

ISSN 1993-3916

Том 22  
Volume

Номер 1 (66)  
Number

Март 2016  
March

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

# АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ARID ECOSYSTEMS

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.

*The journal is published by the decision Department of Biological Sciences of Russian Academy of Sciences (RAS). The results of fundamental and applied investigations on the problems of arid ecosystems and on struggle against anthropogenic desertification are published on its pages. Principles of system study of arid territories and the dynamics of their biology potential changes in global and regional aspects are put into basis.*

МОСКВА: Товарищество научных изданий КМК  
MOSCOW: KMK Scientific Press Ltd



2016

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
WATER PROBLEMS INSTITUTE  
DEPARTMENT OF BIOLOGICAL SCIENCES RAS  
DAGESTAN SCIENTIFIC CENTER  
PRICASPIYSKIY INSTITUTE OF BIOLOGICAL RESOURCES  
INSTITUTE OF GEOLOGY

*SECTION "Problems of arid ecosystems and combat against desertification"*  
*Scientific council "Problems of ecology and biological systems"*

**ARID ECOSYSTEMS**

**Vol. 22, No. 1 (66), 2016, MARCH**

Journal is founded in January 1995

Issued 4 times per year

Editor-in-chief Prof., Dr. biol. Z.G. Zalibekov\*\*

*Deputy editor* Prof., Dr. geogr. N.M. Novikova\*

Editorial Board:

B.D. Abaturov, G. Björklund (Sweden), S.-W. Breckle (Germany), K.B. Gongalsky,  
P.D. Gunin, A. Jilili (China), T.V. Dikariova L.A., Dimeeva (Kazakhstan),  
T.D. Zinchenko, I.S. Zonn, R.V. Kamelin, K.N. Kulik, Zh.V. Kuzmina, G.S. Kust,  
Yu.A. Mazei, V.V. Neronov, K.Z. Omarov, L. Orlovsky (Israel),  
B. Oyungerel (Mongolia), A.A. Tishkov, V.I. Cherkashin, A.A. Chibilev,  
Z.Sh. Shamsutdinov, N.G. Mazei (*executive secretary*)

Editorial council:

A.B. Biarslanov, M. Glantz (USA), Zhigang Jiang (China), M.H. Durikov  
(Turkmenistan), P.M.-S. Muratchaeva, V.M. Neronov, E.A. Rustamov (Turkmenistan),  
I.V. Springuel (Egypt), N.Z. Shamsutdinov, P. Shafroth (USA),  
R.V. Jashenko (Kazakhstan)

*Responsibilities for issue:*

N.M. Novikova\*, N.G. Mazei\*

*Addresses of Editorial Offices:*

\*Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3, WPI RAS

Tel.: (499) 135-70-31. Fax: (499) 135-54-15

E-mail: arid.journal@yandex.ru

\*\*Russia, 367025 Mahachkala, Gadjieva str., 45, PIBR DSC RAS

Tel. / Fax: (872-2) 67-60-66

E-mail: pibrdncran@mail.ru

MOSCOW: KMK Scientific Press Ltd

**2016**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ  
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК РАН  
ДАГЕСТАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ПРИКАСПИЙСКИЙ ИНСТИТУТ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

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

## **АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**

**Том 22, № 1 (66), 2016, март**

Журнал основан в январе 1995 г.

Выходит 4 раза в год

Главный редактор

доктор биологических наук, профессор

З.Г. Залибеков\*\*

Заместитель главного редактора

доктор географических наук, профессор

Н.М. Новикова\*

Редакционная коллегия:

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

Редакционный совет

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

*Ответственные за выпуск:*

Н.М. Новикова\*, Н.Г. Мазей\*

Адреса редакции:

\*Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, 3, ИВП РАН

Телефон: (499) 135-70-31, Fax: (499) 135-54-15

E-mail: arid.journal@yandex.ru

\*\*Россия, 367025 Махачкала, ул. Гаджиева, 45, ПИБР ДНЦ РАН

Телефон: (872-2) 67-09-83

E-mail: pibrdncran@mail.ru

Москва: Товарищество научных изданий КМК

**2016**

© 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 содействия 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»

The journal has been founded in 1995.  
It is published under support of  
Pricaspiyskiy Institute of Biological Resources  
Dagestan Scientific Center of Russian Academy of Sciences,  
Water Problems Institute of Russian Academy of Sciences,  
KMK Scientific Press Ltd  
with assistance of regional departments of the section:  
"Problems of Arid Ecosystems and Desertification Control",  
Scientific Council "Problems of Biosystems Ecology",  
Department of General Biology of Russian Academy of Sciences  
Subscription index of the Russian version of the journal 39775  
is in the 1 volume of catalogue «Press of Russia»

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) eLIBRARY.RU, в базу данных Russian Science Citation Index, размещенную на платформе Web of Science, входит в число реферируемых журналов и Базы данных ВИНТИ, входит в Перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, 2011 и 2016 гг. 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 [www.iwp.ru](http://www.iwp.ru); архив полнотекстовых статей по адресу [http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=8404&code=99990527](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8404&code=99990527)

The journal is included in the system of the Russian science index citation (RINC) eLIBRARY.RU, in the database of Russian Science Citation Index, available on the Web of Science platform, including in the list of reviewed journals,  
database of VINITI and in the list editions, recommended by Higher Attestation Commission of Russian Federation.  
It is translated from Russian to English and distributed by Springer Publisher House outside of Russia.  
Information about the journal is annually has sent in the International inquiry system of the «Ulrich's Periodicals Directory».  
Information about Journal and Rules for authors are at the site [www.iwp.ru](http://www.iwp.ru); archive of full-text articles are at the site [http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=8404&code=99990527](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8404&code=99990527)

## СОДЕРЖАНИЕ

---

---

Том 22, номер 1 (66), 2016 март

---

---

### СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

- Динамика летнего увлажнения и биофизических параметров аридных пастбищ европейской части России в 2000–2014 гг.  
*А.Н. Золотокрылин, Т.Б. Титкова, Е.А. Черенкова, В.В. Виноградова* 5-10
- Макро- и микроэлементный состав вод дельты Волги и его межгодовая изменчивость  
*А.В. Савенко, В.Ф. Бреховских, О.С. Покровский* 11-19
- Изменчивость микробной биомассы в палеопочвах разновозрастных курганов Нижнего Поволжья в связи с динамикой увлажненности климата  
*Н.Н. Каширская, Т.Э. Хомутова, Т.С. Демкина, М.В. Ельцов, А.В. Борисов* 20-30
- Крестоцветные пустыни Бетпакадала  
*П.В. Веселова* 31-37
- Биотопическое распределение мелких млекопитающих в степной зоне Заволжья  
*А.А. Цветкова, М.Л. Опарин* 38-47
- 

### ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

- История хозяйственного освоения и антропогенной трансформации песчаных земель степной зоны Оренбургской области  
*А.А. Чибилев, А.Г. Рябуха* 48-55
- Структура почвенного покрова дубрав городского округа город Воронеж  
*Л.А. Яблонских, А.Я. Григорьевская, Д.С. Зелепукин* 56-69
- Современное состояние кустарниковой растительности байрачного типа в окрестностях оз. Эльтон  
*А.В. Быков, О.А. Бухарева* 70-76
- Структура растительных сообществ залежных земель в системе куртинных защитных лесных насаждений в сухих степях  
*К.Н. Кулик, А.М. Пугачёва* 77-85
- Особенности содержания и подвижность тяжелых металлов в почвах поймы реки Дон  
*Т.М. Минкина, Ю.А. Федоров, Д.Г. Невидомская, С.С. Манджиева, М.Н. Козлова* 86-98
- Система индикаторов и оценка опустынивания в Монголии  
*Н. Мандах, Ж. Цогтбаатар, Д. Даш, С. Хөдөлмөр* 99-111

## CONTENTS

---

Volume 22, Number 1 (66), 2016 MARCH

---

### SYSTEMATIC STUDY OF ARID TERRITORIES

- Dynamics of arid pastures summer moistening and biophysical parameters at the European Russia in 2000–2014.  
*A.N. Zolotokrylin, T.B. Titkova, E.A. Cherenkova, V.V. Vinogradova* 5-10
- Macro- and microelement water composition of the Volga river delta and its interannual variability  
*A.V. Savenko, V.F. Brekhovskikh, O.S. Pokrovsky* 11-19
- Variability of the microbial biomass in the paleosols of the different age burial mounds of the Lower Volga region in relation with the dynamics of climate humidity  
*N.N. Kashirskaya, T.E. Khomutova, T.S. Demkina, M.V. Eltsov, A.V. Borisov* 20-30
- Species of the Brassicaceae plant's family at Betpakdala desert  
*P.V. Vesselova* 31-37
- Biological distribution of small mammals in the steppe zone of the Zavolzhie  
*A.A. Tsvetkova, M.L. Oparin* 38-47

---

### BRANCH PROBLEMS OF ARID LANDS DEVELOPMENT

- The history of economic development and anthropogenic transformation of the sandy lands of the steppe zone in the Orenburg region  
*A.A. Chibilyov, A.G. Ryabukha* 48-55
- The structure of the soil cover under oak forests in the urban district of Voronezh town  
*L.A. Yablonskikh, A.Ya. Grigoryevskaya, D. S. Zelepukin* 56-69
- Current state of shrub vegetation of ravine type area around the lake Elton  
*A.V. Bykov, O.A. Bukhareva* 70-76
- The structure of plant communities of fallow land in the system of protective forest plantations in dry steppes  
*K.N. Kulik, A.M. Pugacheva* 77-85
- Specific features of content and mobility of heavy metals in soils of floodplain of the Don river  
*T.M. Minkina, Yu.A. Fedorov, D.G. Nevidomskaya, S.S. Mandzhieva, M.N. Kozlova* 86-98
- The system of indicators and assessment of desertification in Mongolia  
*N. Mandakh, J. Tsogbaatar, D. Dash, S. Khudulmur* 99-111

УДК 551.5

## ДИНАМИКА ЛЕТНЕГО УВЛАЖНЕНИЯ И БИОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АРИДНЫХ ПАСТБИЩ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ В 2000-2014 гг.

