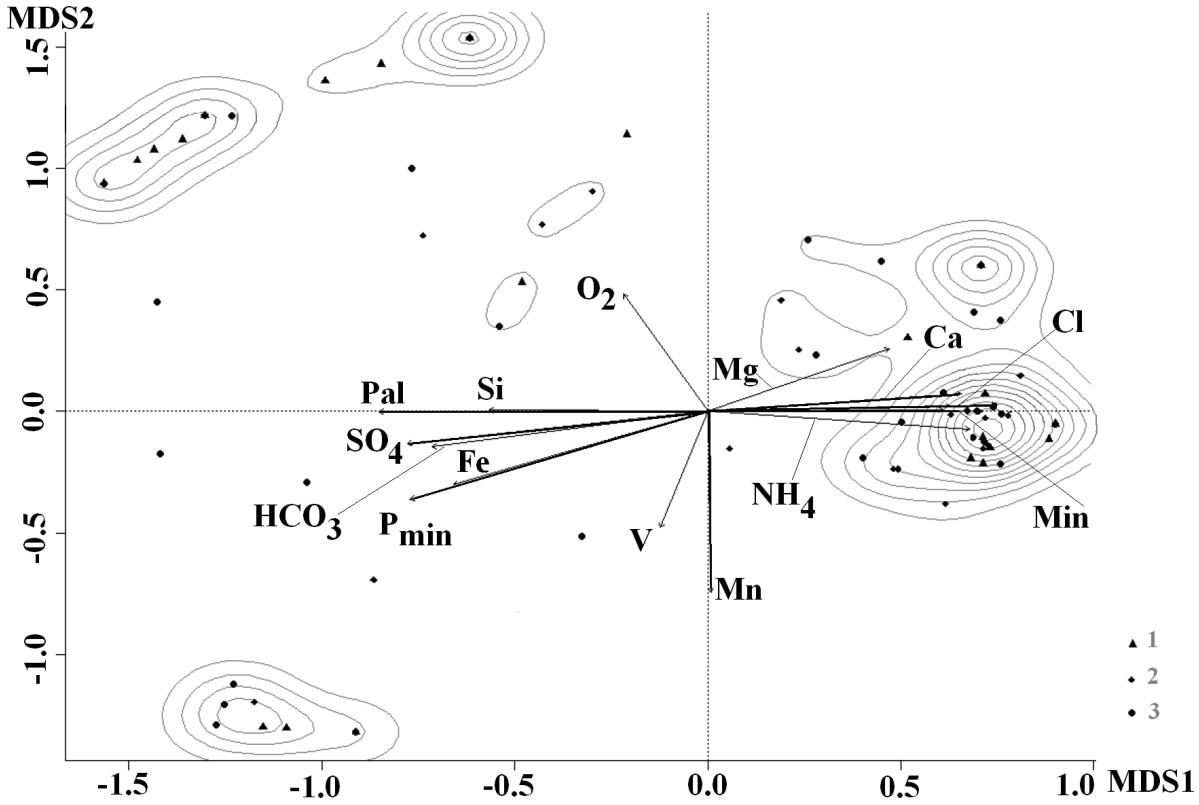


Рис. 3. Ординационная диаграмма распределения видов сообществ макрозообентоса (1), зоопланктона (2) и мейобентоса (3) по осям MDS не метрического шкалирования. *Условные обозначения*: стрелками указаны дополнительные оси ведущих факторов среды: содержание кальция (Ca), марганца (Mn), магния (Mg), железа (Fe), кремния (Si) аммонийного азота (NH_4), минерального (Pmin) и общего фосфора (Pal), растворенного кислорода (O_2), сульфатов (SO_4), хлоридов (Cl), бикарбонатов (HCO_3), взвешенных веществ (V) и общей минерализации (Min).