© 2016 г. А.Н. Золотокрылин, Т.Б. Титкова, Е.А. Черенкова, В.В. Виноградова

*Институт географии Российской академии наук  
Россия, 119017 Москва, Старомонетный пер.29.  
E-mail: azolotokrylin1938@yandex.ru, ttitkova@yandex.ru*

Поступила 19.07.2015

Рассмотрена динамика показателей увлажнения и биофизических параметров (данные MODIS) аридных пастбищ юго-востока Европейской части России от пятилетия к пятилетию в течение 2000-2014 гг. Динамика была неоднородной как во времени, так и на территории. Наибольшее снижение увлажнения наблюдалось в период 2005-2009 гг. на сухостепных и полупустынных пастбищах. В пятилетие 2010-2014 гг. увлажнение продолжало снижаться, но менее интенсивно, чем в предыдущее пятилетие. Динамика биофизических параметров определяется изменением увлажнения и состоянием деградации пастбищ вследствие перевыпаса. В пятилетие 2005-2009 гг. наблюдалось падение NDVI, ухудшение условий вегетации (VCI), а также рост альбедо и температуры поверхности на сухостепных и отчасти полупустынных пастбищах. В следующее пятилетие произошло смещение максимального изменения биофизических параметров на территорию Республики Калмыкия и правобережной части Астраханской области. В результате на территории Республики Калмыкия возникли предпосылки формирования новых очагов антропогенного опустынивания, зафиксированные количественным индикатором опустынивания.

*Ключевые слова:* аридные пастбища, SCEI, влажность почвы, MODIS, альбедо, температура поверхности, NDVI, VCI, индикатор очагов опустынивания.

Состояние аридных пастбищ определяется в основном их увлажнением и антропогенной нагрузкой. Межгодовой ход осредненного по территории годового коэффициента увлажнения (отношение годовых осадков к годовой испаряемости) в последнее десятилетие XX в. имел положительную динамику, но после обширных засух 2003 и 2007 гг. проявилась отрицательная тенденция увлажнения (Золотокрылин и др., 2014). Вопрос об устойчивости смены положительной тенденции увлажнения на отрицательную остается открытым. Анализ коэффициентов линейного тренда стандартизованного индекса осадков (Standardized Precipitation Index, SPI) за период май–август 2000-2014 гг. на территории свидетельствует, что коэффициенты были отрицательными на значительной части территории, но неоднородными по величине: увлажнение в наибольшей степени снизилось на территории сухостепных и полупустынных пастбищ, а в наименьшей – пустынных (Золотокрылин и др., 2015). В результате изменились биофизические параметры пастбищ (альбедо, температура поверхности, NDVI, VCI, влажность почвы): линейные тренды альбедо и температуры поверхности были положительными, а NDVI – преимущественно отрицательным.

Принимая вышесказанное во внимание, важно установить территориальные особенности динамики показателей увлажнения и биофизических параметров в XXI в. Таким образом, цель работы состоит в оценке динамики осредненных по пятилетиям показателей увлажнения и биофизических параметров пастбищ в течение мая–августа 2000-2014 гг.

### Территория и методика исследований

Территория исследования представлена сухостепными, полупустынными и отчасти пустынными ландшафтами в Ростовской, Саратовской, Волгоградской, Астраханской областях, а также в Ставропольском крае и Республике Калмыкия. В пределах этой территории для исследования были выбраны пастбища Северо-Западного Прикаспия (44-51° с.ш., 44-51° в.д.) и Кумо-Маньчской впадины (45-47.5° с.ш., 42-46° в.д.).

Период исследования охватывает май–август 2000-2014 гг., включающий пятилетия: 2000-2004, 2005-2009 и 2010-2014 гг.

Методика исследований предусматривает анализ изменений на территории значений средних показателей увлажнения и биофизических параметров в каждое последующее пятилетие по отношению к предыдущему, а также выявление начальной стадии антропогенных очагов опустынивания. Из разных показателей увлажнения для анализа был выбран спутниковый индекс климатических экстремумов увлажнения (Satellite Climatic Extremes Index, SCEI) (Золотокрылин, Титкова, 2012). SCEI вычисляется по данным MODIS (The Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer).

Данные MODIS представлены средними значениями за 16 дней альbedo (A), вегетационного индекса (NDVI) и за 8 дней температуры поверхности (Ts), ([https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis\\_products](https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_products)) центра LP DAAC NASA: LAND PROCESSES DISTRIBUTED ACTIVE ARCHIVE CENTER. Все параметры имеют разрешение 0.05° x 0.05°, что примерно соответствует 5 x 5 км.

Альbedo (BRDF-Albedo Model Parameters 16-Day L3 0.05 Deg CMG) определялось по модели MCD43 C1 версии 005 с дискретностью 16 дней. В данной версии объединены данные спутников MODIS/Terra + Aqua BRDF/Albedo.

Значения индекса растительности NDVI (Vegetation Indices Monthly L3 Global 0.05 Deg CMG) были получены по данным MODIS/Terra модели MOD13C1 – версии 005 с шагом в 16 дней. Данные NDVI были использованы для расчета индекса вегетационных условий (Vegetation Condition Index, VCI), характеризующего изменение NDVI в процентах относительно его среднего значения (выше нормы – вегетационные условия благоприятные, ниже нормы – неблагоприятные).

Температура поверхности (Land Surface Temperature and Emissivity Monthly L3 Global 0.05 Deg CMG) определялась по модели MOD11 C2 версии 005 по данным спутника MODIS/Terra с периодичностью 8 дней. По двум 8 дневным срокам вычислялось среднее за период 16 дней, идентичным периодам для альbedo и NDVI.

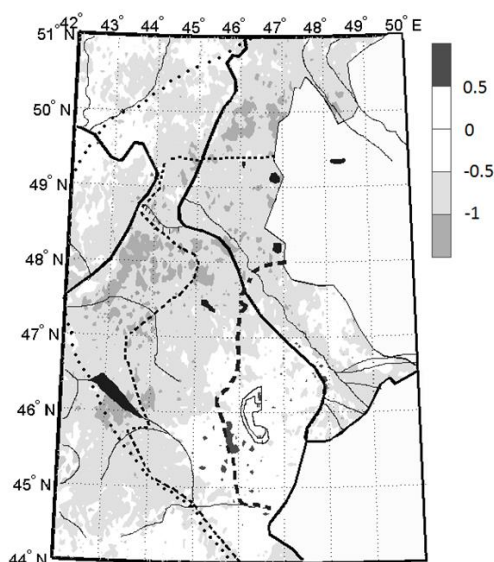
Оценка аномалий влажности почвы в период с мая по август выполнена с использованием среднемесячных данных суммарного водного эквивалента (кг/м<sup>2</sup>) пространственного разрешения 1°x1° гидрологической модели Noach 2.7.1 Global Land Data Assimilation System (GLDAS) эксперимента Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) (Rodell et al., 2004). Данные суммарного водного эквивалента, получены на основе спутниковых измерений изменений в гравитационном поле Земли и их устойчивой связи с изменениями массы и не требуют дополнительной калибровки. Аномалии влажности почвы вычислялись по пятилетиям по отношению к среднему значению влажности почвы за период 2003-2007 гг.

Обнаружение формирующихся очагов опустынивания проведено с помощью количественного индикатора, характеризующего степень линейной отрицательной связи между альbedo и температурой поверхности (Золотокрылин, Титкова, 2011). Согласно индикатору, интенсивность очага опустынивания возрастает по мере увеличения тесноты связи между параметрами.

### Результаты исследования и их обсуждение

По данным SCEI наибольшее снижение увлажнения наблюдалось в период 2005-2009 гг. по отношению к 2000-2004 гг. Оно произошло преимущественно на территории сухостепных и полупустынных пастбищ и в незначительной степени затронуло пустынные пастбища (рис. 1). В следующее пятилетие (2010-2014 гг.) по сравнению с предыдущим наибольшее уменьшение увлажнения наблюдалось уже на территории пустынных пастбищ. Одновременно продолжалось слабое падение увлажнения сухостепных и полупустынных пастбищ (рисунок не приводится).



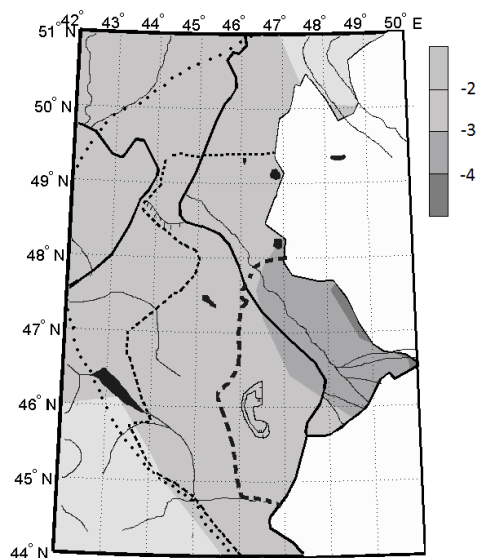


Условные обозначения здесь и далее: ••••• – граница засушливых земель (Золотокрылин, Черенкова, 2009); - - - - - – граница опустыненной степи (Географический атлас, 1980) ; ■ ■ ■ – северная граница пустынной растительности (Сафронова, 2002).

Legend here and in following: ••••• – border Drylands (Zolotokrylin, Cherenkova, 2009); - - - - - – the boundary of desert steppes (Geographical Atlas, 1980); ■ ■ ■ – the northern border of desert vegetation (Safronova, 2002).

**Рис. 1.** Изменение показателя увлажнения SCEI в период 2005–2009 гг. по отношению к периоду 2000–2004 гг. Значимые изменения, если SCEI больше 0.5 и меньше – 0.5. Контуром выделен биосферный заповедник «Черные земли». **Fig. 1.** The change in the moisture SCEI in the period 2005–2009 with respect to the period of 2000–2004. Significant changes if SCEI greater than 0.5 and less than – 0.5. Contour isolated Biosphere Reserve "Black Land".

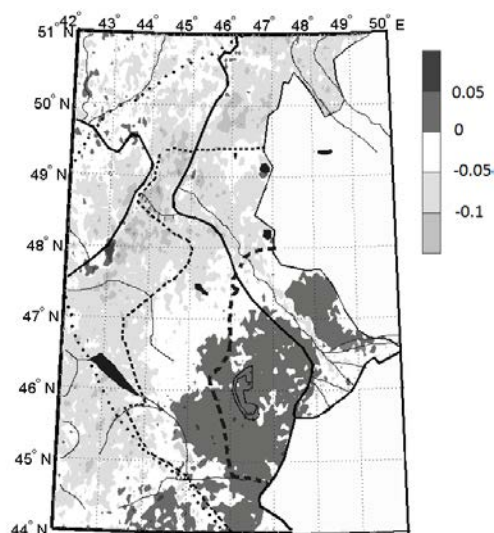
Характерно, что в 2010–2014 гг. возросло увлажнение пастбищ в восточной части Ставропольского края и на севере Дагестана. Нарастающее уменьшение влажности почвы наблюдалось на всей территории от первого пятилетия к третьему с максимумом ее падения на левобережье Нижней Волги (рис. 2). На рисунке 2 видно, что отрицательная аномалия влажности почвы покрывает всю территорию, а максимум падения расположен на территории Казахстана вблизи Каспийского моря.



**Рис. 2.** Аномалия влажности почвы (кг/м<sup>2</sup>) в 2010–2014 гг. по отношению к базовому периоду 2003–2007 гг. (май–август). Значимые изменения влажности менее – 1 кг/м<sup>2</sup>. **Fig. 2.** Anomaly soil moisture (kg/m<sup>2</sup>) in 2010–2014. relative to the base period of 2003–2007 (May–August). Significant changes in humidity of less than – 1 kg/m<sup>2</sup>.

Установленные территориальные особенности изменения увлажнения территории от пятилетия к пятилетию определяют соответствующее распределение биофизических параметров (NDVI, VCI, альbedo и температура поверхности). Значимое снижение NDVI и VCI также наблюдалось преимущественно в сухостепной зоне и отчасти полупустынной во второе пятилетие по сравнению с первым (рис. 3). Напротив, параметры NDVI, VCI или слабо падали, или немного возрастали в пустынной зоне, особенно в Калмыкии. В третьем пятилетии по сравнению со вторым в связи с иссушением почвы NDVI, VCI значимо снизился в степной зоне (северо-западная часть территории, включая излучину р. Дон и правобережье р. Волги севернее г. Волгограда) (рисунок не приводится).

На остальной части территории изменения NDVI в третье пятилетие были разного знака и незначительные по величине, а VCI показывал, как улучшение, так и ухудшение вегетационных условий. В то же время в юго-западной части территории (Ставропольский край, северная часть Дагестана) отмечался значимый рост NDVI и улучшение вегетационных условий.

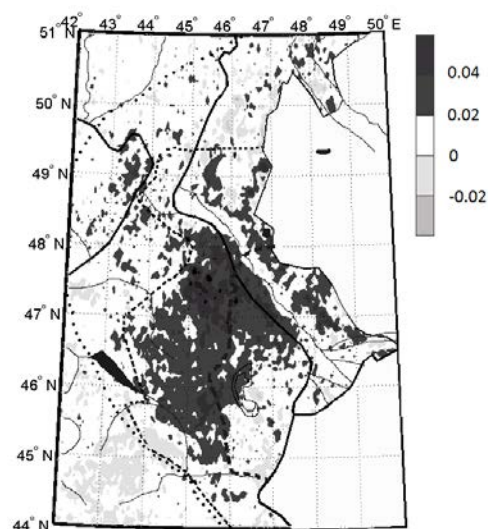


**Рис. 3.** Изменение NDVI в 2005-2009 гг. по сравнению с периодом 2000-2004 гг. (май-август). Значимые изменения NDVI более 0.1 и менее – 0.1.

**Fig. 3.** Changes of NDVI in 2005-2009 compared with the period of 2000-2004 (May-August). Significant changes in NDVI greater than 0.1 and less than – 0.1.

Температура поверхности также интенсивнее росла во втором пятилетии, но в третьем пятилетии интенсивность роста уменьшилась (рисунки не приводятся). Во второе пятилетие максимальный рост температуры поверхности отмечался в районах максимального падения NDVI на сухостепных пастбищах. В работе (Золотокрылин, Трофимов и др., 2014) был установлен более высокий нагрев поверхности сильно деградированных пастбищ (примерно на 5-7°C), по сравнению с не затронутыми деградацией участками. Такие участки с максимальной температурой поверхности отмечались в юго-восточной части Саратовской области в 2005-2009 гг., что свидетельствует об их сильной деградации.

Среднее по территории альbedo возрастало от пятилетия к пятилетию, хотя одновременно отмечались значительные участки с падением альbedo. Альbedo сухостепных и полупустынных пастбищ возрастало преимущественно во второе пятилетие. Одновременно альbedo значительно снизилось на территории южной половины Калмыкии, включая биосферный заповедник «Черные земли» и его окрестности в результате слабого роста NDVI (рис. 3). Но в третье пятилетие максимальный рост альbedo сместился на территорию сухостепных и полупустынных пастбищ Калмыкии, которая оказалась наиболее засушливой по данным показателя увлажнения SCEI (рис. 4). На рис. 4 отчетливо выделяются участки падения альbedo на северо-западе и юго-западе территории.

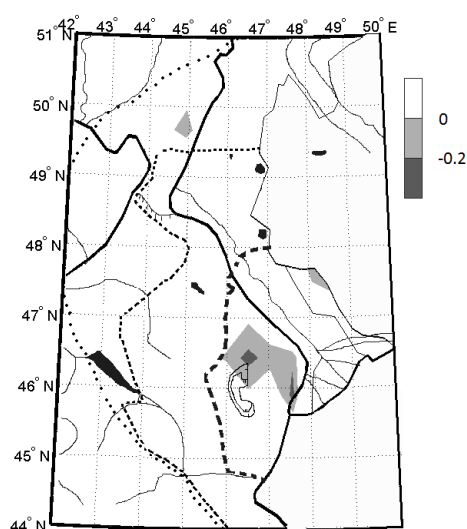


**Рис. 4.** Изменение альbedo в 2010-2014 гг. по сравнению с периодом 2005–2009 гг. (май-август). Значимые изменения альbedo более 0.02 и менее – 0.02. **Fig. 4.** Changes of the albedo in 2010-2014, compared with the period 2005-2009 (May-August). Significant changes of the albedo of more than 0.02 and less than –0.02.

Таким образом, наибольшие изменения увлажнения и биофизических параметров произошли в пятилетие 2005-2009 гг. и охватили они преимущественно сухостепные и полупустынные пастбища. В пятилетие 2010-2014 гг. продолжалось снижение увлажнения почти на всех пастбищах, но оно было менее интенсивным, чем в 2005-2009 гг. Об этом свидетельствует менее интенсивный процесс падения NDVI на территории сухостепных и полупустынных пастбищ. Следует отметить, что в 2010-

2014 гг. процесс интенсивного роста альбедо и температуры поверхности, как индикаторов антропогенной деградации пастбищ, сместился с сухостепных пастбищ на полупустынные и пустынные и сформировал мозаичные массивы в правобережной части территории Астраханской области и соседней с ней Калмыкии (рис. 4).

Мозаичность изменения биофизических параметров на территории определяется не только увлажнением, но и влиянием очагов трансформированной растительности вследствие перевыпаса. Как правило, в очагах интенсивного перевыпаса было зафиксировано наибольшее падение NDVI, максимальный рост температуры поверхности и альбедо. В результате, в пятилетие 2010–2014 гг. наблюдалось максимальное изменение биофизических параметров, как индикаторов начала антропогенного опустынивания, в районах интенсивного перевыпаса в правобережной части Астраханской области и примыкающих к ней пастбищ Республики Калмыкии. Усиление деградации пастбищ в Астраханской области, в частности в ее правобережной части, было отмечено в работе (Кулик и др., 2013). Наше исследование показывает распространение значимых изменений биофизических параметров на север Астраханской области и на пастбища Республики Калмыкии. Начало формирования очагов антропогенного опустынивания отчетливо видно на рисунке 5.