Обсуждение результатов исследования

Пространственная структура сообществ любых таксономических групп гидробионтов во многом зависит от воздействия гидролого-гидрохимических факторов и биотопических особенностей

различных участков рек, которые определяют общую интенсивность продукционно-энергетических процессов (Алимов и др., 2013). Однако высокая межсезонная изменчивость параметров среды, присущая соленым рекам аридных экосистем, определяет специфический характер процессов формирования и трансформации сообществ, где главными являются адаптационные возможности отдельных видов. В этих условиях структура сообществ в каждой точке пространства определяется не столько межвидовыми взаимодействиями (мутуализм, комменсализм, конкуренция), а большей частью взаимно согласованной реакцией на стохастические, а часто и экстремальные уровни воздействия. При сосуществовании групп разноразмерных организмов мейо-, макробентоса и зоопланктона соблюдается принцип комплементарности экологических ниш (Столяров, Бурковский, 2008). Немногочисленные работы, освещающие разные аспекты организации сообществ соленых рек, как правило, функционально не аналогичны району Приэльтонья, поскольку даже таксономический спектр организмов различен в соленых реках аридных регионов мира, что не позволяет нам провести даже приближенный сравнительный аспект проблемы (Spaccesi et al., 2009).

Проведенные исследования позволяют утверждать, что пространственная структура (мозаика) сообществ зоопланктона, макро- и мейобентоса совпадают: в пределах одного биотопа границы и площадь, занятая их таксоценами перекрываются или находятся в состоянии флуктуирующего равновесия. Общей закономерностью является для всех рек снижение таксономического разнообразия зоопланктона, мейобентоса и макрозообентоса в условиях высокой трофности и продуктивности соленых вод при сохранении высокой численности гидробионтов (Лазарева, 2017; Zinchenko et al., 2017). При этом наибольшую устойчивость к критическим факторам среды проявляют нематоды, цератопогониды и хирономиды.

Понятия устойчивости и равновесия в экологии связаны с метафорой «экологического баланса», которая основана на идее, что природные компоненты стремятся скомпенсировать влияние различных внешних возмущений, что выражается в регулярных флуктуациях отдельных популяций и видового состава в целом (Cuddington, 2001). Эта метафора играет фундаментальную роль для понимания «динамического равновесия» сообществ высокоминерализованных вод аридных регионов. По-видимому, высокая изменчивость и/или непредсказуемые режимы, характерные для соленых рек приводят к такому состоянию гиперэвтрофной системы, в которой абиотические процессы являются главными факторами, определяющими структуру сообществ лотической системы. Возможно, что способность к консорциативным связям является доминирующим фактором формирования структуры сообществ в высокоминерализованных реках.

Заключение

Изучение структуры сообществ в условиях флуктуирующей среды системы высокоминерализованных рек на основе использования разных методов многомерного анализа позволяет рассматривать ассоциировано связанные планктонные и донные сообщества как своеобразный *консорциум, представляющий структурную единицу гидроэкосистемы соленых рек*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. 2013. Продукционная гидробиология. С-Пб.: Наука. 342 с.

Ануфриева Е. В., Шадрин Н.В. 2012. Разнообразие ракообразных в гиперсоленом озере Херсонесское (Крым) // Экосистемы, их оптимизация и охрана. Вып. 7. С. 55-61.

Гусаков В.А., Гагарин В.Г. 2012. Состав и структура мейобентоса высокоминерализованных притоков озера Эльтон // Аридные экосистемы. Т. 18. № 4 (53). С. 45-54.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2010. Биоразнообразие и структура сообществ макрозообентоса соленых рек аридной зоны юга России (Приэльтонье) // Аридные экосистемы. Т. 16. № 3 (43). С. 25-33.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Абросимова Э.В., Попченко Т.В., Никуленко Т.Д. 2017. Изменения сообществ макрозообентоса при градиенте минерализации в реках бассейна гипергалинного оз. Эльтон (2006-2013 гг.) // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 19. № 5. С. 140-156.

Крылов А.В. 2005. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука. 263 с.