**Рис. 5.** Начало формирования очагов антропогенного опустынивания на территории Республики Калмыкия в период 2010–2014 гг. Очаги характеризуются отрицательными значениями коэффициентов корреляции между альбедо и температурой поверхности (чем теснее связь, тем интенсивнее очаг).

**Fig. 5.** The beginning of formation of the hotbeds of anthropogenic desertification in the Republic of Kalmykia in the period 2010–2014. The hotbeds are characterized by negative values of the correlation coefficients between the albedo and surface temperature (the closer the relationship, the more intense the center)

Независимый довод в пользу этого результата был приведен ранее в работе (Золотокрылин, Трофимов и др., 2014).

Новые очаги локализуются северо-западнее и северо-восточнее биосферного заповедника «Черные Земли» и находятся в начальной стадии своего формирования.

### Закключение

Динамика показателей увлажнения аридных пастбищ юго-востока Европейской части России от пятилетия к пятилетию в течение 2000–2014 гг. имеет следующие черты. Она была отрицательной на значительной части территории в период 2005–2009 гг. по сравнению с периодом 2000–2004 гг. Наибольшее снижение увлажнения наблюдалось на сухостепных и полупустынных пастбищах. В пятилетие 2010–2014 гг. увлажнение продолжало снижаться, но менее интенсивно, чем в предыдущее пятилетие. При этом пустынные пастбища испытали наибольшее иссушение. Нет оснований считать, что отрицательная динамика показателей увлажнения сохранится в ближайшем будущем.

Динамика биофизических параметров определяется изменением увлажнения и состоянием деградации пастбищ вследствие перевыпаса. Второй фактор регулирует степень мозаичности изменений биофизических параметров. В пятилетие 2005–2009 гг. наблюдалось падение NDVI, ухудшение условий вегетации (VCI), а также рост альбедо и температуры поверхности на сухостепных и отчасти полупустынных пастбищах. В следующее пятилетие произошло смещение максимального изменения биофизических параметров на территорию Республики Калмыкия и правобережной части Астраханской области. В результате на территории Республики Калмыкия

возникли предпосылки формирования новых очагов антропогенного опустынивания, зафиксированные количественным индикатором опустынивания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Географический атлас. 1980. ГУГК. 238 с.
- Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А. 2009. Площадь засушливых земель равнин России // Аридные экосистемы. Т. 15. № 1 (37). С.5-12.
- Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б. 2011. Новый подход к мониторингу очагов опустынивания // Аридные экосистемы. Т. 17. № 3 (48). С. 14-22.
- Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А. 2014. Увлажнение засушливых земель Европейской территории России: настоящее и будущее // Аридные экосистемы. Т. 20. № 2 (59). С. 5-12.
- Золотокрылин А.Н., Трофимов И.А., Титкова Т.Б. 2014. Оценка экологического состояния «норма» аридных пастбищ по геоботаническим и MODIS данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 11. № 2. С. 197-207.
- Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Виноградова В.В. 2015. Тренды увлажнения и биофизических параметров засушливых земель Европейской части России за период 2000-2014 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса Т. 12. № 2. С. 155-161.
- Кулик К.Н., Рулев А.С., Юфреев В.Г. 2013. Геоинформационный анализ очагов опустынивания на территории Астраханской области // Аридные экосистемы. Т 19. № 3 (56). С. 91-98.
- Сафронова И.Н. 2002. Фитоэкологическое картографирование Северного Прикаспия // Геоботаническое картографирование 2001-2002. СПб. С. 44-65.

**DYNAMICS OF ARID PASTURES SUMMER MOISTENING AND BIOPHYSICAL PARAMETERS IN THE EUROPEAN RUSSIA IN 2000-2014**

© 2016г. **A.N. Zolotokrylin, T.B. Titkova, E.A. Cherenkova, V.V. Vinogradova**

*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences  
Russia, 119017 Moscow, Staromonetny pereulok 29,  
E-mail: azolotokrylin1938@yandex.ru, titkova@yandex.ru*

Dynamics of arid pastures moistening indices and biophysical parameters (MODIS data) is examined for south-eastern part of the European Russia during 2000-2014, by five years periods. The dynamics is heterogeneous both in temporal and spatial dimension. Maximal moisture decrease is detected in 2005-2009 at dry steppe and semi-desert pastures. During 2010-2014 moisture decrease continues with less intensity. Dynamics of biophysical parameters is determined by changes in moistening and by pasture overgrazing degradation stage. During 2005-2009 years period, NDVI decreased, vegetation conditions (VCI) deteriorated, albedo and surface temperature growth are observed at dry steppe and, partly, semi-desert pastures. During next period of 2010-2014 years, maximal changes in biophysical parameters shifted into Kalmyk Republic and right-bank part of Astrakhan Oblast. As a result, preconditions for new anthropogenic desertification hotbeds formed at the territory of Kalmyk Republic. The desertification indicator registered that type of preconditions.

*Keywords:* arid pastures, SCEI, soil moisture, MODIS, albedo, surface temperature, NDVI, VCI, indicator of the centers of desertification.

## МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОД ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ И ЕГО МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ<sup>1</sup>

© 2016 г. А.В. Савенко\*, В.Ф. Бреховских\*\*, О.С. Покровский\*\*\*

\*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
Россия, 119992 Москва, Ленинские горы, МГУ, Геологический факультет.  
E-mail: Alla\_Savenko@rambler.ru

\*\*Институт водных проблем Российской академии наук  
Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: vadim@aqua.laser.ru

\*\*\*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Россия, 634050 Томск, просп. Ленина, д. 36. E-mail: oleg@get.obs-mip.fr

Поступила 22.08.2015

По многолетним данным о содержании растворенных форм макрокомпонентов, биогенных элементов и микроэлементов сделана оценка пространственных вариаций химического состава вод дельты Волги и его межгодовой изменчивости. Показано, что в пределах дельты значительной трансформации подвергается только сток биогенных элементов под влиянием продукционно-деструкционных процессов, тогда как миграция главных ионов и растворенных микроэлементов в дельтовых водотоках происходит без каких-либо существенных изменений.

*Ключевые слова:* химический состав воды, главные ионы, микроэлементы, межгодовая изменчивость, дельта Волги.

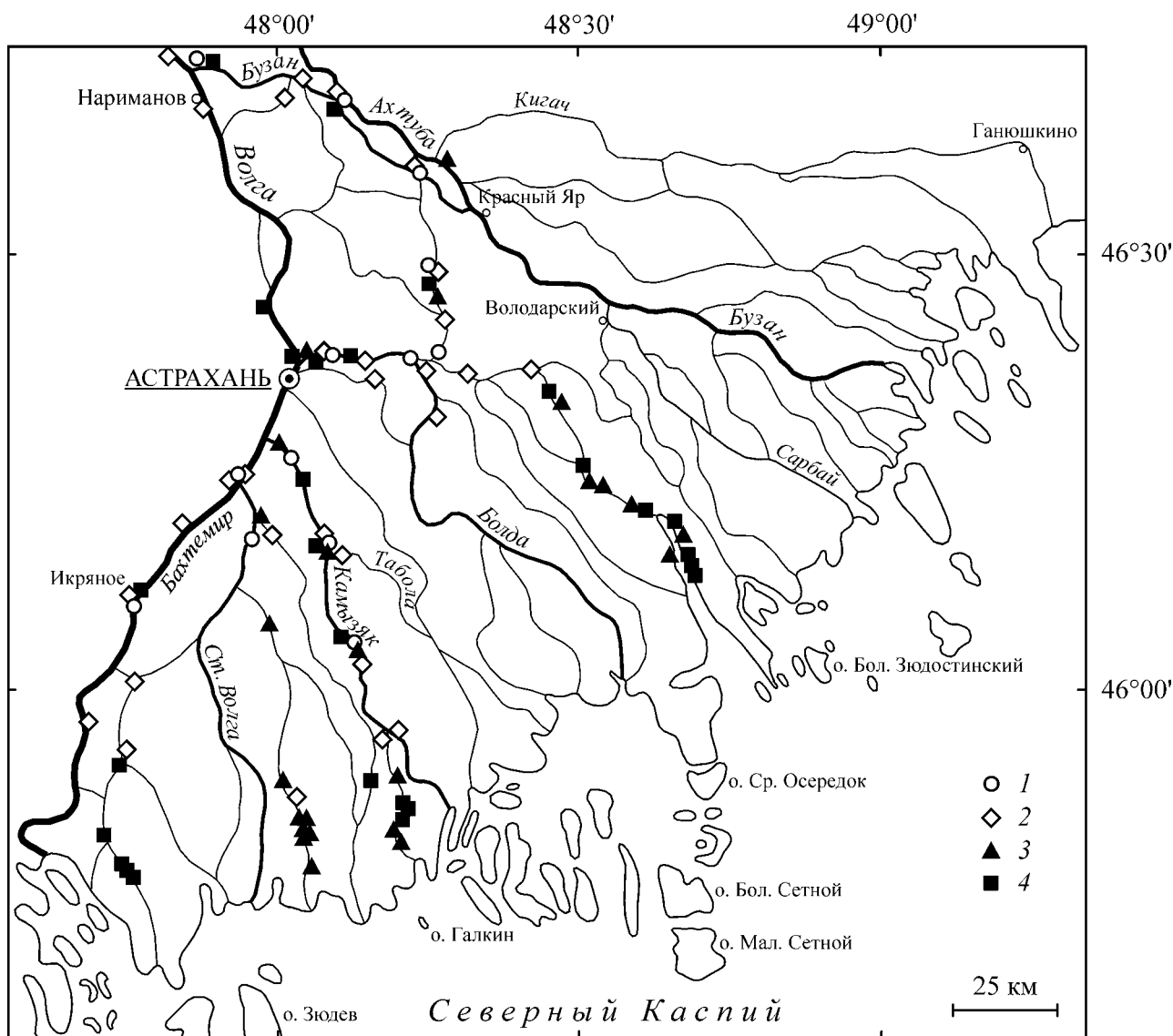
Известно, что экологическое состояние водных экосистем в значительной мере контролируется содержанием растворенных форм не только биогенных элементов, но также главных ионов, определяющих специфику солевого фона, и микроэлементов, участвующих в физиологических процессах гидробионтов или оказывающих на них токсическое воздействие. Несмотря на большой интерес к гидрохимии устьевых областей рек, заметно усилившийся в последние годы как в нашей стране, так и за рубежом, некоторые вопросы трансформации химического состава речного стока до сих пор изучены весьма слабо. В первую очередь это относится к пространственной и временной изменчивости распределения растворенных веществ. Чтобы восполнить этот пробел, на протяжении ряда лет нами выполнялись гидрохимические съемки дельты Волги с целью оценки пространственных вариаций и межгодовой изменчивости концентраций компонентов основного солевого состава, биогенных элементов и микроэлементов в водах дельтовых водотоков, результаты которых представлены в настоящей статье.