Лазарева В.И., Гусаков В.А., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2013. Зоопланктон соленых рек аридной зоны юга России (бассейн оз. Эльтон) // Зоологический журнал. Т. 92. № 8. С. 882-892.

Лазарева В.И. 2017. Топическая и трофическая структура летнего зоопланктона соленых рек бассейна оз. Эльтон // Аридные экосистемы. Т. 23. №1 (70). С.72-82.

Столяров А.П., Бурковский И.В. 2009. Особенности пространственной структуры сообщества мейо- и макробентоса в Лапшагиной губе (Кандалакшский залив, Белое море) // Успехи современной биологии. Т. 129. № 1. С. 78-90.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. 2012. Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели. Тольятти: Кассандра. 257 с.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С. 2014. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R. Тольятти: Кассандра. 314 с.

Abood K.A., Metzger S.G. 1996. Comparing Impacts to Shallow-Water Habitats Through Time and Space // Estuaries. Vol. 19. P. 220-228.

Cuddington K. 2001. The "Balance of Nature" Metaphor and Equilibrium in Population Ecology // Biology and Philosophy. Vol. 16 (4). P. 463-479.

De'ath G. 2012. The Multinomial Diversity Model: Linking Shannon Diversity to Multiple Predictors // Ecology. Vol. 93. № 10. P. 2286-2296.

Kolesnikova E.A., Mazlumyan S.A., Shadrin N.V. 2008. Seasonal dynamics of meiobenthos fauna from a salt lake of the Crimea (Ukraine) // Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology. EMMM'2008. Department of Applying Geology, University of Madras, India, February 17-25, 2008. Chennai, India. P. 155-158.

Legendre P., Legendre L. 2012. Numerical Ecology. Amsterdam: Elsevier Science. BV. 1006 p.

Spaccesi F., Capi'tulo A.R. 2009. Benthic Invertebrate Assemblage in Samborombo'n River (Argentina, South America), a Brackish Plain River // Aquatic Ecology. Vol. 43. P. 1011-1022.

Zinchenko T.D., Gladyshev M.I., Makhutova O.N., Sushchik N.N., Kalachova G.S., Golovatyuk L.V. 2014. Saline Rivers Provide Arid Landscapes with a Considerable Amount of Biochemically Valuable Production of Chironomid (Diptera) Larvae // Hydrobiologia. Vol. 722. Is. 1. P. 115-128.

Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V. Abrosimova E.V., Popchenko T.V. 2017. Macrozoobenthos in Saline Rivers in the Lake Elton Basin: Spatial and Temporal Dynamics // Inland Water Biology. Vol. 10. № 4. P. 384-398.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2018, том 24, № 3 (76), с. 89-93

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 929

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПУСТЫНЬ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЛИДИИ ЯКОВЛЕВНЫ КУРОЧКИНОЙ (К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

© 2018 г. Л.А. Димеева

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

Поступила 16.01.2018

Лидия Яковлевна Курочкина – доктор биологических наук, профессор, выдающийся геоботаник, эколог, ботанико-географ, картограф Казахстана. Наибольшую известность получили труды Л.Я. Курочкиной по песчаным пустыням, пастбищам, картографированию, динамике растительности, проблемам опустынивания. Она является последователем теоретических разработок академика АН Казахстана Б.А. Быкова о доминантах растительного покрова, конассоциациях, классификации экосистем, структурно-функциональной организации растительных сообществ. Результаты ее трудов изложены в 250 статьях, 16 монографиях, многочисленных картографических материалах, составляющих достойное научное наследие Республики Казахстан. Лидия Яковлевна – постоянный автор журнала «Аридные экосистемы».
Ключевые слова: пастбища, опустынивание, динамика растительности, картографирование.
DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00029