### Материалы и методы исследований

Исследования дельтовых водотоков проводились в августе 2007-2010 гг. в период наибольшей интенсивности внутриводоёмных процессов и охватывали русловые системы рукавов Бахтемир, Старая Волга, Камызяк, Болда и Бузан дельты Волги, а также низовье Ахтубы (рис.).

Пробы воды отбирали из поверхностного слоя пластиковым батометром. Сразу после этого выполняли их фильтрацию и консервацию: для анализа содержания компонентов основного солевого состава пробы фильтровали через плотный бумажный фильтр; для анализа содержания микроэлементов растворы отфильтровывали через мембранный фильтр 0.45 мкм в полипропиленовые флаконы с предварительно внесенными туда аликвотами 5 N азотной кислоты марки особо чистая (0.2 мл на 8 мл пробы).

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (грант БИО-ГЕО-КЛИМ 14.B25.31.001) и РФФИ (гранты 14-37-00038 и 15-17-10009).



**Рис.** Расположение станций отбора проб воды в дельте Волги: 1 – 9-21 августа 2007 г., 2 – 6-25 августа 2008 г., 3 – 7-19 августа 2009 г., 4 – 6-22 августа 2010 г. **Fig.** Locations of water sampling stations in the Volga River delta: 1 is August, 9-21, 2007; 2 is August, 6-25, 2008; 3 is August, 7-19, 2009; 4 is August, 6-22, 2010.

При аналитических определениях использовали методы объемного титрования (Alk, Cl меркуриметрически), капиллярного электрофореза ( $SO_4$ ) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой ICP-MS (Na, K, Mg, Ca, микроэлементы). Относительная погрешность измерений не превышала 3%.

### Результаты и их обсуждение

Минерализация вод в русловых системах дельты Волги в 2007-2010 гг. находилась в интервалах 271-280, 273-328, 324-354 и 287-317 мг/л при среднегеометрических величинах 274, 299, 338 и 300 мг/л. Существенные отклонения содержания главных ионов от типичных значений для дельтовых водотоков отмечались только в низовье Ахтубы (табл. 1), что, по-видимому, связано со спецификой трансформации химического состава ее вод после отделения от русла Волги. Различия концентраций макрокомпонентов в водах Ахтубы и дельтовых рукавах носят изменчивый в многолетнем плане характер, что указывает на преобладание влияния кратковременных факторов формирования ионного стока (гидрометеорологические условия) над долговременными (состав донных отложений и слагающих речную долину горных пород и почв).

**Таблица 1.** Минерализация (*M*) и концентрации растворенных форм макро- и микроэлементов в водотоках дельты Волги\* и низовье Ахтубы\*\* в 2007-2010 гг. **Table 1.** Mineralization (*M*) and concentrations of dissolved forms of macro- and trace elements in the Volga River delta watersheds and in the Akhtuba River lower reaches in 2007-2010.

| Компонент                                   | Размерность концентрации | 2007 г.                       |                | 2008 г.                       |                | 2009 г.                       | 2010 г.        |                               |
|---|--------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|
|   |                          | дельта Волги ( <i>n</i> = 10) | низовье Ахтубы | дельта Волги ( <i>n</i> = 20) | низовье Ахтубы | дельта Волги ( <i>n</i> = 26) | низовье Ахтубы | дельта Волги ( <i>n</i> = 30) |
| 1   | 2                        | 3                             | 4              | 5                             | 6              | 7                             | 8              | 9                             |
| <i>M</i>                                    | мг/л                     | $\frac{274}{271-280}$         | 272            | $\frac{299}{273-328}$         | 331            | $\frac{338}{324-354}$         | 331            | $\frac{300}{287-317}$         |
| Главные ионы                                |                          |                               |                |                               |                |                               |                |                               |
| Cl  | мг/л                     | $\frac{36.2}{35.7-37.0}$      | 35.7           | $\frac{29.3}{28.7-29.7}$      | 33.6           | $\frac{26.2}{25.3-27.0}$      | 34.4           | $\frac{29.7}{27.9-31.0}$      |
| SO <sub>4</sub>                             | «                        | $\frac{46.2}{44.8-47.9}$      | 54.9           | $\frac{60.0}{50.5-69.9}$      | 84.4           | $\frac{72.0}{65.1-78.9}$      | 82.3           | $\frac{63.5}{59.6-68.0}$      |
| HCO <sub>3</sub>                            | «                        | $\frac{116.8}{115.9-117.1}$   | 108.6          | $\frac{130.2}{116.2-146.4}$   | 117.7          | $\frac{150.9}{144.0-162.9}$   | 122.0          | $\frac{126.2}{117.1-136.6}$   |
| Na  | «                        | $\frac{15.6}{15.2-16.3}$      | 15.5           | $\frac{15.1}{13.5-17.9}$      | 21.8           | $\frac{20.4}{17.6-26.0}$      | 27.6           | $\frac{15.2}{13.6-16.6}$      |
| K   | «                        | $\frac{2.52}{2.37-2.68}$      | 1.81           | $\frac{2.81}{2.56-3.15}$      | 3.49           | $\frac{3.09}{2.83-3.61}$      | 1.75           | $\frac{2.89}{2.75-3.09}$      |
| Mg  | «                        | $\frac{11.0}{10.7-11.6}$      | 11.4           | $\frac{11.6}{10.5-13.2}$      | 16.0           | $\frac{11.4}{10.6-12.7}$      | 10.8           | $\frac{11.8}{10.8-12.6}$      |
| Ca  | «                        | $\frac{45.6}{43.5-48.5}$      | 43.8           | $\frac{49.3}{46.3-53.2}$      | 53.7           | $\frac{53.4}{49.3-58.6}$      | 51.7           | $\frac{50.2}{46.6-54.1}$      |
| Биогенные элементы                          |                          |                               |                |                               |                |                               |                |                               |
| P <sub>мин</sub>                            | мкг/л                    | $\frac{26.2}{15.8-49.2}$      | 81.6           | $\frac{35.4}{7.9-60.0}$       | 86.0           | $\frac{29.5}{4.4-64.1}$       | 87.8           | $\frac{16.1}{1.0-57.9}$       |
| Si  | мг/л                     | $\frac{1.66}{1.38-2.19}$      | 3.01           | $\frac{2.81}{2.39-3.20}$      | 1.96           | $\frac{2.56}{2.40-3.31}$      | 4.17           | $\frac{1.69}{1.11-2.83}$      |
| Редкие щелочные и щелочноземельные элементы |                          |                               |                |                               |                |                               |                |                               |
| Li  | мкг/л                    | $\frac{4.09}{3.74-4.31}$      | 3.90           | –                             | –              | $\frac{4.85}{4.31-5.55}$      | 5.24           | –                             |
| Rb  | «                        | $\frac{0.92}{0.89-1.00}$      | 0.81           | $\frac{1.01}{0.94-1.14}$      | 1.03           | $\frac{1.16}{1.05-1.29}$      | 0.90           | $\frac{1.16}{1.09-1.23}$      |
| Cs  | нг/л                     | $\frac{1.8}{1.4-2.5}$         | 2.2            | $\frac{1.7}{0.9-2.7}$         | 0.6            | $\frac{2.2}{1.2-3.9}$         | 2.1            | $\frac{2.1}{1.5-2.8}$         |
| Sr  | мкг/л                    | $\frac{411}{405-421}$         | 399            | $\frac{431}{418-455}$         | 497            | $\frac{530}{512-550}$         | 550            | $\frac{485}{468-514}$         |
| Ba  | «                        | $\frac{28.0}{27.1-30.3}$      | 24.3           | $\frac{28.1}{25.8-30.3}$      | 26.3           | $\frac{30.2}{28.8-33.2}$      | 24.9           | $\frac{28.5}{25.8-35.9}$      |

Продолжение таблицы 1.

| 1                       | 2     | 3                           | 4     | 5                           | 6     | 7                           | 8     | 9                           |
|-------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|
| Тяжелые металлы         |       |                             |       |                             |       |                             |       |                             |
| Mn                      | мкг/л | $\frac{2.85}{2.14-3.79}$    | 6.55  | $\frac{3.31}{2.01-6.55}$    | 6.93  | $\frac{2.58}{1.41-5.95}$    | 5.96  | $\frac{2.89}{1.48-6.09}$    |
| Fe                      | «     | $\frac{35.1}{20.2-52.7}$    | 47.2  | $\frac{27.4}{17.7-43.8}$    | 19.4  | $\frac{45.3}{27.0-63.6}$    | 34.2  | $\frac{36.5}{20.7-52.3}$    |
| Co                      | «     | $\frac{0.087}{0.070-0.113}$ | 0.145 | $\frac{0.073}{0.052-0.103}$ | 0.103 | $\frac{0.080}{0.056-0.111}$ | 0.117 | $\frac{0.098}{0.072-0.119}$ |
| Ni                      | «     | $\frac{1.50}{1.38-1.59}$    | 1.61  | $\frac{1.49}{1.36-1.64}$    | 1.41  | $\frac{1.45}{1.27-1.70}$    | 1.32  | $\frac{1.40}{1.19-1.56}$    |
| Cu                      | «     | $\frac{1.67}{1.61-1.73}$    | 1.57  | $\frac{1.63}{1.38-1.86}$    | 1.40  | $\frac{1.61}{1.21-1.90}$    | 1.39  | $\frac{1.77}{1.33-2.17}$    |
| Zn                      | «     | $\frac{6.79}{6.00-7.58}$    | 7.45  | $\frac{5.94}{3.94-6.90}$    | 4.35  | $\frac{3.79}{2.62-5.43}$    | 3.13  | $\frac{8.07}{5.35-10.3}$    |
| Pb                      | «     | $\frac{0.093}{0.071-0.118}$ | 0.119 | $\frac{0.112}{0.065-0.148}$ | 0.117 | $\frac{0.090}{0.051-0.147}$ | 0.092 | $\frac{0.144}{0.084-0.221}$ |
| Cd                      | нг/л  | $\frac{16.7}{10.4-24.7}$    | 16.4  | $\frac{21.6}{10.8-36.3}$    | 8.5   | $\frac{16.5}{8.0-29.0}$     | 10.6  | $\frac{24.3}{15.2-36.2}$    |
| Ag                      | «     | $\frac{1.36}{1.06-1.69}$    | 1.14  | –                           | –     | –                           | –     | –                           |
| Tl                      | «     | $\frac{11.8}{9.8-13.7}$     | 10.4  | –                           | –     | –                           | –     | –                           |
| Sb                      | «     | $\frac{92.3}{88.9-96.6}$    | 84.1  | $\frac{86.6}{78.7-94.5}$    | 77.5  | –                           | –     | $\frac{100.4}{89.7-117.5}$  |
| Элементы-гидролизаты    |       |                             |       |                             |       |                             |       |                             |
| Al                      | мкг/л | $\frac{21.8}{17.6-27.0}$    | 30.7  | $\frac{16.8}{9.5-27.1}$     | 12.3  | $\frac{20.9}{12.9-30.7}$    | 21.2  | $\frac{19.6}{8.2-35.1}$     |
| Ga                      | нг/л  | $\frac{8.4}{6.0-13.4}$      | 12.8  | $\frac{9.6}{6.5-12.6}$      | 5.9   | $\frac{11.1}{7.7-13.9}$     | 8.1   | $\frac{13.8}{8.7-17.1}$     |
| Sc                      | «     | $\frac{310}{267-374}$       | 505   | –                           | –     | $\frac{301}{262-343}$       | 511   | –                           |
| Y                       | «     | $\frac{38.2}{29.9-54.8}$    | 49.3  | $\frac{39.6}{33.5-46.5}$    | 17.3  | $\frac{43.7}{30.7-55.3}$    | 38.2  | –                           |
| Ti                      | мкг/л | $\frac{0.93}{0.77-1.16}$    | 1.10  | $\frac{0.89}{0.65-1.13}$    | 0.76  | $\frac{0.96}{0.64-1.28}$    | 0.83  | $\frac{1.01}{0.64-1.34}$    |
| Zr                      | нг/л  | $\frac{43.0}{35.8-57.0}$    | 19.8  | $\frac{57.3}{42.0-72.4}$    | 38.4  | $\frac{57.2}{34.5-69.2}$    | 39.7  | $\frac{53.2}{35.9-70.9}$    |
| Hf                      | «     | $\frac{3.07}{2.60-3.63}$    | 3.31  | $\frac{3.76}{2.46-4.63}$    | 2.86  | $\frac{3.67}{2.22-5.33}$    | 3.23  | –                           |
| Th                      | «     | $\frac{2.55}{2.22-3.07}$    | 1.68  | $\frac{2.81}{2.05-3.94}$    | 1.27  | $\frac{3.70}{2.71-4.56}$    | 4.08  | $\frac{3.12}{2.27-4.71}$    |
| U                       | «     | $\frac{777}{760-813}$       | 682   | $\frac{743}{702-783}$       | 566   | $\frac{799}{708-860}$       | 674   | $\frac{634}{605-663}$       |
| Редкоземельные элементы |       |                             |       |                             |       |                             |       |                             |
| La                      | нг/л  | $\frac{34.9}{23.4-46.3}$    | 42.5  | $\frac{30.9}{22.0-42.5}$    | 20.4  | $\frac{36.2}{23.8-56.1}$    | 35.2  | $\frac{28.4}{16.8-46.2}$    |



Продолжение таблицы 1.

| 1                   | 2     | 3                           | 4     | 5                           | 6     | 7                           | 8     | 9                           |
|---------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------|
| Ce                  | «     | $\frac{75.8}{56.6-89.2}$    | 90.2  | $\frac{60.1}{40.2-78.1}$    | 40.4  | $\frac{72.4}{54.2-88.2}$    | 73.7  | $\frac{53.4}{34.2-83.6}$    |
| Pr                  | «     | $\frac{10.7}{9.9-11.6}$     | 11.3  | $\frac{7.9}{5.9-9.9}$       | 4.0   | $\frac{9.1}{7.3-11.1}$      | 9.0   | $\frac{6.7}{4.2-9.8}$       |
| Nd                  | «     | $\frac{42.8}{40.6-47.9}$    | 45.5  | $\frac{32.7}{22.2-42.8}$    | 17.4  | $\frac{35.1}{24.7-42.8}$    | 39.2  | $\frac{28.7}{20.0-41.3}$    |
| Sm                  | «     | $\frac{8.4}{6.2-10.6}$      | 9.5   | $\frac{6.5}{4.7-9.5}$       | 6.2   | $\frac{7.5}{6.3-10.4}$      | 7.4   | $\frac{6.1}{4.1-9.4}$       |
| Eu                  | «     | $\frac{4.2}{3.3-4.8}$       | 4.9   | $\frac{4.0}{3.0-4.9}$       | 3.2   | $\frac{3.6}{2.6-4.3}$       | 3.0   | $\frac{3.4}{2.8-4.2}$       |
| Gd                  | «     | $\frac{7.8}{6.0-9.9}$       | 9.6   | $\frac{7.0}{5.2-9.3}$       | 5.5   | $\frac{8.1}{6.8-9.7}$       | 9.0   | $\frac{6.6}{4.2-9.8}$       |
| Tb                  | «     | $\frac{1.0}{0.8-1.2}$       | 0.9   | $\frac{1.0}{0.7-1.2}$       | 0.7   | $\frac{1.0}{0.8-1.2}$       | 1.0   | –                           |
| Dy                  | «     | $\frac{6.2}{5.4-7.3}$       | 7.8   | $\frac{6.2}{4.9-7.5}$       | 4.1   | $\frac{6.4}{5.0-7.4}$       | 6.6   | $\frac{5.6}{4.0-7.5}$       |
| Ho                  | «     | $\frac{1.1}{0.9-1.4}$       | 1.1   | $\frac{1.2}{0.9-1.5}$       | 0.8   | $\frac{1.3}{1.1-1.6}$       | 1.3   | $\frac{1.0}{0.7-1.4}$       |
| Er                  | «     | $\frac{4.1}{3.3-4.9}$       | 3.8   | $\frac{4.0}{3.4-4.8}$       | 3.5   | $\frac{4.0}{3.2-4.8}$       | 3.6   | $\frac{3.5}{2.5-4.7}$       |
| Tm                  | «     | $\frac{0.61}{0.53-0.68}$    | 0.56  | $\frac{0.62}{0.50-0.71}$    | 0.45  | $\frac{0.58}{0.46-0.69}$    | 0.52  | $\frac{0.54}{0.41-0.65}$    |
| Yb                  | «     | $\frac{4.4}{3.8-5.4}$       | 4.1   | $\frac{4.2}{3.5-4.7}$       | 3.5   | $\frac{4.3}{3.5-5.1}$       | 3.5   | $\frac{3.9}{3.0-5.1}$       |
| Lu                  | «     | $\frac{0.54}{0.47-0.60}$    | 0.52  | $\frac{0.63}{0.55-0.74}$    | 0.50  | $\frac{0.64}{0.55-0.73}$    | 0.61  | $\frac{0.58}{0.47-0.69}$    |
| Аниогенные элементы |       |                             |       |                             |       |                             |       |                             |
| B                   | мкг/л | $\frac{21.5}{19.7-23.0}$    | 21.0  | –                           | –     | $\frac{32.1}{27.8-35.9}$    | 38.2  | $\frac{32.7}{28.2-36.5}$    |
| V                   | «     | $\frac{2.41}{2.31-2.47}$    | 2.54  | $\frac{2.24}{2.02-2.52}$    | 2.44  | $\frac{2.14}{1.82-2.33}$    | 2.65  | $\frac{2.83}{2.40-3.13}$    |
| Cr                  | «     | $\frac{0.16}{0.13-0.21}$    | 0.19  | $\frac{0.21}{0.15-0.32}$    | 0.10  | $\frac{0.15}{0.09-0.27}$    | 0.09  | $\frac{0.15}{0.11-0.19}$    |
| Ge                  | нг/л  | $\frac{10.0}{8.4-11.7}$     | 10.5  | $\frac{7.9}{5.4-9.8}$       | 6.1   | $\frac{7.6}{5.2-10.5}$      | 6.0   | $\frac{7.7}{5.7-9.6}$       |
| As                  | мкг/л | $\frac{1.38}{1.30-1.47}$    | 2.16  | $\frac{1.42}{1.33-1.53}$    | 2.31  | $\frac{1.34}{1.25-1.43}$    | 2.69  | $\frac{1.51}{1.34-1.66}$    |
| Se                  | «     | $\frac{0.54}{0.40-0.66}$    | 0.71  | –                           | –     | –                           | –     | –                           |
| Mo                  | «     | $\frac{0.67}{0.61-0.70}$    | 0.65  | $\frac{0.72}{0.68-0.76}$    | 0.69  | $\frac{0.76}{0.73-0.79}$    | 0.76  | $\frac{0.80}{0.77-0.83}$    |
| W                   | «     | $\frac{0.022}{0.020-0.027}$ | 0.023 | $\frac{0.017}{0.011-0.023}$ | 0.006 | $\frac{0.021}{0.016-0.028}$ | 0.025 | $\frac{0.022}{0.018-0.027}$ |