Лидия Яковлевна Курочкина родилась 6 февраля 1928 года в Удмуртии в городе Можга. В 1936 году ее семья переехала в Крым (Албат, Ялта), а в 1941 г. – эвакуировалась в Алма-Ату, где Л.Я. Курочкина окончила школу, Казахский Педагогический иинститут им. Абая и аспирантуру в Институте ботаники АН КазССР. Ее кандидатская диссертация была подготовлена под руководством Н.И. Суворова, заведующего кафедрой ботаники КазПИ, и посвящена пастбищам пустыни Кызылкум (1953). Докторская степень присвоена за монографическую работу «Псаммофитная растительность Казахстана» (1975, 1978). Научными консультантами выступали профессор Н.И. Рубцов и академик Б.А. Быков. В основе работы лежали разноплановые исследования растительности песчаных пустынь Казахстана (Курочкина, 1960, 1962, 1966 и др.): анализ флоры, классификация растительности, динамика растительного покрова, фитогеографическое районирование, хозяйственное использование пастбищ. В дальнейшем глубокие знания о псаммофитной растительности,накопленные Лидией Яковлевной, получили свое отражение на карте растительности Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области), М 1:2500000 (1995) и в коллективной монографии «Ботаническая география Средней Азии и Казахстана» (2003).

Сфера научных интересов Лидии Яковлевны охватывает широкий круг проблем: взаимосвязь растительности с почвами, рельефом, климатом; полнота использования ресурсов окружающей среды; биоразнообразие на видовом, ценотическом и экосистемном уровнях; районирование и классификация; природная и антропогенная динамика растительности; картографирование и определение функциональной значимости растительности и экосистем и др. Научно-производственное значение имеют рекомендации по природопользованию, пастбищные кадастры, карты устойчивости, экологических ограничений и охранных мероприятий.

Л.Я. Курочкина – один из первых исследователей проблем опустынивания в Казахстане, один из

авторов «Карты антропогенного опустынивания аридных территорий СССР» (1990), участвовала в разработке Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием в Республике Казахстан (1997). Ею разработаны концептуальные основы оценки и методология составления мелкомасштабных карт опустынивания (Курочкина, Кокарев, 2007). Опыт изучения проблем опустынивания обобщен в 3 томе монографии «Республика Казахстан» (Акиянова и др., 2006) и отражен на карте в Национальном Атласе (Курочкина, Макулбекова, 2010). Итогом многолетнего труда стала монография в соавторстве с Г.Б. Макулбековой «Природно-антропогенное опустынивание растительности Казахстана», которая ожидает своего опубликования.

Лидия Яковлевна стояла у истоков мониторинга усыхания Аральского моря. Первые работы по влиянию снижения уровня Арала на ландшафты и растительность Приаралья появились в свет в 1979 году, когда проблема стала предметом изучения в рамках программы ГКНТ СССР и важно было определить задачи и перспективы исследований (Курочкина, 1979, 1981; Курочкина и др., 1979). В дальнейшем опыт многолетних экспедиционных исследований позволил провести природное районирование Приаралья (Курочкина и др., 1983б), дать рекомендации по фитомелиорации (Курочкина, Макулбекова, 1984), разработать теоретическую основу сингенеза новой суши (Курочкина, Вухрер, 1987), составить серию карт растительности разного масштаба на основе аэровизуальной съемки и прогноз изменений растительности (Курочкина и др., 1990). В 1991 г. Лидия Яковлевна приняла участие в работе Международной Аральской конференции в штате Индиана (США). Проблема Аральского моря остается приоритетной для нее и в XXI веке (Курочкина, 2007а; Курочкина, Димеева, 2008).

Лидия Яковлевна является последователем теоретических разработок академика АН КазССР Б.А. Быкова о доминантах растительного покрова (Курочкина, 2015; Курочкина, Димеева, 2016), структурно-функциональной организации растительных сообществ (Курочкина, 1990) и конассоциациях. Конассоциация стала основной классификационной единицей пространственно-временной динамики в коллективной монографии «Комплексная характеристика пастбищ пустынной зоны Казахстана» (1990). В руководстве стационарными исследованиями (1965-1990 гг.), лабораторией экологии и охраны растительности Института ботаники АН КазССР (1976-1993 гг.), Международными курсами по экологии пастбищ (ГКНТ-ЮНЕП) для слушателей стран Азии, Африки и Латинской Америки (1980-1982 гг.), деятельности по Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием проявился организаторский талант Л.Я. Курочкиной.

В Казахстане первые стационарные исследования начали в середине 60-х годов. В пустынной зоне появилось 2 геоботанических стационара – «Терескент» в Северном Приаралье и «Таукумский» в Южном Прибалхашье. Исследованиями руководили академик АН КазССР Б.А. Быков и профессор Л.Я. Курочкина. На стационарах апробировались новые методы исследований (Курочкина и др., 1982, 1983а; Курочкина, Терехов, 1985), разрабатывались основы рационального использования пастбищ (Курочкина, 1985 и др.), проводились комплексные экосистемные исследования ценопопуляций, продуктивности, микроклимата, динамики растительности, картографирования, эколого-физиологических аспектов функционирования экосистем, которые были опубликованы в коллективных монографиях (Условия …, 1973; Смены …, 1982; Эколого-физиологические …, 1987; Бижанова, Курочкина, 1989; Карибаева, Курочкина, 1991 и др.).

Колоссальный опыт был накоплен по пастбищам пустынной зоны Казахстана. Трудно переоценить вклад Лидии Яковлевны в этом направлении исследований, а публикации многочисленны (Курочкина, 1978; Курочкина, Османова, 1973; Курочкина и др., 1984, 1986 и др.).

В первые годы независимости Казахстана, в переходный период к рыночной экономике и частной собственности на землю, важное значение приобрели научно-прикладные проекты по грантам международных фондов (ПРООН/УНСО, GTZ/CCD, ГЭФ/ПРООН). Лидия Яковлевна активно взялась за разработку картографической основы сохранения пастбищ Приаралья и Прибалхашья. Ею составлены крупномасштабные карты кормовых угодий, выявлена степень опустынивания и определены нормативы пастбищного использования по сезонам, разработаны методы борьбы с опустыниванием на уровне местной сельской общины. Несомненным результатом таких проектов стали пособия для фермеров (на казахском и русском языках), где в доступной форме даются рекомендации по сохранению и управлению пастбищами (Курочкина и др., 2004а, б).

Богатый опыт изучения пастбищных экосистем оказался востребованным при выполнении проекта «Устойчивое функционирование и возможности реабилитации зональных экосистем

Северного Приаралья» (2015-2017 гг.), который продолжил традиции стационарных исследований, где Лидия Яковлевна стала разработчиком серии карт и рекомендаций по стабилизации устойчивого функционирования и нормативного природопользования.

Первые исследования по влиянию нефтегазового комплекса на растительность и экосистемы в Прикаспийском регионе начинались по проекту «Разработка карты опустынивания Тенгизского месторождения» для Гипровостокнефть (г. Куйбышев) в 1988-1989 гг. В дальнейшем решались задачи оценки устойчивости экосистем, экологических ограничений природопользования, были составлены тематические экологические карты с оценкой трансформации под воздействием нарушений и опустынивания (Курочкина и др., 2003). Материалы исследований вошли в «Каспийскую экологическую программу» (2003).

Крупнейшим достижением в деятельности по проекту ГЭФ/ПРООН «Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана» стала разработка концептуальной базы экосистемного подхода (Курочкина, 2007б) и редактирование 3-томного труда большого коллектива авторов по всесторонней оценке объектов Рамсарской конвенции: дельты реки Урал, Тениз-Коргалжынской и Алаколь-Сасыккольской озерных систем (Глобально значимые …, 2007).