**Примечания:** \*в числителе приведены среднегеометрические значения, в знаменателе – диапазон измеренных концентраций; \*\*курсивом отмечены значимые отклонения от диапазона концентраций в дельте Волги. **Notes:** \*geometric mean values are listed in numerator, ranges of the measured concentrations are resulted in denominator; \*\*italics shown meaningful deviations from range of the concentrations in the Volga River delta.

Концентрации растворенных форм минерального фосфора и кремния в дельтовых водотоках изменялись в широких пределах (табл. 1), составляя в среднем соответственно 26.2, 35.4, 29.5 и 16.1 мкг Р/л и 1.66, 2.81, 2.56 и 1.69 мг Si/л во время съемок 2007-2010 гг. Это по порядку величин совпадает со среднегодовыми концентрациями биогенных элементов в вершине дельты: 17.5 мкг Р/л и 2.61 мг Si/л согласно обобщению данных режимных наблюдений в с. Верхнее Лебяжье за 1934-1977 гг. (Леонов, Дубинин, 2001). В низовье Ахтубы содержание минерального фосфора во все годы превышало максимальные концентрации в дельтовых рукавах, тогда как содержание кремния отличалось от наблюдаемых в дельте концентраций как в большую, так и в меньшую сторону.

Ранее нами было показано (Савенко и др., 2011), что между содержанием растворенных фосфатов и кремния существует хорошо выраженная взаимосвязь, характер которой (простая положительная или отрицательная линейная зависимость, ломаная линейная зависимость) различался в разные годы наблюдений. Также было установлено, что межгодовая изменчивость параметров этой зависимости определяется вариациями биомассы фитопланктона, более чем на 90% состоящей из диатомовых водорослей, которые, помимо фосфора, в значительных количествах потребляют кремний. Это позволяет утверждать, что ведущую роль в трансформации стока растворенных форм минерального фосфора и кремния в дельтовых водотоках играют процессы ассимиляции водной биотой и регенерации при разложении органического вещества.

Распределение растворенных форм микроэлементов в русловых системах рукавов дельты Волги, так же, как и компонентов основного солевого состава, характеризуется пространственной однородностью: концентрации элементов всех групп изменялись в довольно узких интервалах значений, за пределы которых в отдельных случаях выходило содержание в низовье Ахтубы (табл. 1).

Средние концентрации лития, рубидия и цезия в дельтовых водотоках (4.09-4.85, 0.92-1.16 и 0.0017-0.0022 мкг/л) близко соответствовали таковым на речной границе зоны смешения волжских и каспийских вод, равным 3.88, 1.12 и 0.002 мкг/л по данным наблюдений 2004-2006 гг. (Савенко и др., 2014), но при этом существенно отличались от содержания в глобальном материковом стоке: 1.84, 1.63 и 0.011 мкг/л (Гордеев, 2012). Содержание стронция в волжских водах почти на порядок выше, чем в стоке рек мира (60 мкг/л, Гордеев, 2012), и составило 410-530 мкг/л на акватории дельты в 2001 (Моисеенко и др., 2005) и 2007-2010 гг. и 250-700 мкг/л на ее морском крае в 1996 и 2003-2006 гг. (Савенко и др., 2014). Концентрация растворенного бария в дельте Волги (28.0-30.2 мкг/л) и на ее морской границе (28.8 мкг/л, Савенко и др., 2014) в наименьшей степени подвержена межгодовым колебаниям и близка к содержанию в речном стоке: 23.0 мкг/л (Гордеев, 2012).

Концентрации тяжелых металлов в дельтовых рукавах по данным съемок 2007-2010 гг. сопоставимы с типичными значениями при выходе волжских вод на устьевое взморье и средними концентрациями в материковом стоке, за исключением цинка и серебра, для которых различие содержания в водах рек мира и Волги достигало порядка величины (табл. 2). С результатами мониторинга микроэлементного состава водотоков дельты и прилегающей к ней части Нижней Волги наблюдается удовлетворительное соответствие по марганцу, никелю и меди, тогда как расхождение концентраций кобальта, цинка, свинца и кадмия составило 10, 9, 30 и 17 раз, что, возможно, связано с использованием нами более чувствительного метода анализа ICP-MS.

**Таблица 2.** Концентрации растворенных форм тяжелых металлов в водотоках дельты Волги и глобальном речном стоке\*. **Table 2.** Concentrations of dissolved forms of heavy metals in the Volga River delta watersheds and in the global river runoff\*.

| Эле-<br>мент | Средние концентрации в растворе, мкг/л |                                     |   |   |                                       |  |
|--------------|--|-------------------------------------|---|---|---------------------------------------|--|
|              | реки мира<br>(Гордеев,<br>2012)        | дельта Волги                        |   |   |                                       |  |
|              |  | 2007-2010 гг.<br>(данная<br>работа) | 2004-2006 гг.<br>(Савенко и<br>др., 2014) | 1999-2003 гг.<br>(Чуйко, По-<br>пова, 2004) | 2001 г.<br>(Моисеенко<br>и др., 2005) | 1997 г.<br>(Бреховских<br>и др., 1999) |
| 1            | 2                                      | 3                                   | 4   | 5   | 6                                     | 7                                      |
| Mn           | 10.0                                   | 2.6-3.3                             | 4.0-16.2                                  | 3.1-6.0                                     | 28.5                                  | 2.3                                    |
| Fe           | 66.0                                   | 27.4-45.3                           | 13.0-18.1                                 | –   | –                                     | –                                      |
| Co           | 0.15                                   | 0.07-0.10                           | 0.13-0.24                                 | –   | 0.7                                   | –                                      |
| Ni           | 0.5                                    | 1.4-1.5                             | 1.8-2.2                                   | –   | 2.3                                   | –                                      |

Продолжение таблицы 2.

| 1  | 2    | 3         | 4         | 5         | 6    | 7    |
|----|------|-----------|-----------|-----------|------|------|
| Cu | 1.5  | 1.6-1.8   | 1.9-2.7   | 3.2-8.0   | 1.7  | 3.3  |
| Zn | 0.6  | 3.8-8.1   | –         | 16.7-29.5 | 5.4  | 33.2 |
| Pb | 0.08 | 0.09-0.14 | 0.2-0.5   | 1.4-2.8   | 1.9  | 1.8  |
| Cd | 0.02 | 0.02      | 0.03-0.04 | 0.25-0.34 | 0.11 | 0.23 |
| Ag | 0.02 | 0.0014    | 0.005     | –         | –    | –    |
| Sb | 0.07 | 0.09-0.10 | 0.11      | –         | –    | –    |

**Примечание:** \*здесь и в таблицах 3 и 4: 2004-2006 гг. – речная граница зоны смешения волжских и каспийских вод; 1997 и 2001 гг. – Нижняя Волга, включая дельту. Note: \*here and in the tables 3 and 4: 2004-2006 is the mixing zone of waters of the Volga River and the Caspian Sea; 1997 and 2001 is the Lower Volga River including delta.

Содержание элементов-гидролизатов, включая редкоземельные элементы, в русловых системах дельты близко к их средним концентрациям на речной границе зоны смешения и в глобальном материковом стоке (табл. 3). Обращает внимание лишь на два порядка более высокое содержание скандия в волжских водах и обеднение их торием, что нуждается в подтверждении на более обширном материале.