Лидия Яковлевна продолжает активно публиковаться. В одной из последних статей в журнале «Аридные экосистемы» (Курочкина, 2015) поднимается вопрос об определении тенденций дестабилизации окружающей среды и риска потери биоразнобразия на уровне экосистем и зональных растительных формаций. Обсуждение продолжается в другой работе «Барьеры опустыниванию зональной растительности в аридной зоне Казахстана», опубликованной в Сборнике трудов научно-практической конференции, посвященной 20-летию журнала «Аридные экосистемы» (Курочкина, Димеева, 2016). Эти работы выполняют важную методическую роль для мониторинга процессов опустынивания. Статья по истории геоботаники в Казахстане (Курочкина, 2017) подвела итоги за период с начала XX столетия и определила перспективы фундаментальной науки.

География исследований Л.Я. Курочкиной широка: южные области Казахстана, Приаралье, Прибалхашье, Прикаспий, целинные степи, межгорные впадины, водно-болотные угодья. Результат плодотворной научной деятельности – более 250 статей и 16 авторских и коллективных монографий, методические пособия по экологии пастбищ, геоботанические карты. Кроме того, более 20 неопубликованных картографических произведений, более 55 научных отчетов, 125 оригинальных докладов и выступлений на Всесоюзных, Республиканских и Международных форумах (США, Венгрия, Китай, Германия и др.), проведение полевых семинаров-тренингов в пустынях Приаралья, Мойынкум, Таукум. Лидия Яковлевна подготовила 12 кандидатов и 2-х докторов наук.

Общественная деятельность Лидии Яковлевны была связана с участием во Всесоюзных Научных Советах АН СССР (Москва, Ленинград, Ашхабад), в редколлегиях журналов «Проблемы освоения пустынь», «Известия АН КазССР», в секретариатах Всесоюзного ботанического общества, Всесоюзного географического общества, Международной биологической программы, Программы ЮНЕСКО/МАБ «Человек и биосфера». После ратификации Казахстаном глобальных экологических конвенций Л.Я. Курочкина участвовала в разработке «Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием в Республике Казахстан» (1997), «Национальной стратегии и плана действий по сохранению и сбалансированному использованию биоразнообразия Республики Казахстан» (1999). Лидия Яковлевна является международным экспертом ООН по опустыниванию. Имеет правительственные награды: две медали «За трудовую доблесть», «Ударник IX, X, XI пятилеток», медали ВДНХ СССР и КазССР, многочисленные Почетные грамоты, в том числе от министра МОН РК Е.К. Сагадиева за вклад в науку Казахстана в 2017 году.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акиянова Ф.Ж., Искаков Н.А., Кунаев М.С., Курочкина Л.Я., Медеу А.Р., Фаизов К.Ш., Чигаркин А.В., Аскарова М.А., Бекниязов Б.К., Долгих С.А., Макулбекова Г.Б., Муратова Н.Р., Омарбекова А.С., Карашбай А.А., Темирбаева Р.К., Абитбаева А.Д., Байгабулова Ж.Б., Халыков Е.Е. 2006. Опустынивание как процесс деградации земель // Республика Казахстан. Алматы: Print-S. Т. 3. С. 197-254.

Бижанова Г.К., Курочкина Л.Я. 1989. Антропогенные смены пастбищ Мойынкмов и их картографирование. Алма-Ата: Наука Каз ССР. 164 с.

Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной зоны). 2003 / Ред. Е.И. Рачковская, Е.А. Волкова, В.Н. Храмцов. С.-Пб.: Бостон-Спектр. 424 с.

Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана. 2007. Астана: Комплекс. Т. 1. 264 с.; Т. 2. 271 с.; Т. 3.

271 с.

Карибаева К.Н., Курочкина Л.Я. 1991. Смены растительности и их регулирование при пастбищном использовании (Таукумы). Алма-Ата: Гылым. 168 с.

Карта антропогенного опустынивания аридных территорий СССР. 1990 / Ред. А.Г. Бабаев. Ашхабад: Туркменская АГП ГУГК СССР.

Карта растительности Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). М. 1:2500000. 1995. С.-Пб. 3 л.

Каспийская экологическая программа. 2003. ГЭФ-ПРООН. 41 с.

Комплексная характеристика пастбищ пустынной зоны Казахстана. 1990 / Ред. Л.Я. Курочкина, Л.В. Шабанова. Алма-Ата: Наука КазССР. 232 с.

Курочкина Л.Я. 1953. Растительность и кормовые ресурсы древней дельты р. Сырдарьи. Автореф. дисс. … канд. биол. наук. Алма-Ата: АН КазССР. 25 с.

Курочкина Л.Я. 1960. К характеристике саксаульников в Кызыл-Кумах // Труды Института ботаники АН КазССР. Алма-Ата: Издательство АН Каз ССР. Т. 8. С. 27-42.

Курочкина Л.Я. 1962. Жузгунники Черноиртышских песков // Труды Института ботаники АН КазССР. Алма-Ата: Издательство АН КазССР. Т. 13. С. 101-132.

Курочкина Л.Я. 1966. Растительность песчаных пустынь Казахстана // Растительный покров Казахстана. Алма-Ата: Издательство АН КазССР. Т. 1. С. 191-592.

Курочкина Л.Я. 1975. Псаммофитная растительность Казахстана. Автореф. дисс. … докт. биол. наук. Алма-Ата: Издательство АН КазССР. 61 с.

Курочкина Л.Я. 1978. Псаммофильная растительность Казахстана. Алма-Ата: Наука. 272 с.

Курочкина Л.Я. 1979. Ботанические исследования в бассейне Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. № 3. С. 9-18.

Курочкина Л.Я. 1981. Итоги и перспективы ботанических исследований в бассейне Аральского моря // Усыхание Аральского моря и опустынивание в Приаралье. Алма-Ата: Наука КазССР. С. 208-215.

Курочкина Л.Я. 1985. Экологические основы рационального использования пустынных пастбищ // Экология, управление и продуктивность пастбищ. М.: Наука. С. 75-90.

Курочкина Л.Я. 1990. Структурно-функциональная организация и устойчивость пустынных экосистем к антропогенным воздействиям // Структурно-функциональная организация и устойчивость биологических систем. Днепропетровск. С. 159-167.

Курочкина Л.Я. 2007а. Перспективы мониторинга в заповеднике «Барсакельмес» // Труды Барсакельмесского государственного природного заповедника. Алматы: Тетис. Вып. 2. С. 157-170.

Курочкина Л.Я. 2007б. Экосистемы // Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана. Алаколь-Сасыккольская система озер. Астана: Комплекс. Т. 3. С. 145-174.

Курочкина Л.Я. 2015. Мониторинг и картографирование деградации растительных формаций в экосистемах аридного Приаралья // Аридные экосистемы. Т. 21. № 4 (65). С. 5-21.

Курочкина Л.Я. 2017. По страницам истории геоботаники Казахстана // Материалы Международной научной конференции «Изучение, сохранение и рациональное использование растительного мира Евразии». Алматы: Luxe Media Group. С. 22-35.

Курочкина Л.Я., Байгозова Г.А., Османова Л.Т., Карибаева К.Н., Тугельбаев С.У. 1984. Разносезонный выпас овец в Сарытаукумах. Рекомендации. Алма-Ата: Наука КазССР. 26 с.

Курочкина Л.Я., Вухрер В.В. 1987. Развитие идей В.Н. Сукачева о сингенезе // Вопросы динамики биогеоценозов: Доклад на IV ежегодном чтениях памяти В.Н. Сукачева. Москва, 1985. С. 5-27.

Курочкина Л.Я., Диаров М.Д., Шабанова Л.В., Карибаева К.Н., Макулбекова Г.Б., Сериков Т.П., Лысенко В.В. 2003. Экология и нефтегазовый комплекс. Экологические ограничения природопользования на территории Северного Каспия (Атырауская область). Алматы: Гылым. Т. 5. 248 с.

Курочкина Л.Я., Димеева Л.А. 2008. Задачи борьбы с опустыниванием в Аральском регионе // Проблемы обеспечения биологической безопасности Казахстана: материалы конференции, посвященной 80-летию академика НАН РК Байтулина И.О. Алматы. С. 50-53.

Курочкина Л.Я., Димеева Л.А. 2016. Барьеры опустыниванию зональной растительности в аридной зоне Казахстана // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Природные и антропогенные изменения аридных экосистем и борьба с опустыниванием». Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Махачкала: Алеф. Вып. 67. С. 49-52.

Курочкина Л.Я., Ишанкулов М. Ш., Корниенко В.А. 1979. О границах воздействия снижения уровня Аральского моря на окружающую среду // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 25-34.

Курочкина Л.Я., Карибаева К.Н., Байжуманов А.Б., Мищенко А.Б., Тойлыбаев А.Ж., Масимов А.К., Исабаева А.Б. 2004а. Рекомендации по управлению кормовыми угодьями фермерских хозяйств Южного Прибалхашья (на примере 2-х крестьянских хозяйств). Алматы: ОО XXI век. 56 с.

Курочкина Л.Я., Карибаева К.Н., Байжуманов А.Б., Мищенко А.Б., Тойлыбаев А.Ж., Масимов А.К.,

Исабаева А.Б. 2004б. Пособие для фермеров (руководство по пастбищам). Алматы: ОО XXI век. 40 с.

Курочкина Л.Я., Кокарев А.Л. 2007. К методике составления мелкомасштабных карт опустынивания // Аридные экосистемы. Т. 13. № 33-34. С. 40-54.

Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б. 1984. К вопросу о фитомелиорации осушающихся побережий Арала // Проблемы освоения пустынь. № 4. С. 61-71.

Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б. 2010. Карта деградации растительности // Национальный Атлас Республики Казахстан. Алматы: Казгеодезия. Т.3. С. 86-87.

Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б., Бижанова Г.К. 1983а. Методы изучения и картирования антропогенных изменений растительности // Проблемы освоения пустынь. № 3. С. 3-9.

Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б., Вухрер В.В., Димеева Л.А. 1990. Прогноз изменений растительности // Комплексная характеристика пастбищ пустынной зоны Казахстана. Алма-Ата: Наука КазССР. С. 175-182.

Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б., Вухрер В.В., Малайсарова А.Н. 1983б. Растительность осушенного дна Аральского моря // Состояние акватории и осушенного дна Аральского моря. Алма-Ата: Наука КазССР. С. 91-128.

Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б., Шабанова Л.В. 1982. Методы исследования // Смены пустынной и субальпийской растительности при пастбищном использовании / Ред. Б.А. Быков. Алма-Ата: Наука КазССР. С. 5-25.

Курочкина Л.Я., Османова Л.Т. 1973. Пастбища песчаных пустынь Казахстана. Алма-Ата: Кайнар. 204 с.

Курочкина Л.Я., Османова Л.Т., Карибаева К.Н. 1986. Кормовые растения пустынь Казахстана. Алма-Ата: Кайнар. 208 с.

Курочкина Л.Я., Терехов В.И. 1985. К методике составления экологического прогноза опустынивания Турана // Экология. № 1. С. 10-17.

Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в Республике Казахстан. 1997. Кокшетау: МЭПР, ЮНЕП. 166 с.

Национальная стратегия и план действия по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия. 1999. Кокшетау: МЭПР. 336 с.

Смены пустынной и субальпийской растительности при пастбищном использовании. 1982 / Ред. Б.А. Быков. Алма-Ата: Наука КазССР. 216 с.

Условия формирования урожая на песчаных пастбищах Прибалхашья. 1973. Алма-Ата: Издательство АН КазССР. 170 с.

Эколого-физиологические исследования пустынных фитоценозов. 1987. Алма-Ата: Наука КазССР. 164 с.

ISSN 1993-3916

ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2018. Т. 24. № 3 (76)

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»)