**Таблица 3.** Концентрации растворенных форм элементов-гидролизатов в водотоках дельты Волги и глобальном речном стоке. **Table 3.** Concentrations of dissolved forms of elements-hydrolyzates in the Volga River delta watersheds and in the global river runoff.

| Элемент | Средние концентрации в растворе, мкг/л |                                  |  |
|---------|--|----------------------------------|--|
|         | реки мира<br>(Гордеев, 2012)           | дельта Волги                     |  |
|         |  | 2007-2010 гг.<br>(данная работа) | 2004-2006 гг.<br>(Савенко и др., 2014) |
| Al      | 32.0                                   | 16.8-21.8                        | 6.2-9.3                                |
| Ga      | 0.030                                  | 0.008-0.014                      | 0.008                                  |
| Sc      | 0.004                                  | 0.30-0.31                        | 0.49                                   |
| Y       | 0.040                                  | 0.038-0.044                      | 0.025                                  |
| Ti      | 0.50                                   | 0.89-1.01                        | 0.56-2.8                               |
| Zr      | 0.039                                  | 0.043-0.057                      | –                                      |
| Hf      | 0.0059                                 | 0.0031-0.0038                    | –                                      |
| Th      | 0.041                                  | 0.0026-0.0037                    | –                                      |
| U       | 0.37                                   | 0.63-0.80                        | 0.58                                   |
| La      | 0.050                                  | 0.028-0.036                      | –                                      |
| Ce      | 0.080                                  | 0.053-0.076                      | 0.030-0.060                            |
| Pr      | 0.007                                  | 0.007-0.011                      | 0.005-0.009                            |
| Nd      | 0.040                                  | 0.029-0.043                      | 0.020-0.030                            |
| Sm      | 0.008                                  | 0.006-0.008                      | –                                      |
| Eu      | 0.001                                  | 0.003-0.004                      | –                                      |
| Gd      | 0.008                                  | 0.007-0.008                      | –                                      |
| Tb      | 0.001                                  | 0.001                            | –                                      |
| Dy      | 0.030                                  | 0.006                            | 0.004-0.006                            |
| Ho      | 0.001                                  | 0.001                            | 0.002-0.005                            |
| Er      | 0.004                                  | 0.004                            | 0.005-0.013                            |
| Tm      | 0.001                                  | 0.0005-0.0006                    | 0.0014-0.0021                          |
| Yb      | 0.017                                  | 0.004                            | 0.007-0.011                            |
| Lu      | 0.001                                  | 0.0005-0.0006                    | 0.0015-0.0026                          |

Для анионогенных элементов наблюдается хорошая сходимость концентраций в дельте Волги по данным разных лет и содержания в речном стоке (табл. 4), что указывает на слабую пространственно-

временную изменчивость их распределения. Существенные отличия от состава стока рек мира характерны только для селена и вольфрама.

**Таблица 4.** Концентрации растворенных форм аниогенных элементов в водотоках дельты Волги и глобальном речном стоке. **Table 4.** Concentrations of dissolved forms of anionogenic elements in the Volga River delta watersheds and in the global river runoff.

| Элемент | Средние концентрации в растворе, мкг/л |                                  |  |                                    |
|---------|--|----------------------------------|--|------------------------------------|
|         | реки мира<br>(Гордеев, 2012)           | дельта Волги                     |  |                                    |
|         |  | 2007-2010 гг.<br>(данная работа) | 2004-2006 гг.<br>(Савенко и др., 2014) | 2001 г.<br>(Моисеенко и др., 2005) |
| B       | 10.2                                   | 21.5-32.7                        | 17.7                                   | –                                  |
| V       | 0.71                                   | 2.14-2.83                        | 2.35                                   | 2.29                               |
| Cr      | 0.70                                   | 0.15-0.21                        | –                                      | 0.58                               |
| Ge      | 0.0068                                 | 0.0076-0.010                     | –                                      | –                                  |
| As      | 0.62                                   | 1.34-1.51                        | 1.97                                   | 1.66                               |
| Se      | 0.07                                   | 0.54                             | –                                      | 0.77                               |
| Mo      | 0.42                                   | 0.67-0.80                        | 0.81                                   | 0.44                               |
| W       | 0.10                                   | 0.017-0.022                      | 0.020                                  | –                                  |

Таким образом, результаты проведенных исследований, характеризующие эколого-гидрохимическое состояние вод в дельте Волги, позволяют утверждать, что в русловых системах дельтовых рукавов значительной трансформации подвергается только сток биогенных элементов под влиянием продукционно-деструкционных процессов. Миграция ионов основного солевого состава и растворенных микроэлементов в дельтовых водотоках происходит без каких-либо существенных изменений, о чем свидетельствует небольшая пространственная вариабельность концентраций изученных компонентов на фоне более ярко выраженной межгодовой изменчивости, обусловленной динамикой условий формирования стока в вершине дельты.

### Выводы

Установлена пространственная однородность распределения главных ионов и растворенных форм микроэлементов в русловых системах рукавов дельты Волги: концентрации элементов всех групп, кроме биогенных, изменялись в довольно узких интервалах значений, за пределы которых в отдельных случаях выходило содержание в низовье Ахтубы.

Распределение растворенных форм минерального фосфора и кремния в дельтовых водотоках характеризуется сильной пространственной изменчивостью и контролируется процессами ассимиляции водной биотой и регенерации при разложении органического вещества.

Для всех изученных растворенных компонентов (главные ионы, биогенные элементы, редкие щелочные и щелочноземельные элементы, тяжелые металлы, элементы-гидролизаты, редкоземельные элементы и аниогенные элементы) выявлена существенная межгодовая изменчивость концентраций, которая, наряду с продукционно-деструкционными процессами для биогенных элементов, является ведущим фактором формирования химического состава вод дельты Волги при выходе на устьевое взморье.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бреховских В.Ф., Катунин Д.Н., Островская Е.А., Перекальский В.М., Попова О.В. 1999. Процессы переноса и накопления тяжелых металлов на Нижней Волге // Водные ресурсы. Т. 26. № 4. С. 451-461.
- Гордеев В.В. 2012. Геохимия системы река–море. М.: ИП Матушкина И.И. 452 с.
- Леонов А.В., Дубинин А.В. 2001. Взвешенные и растворенные формы биогенных элементов, их соотношение и взаимосвязь в основных притоках Каспийского моря // Водные ресурсы. Т. 28. № 3. С. 261-279.
- Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А., Шарова Ю.Н., Покоева А.Г. 2005. Экотоксикологическая оценка последствий загрязнения вод р. Волги // Водные ресурсы. Т. 32. № 4. С. 410-424.

- Савенко А.В., Бреховских В.Ф., Лабунская Е.Н.* 2011. Межгодовая изменчивость распределения растворенных форм биогенных элементов в водах дельты Волги и ее связь с вариациями биомассы фитопланктона // *Аридные экосистемы*. Т. 17. № 4(49). С. 70-75.
- Савенко А.В., Бреховских В.Ф., Покровский О.С.* 2014. Миграция растворенных микроэлементов в зоне смешения вод Волги и Каспийского моря (по многолетним данным) // *Геохимия*. № 7. С. 590-604.
- Чуйко Е.В., Попова О.В.* 2004. Тяжелые металлы в водотоках дельты р. Волги // *Комплексные исследования биологических ресурсов южных морей и рек. Материалы I Международн. научно-практич. конф. молодых ученых*. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. С 26-209.

#### MACRO- AND MICROELEMENT WATER COMPOSITION OF THE VOLGA RIVER DELTA AND ITS INTERANNUAL VARIABILITY

© 2016. A.V. Savenko\*, V.F. Brekhovskikh\*\*, O.S. Pokrovsky\*\*\*

*\*M.V. Lomonosov Moscow State University, Geological Faculty  
Russia, 119992 Moscow, Leninskie Gory, 1. E-mail: Alla\_Savenko@rambler.ru*

*\*\*Water Problems Institute of Russian Academy of Sciences  
Russia, 119333 Moscow, Gubkin str., 3. E-mail: vadim@aqua.laser.ru*

*\*\*\*National Research Tomsk State University  
Russia, 634050 Tomsk, Lenin prosp., 36. E-mail: oleg@get.obs-mip.fr*

Estimation of spatial variations of chemical composition of the Volga River delta waters and its interannual variability was made on the base of long-term data about content of macro components, biogenic elements, and trace elements. It was shown, that significant transformation inside of the delta is typical only for the biogenic elements runoff influenced by production–destruction processes whereas migration of the major ions and dissolved trace elements in the delta watersheds occurs without any essential variations.

*Keywords:* chemical composition of water, major ions, trace elements, interannual variability, the Volga River delta.

УДК 631.46:631.48:930.26

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ПАЛЕОПОЧВАХ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ КУРГАНОВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ В СВЯЗИ С ДИНАМИКОЙ УВЛАЖНЕННОСТИ КЛИМАТА<sup>1</sup>

© 2016 г. Н.Н. Каширская, Т.Э. Хомутова, Т.С. Демкина, М.В. Ельцов, А.В. Борисов

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН  
Россия, 142290 Пушкино Московской обл., ул. Институтская, 2  
E-mail: Kashirskaya81@rambler.ru*

Поступила 06.02.2015

Проведены исследования изменчивости микробной биомассы во времени и по почвенному профилю в разновозрастных подкурганных погребенных каштановых и светло-каштановых почвах и их современных фоновых аналогах на Приволжской и Ергенинской возвышенностях. Показано, что в каштановых палеопочвах эпохи бронзы практически все микробные клетки находятся в состоянии покоя и не дают респираторного отклика на внесение глюкозы. При этом в палеопочве, погребенной в наиболее засушливый период, было установлено увеличение суммарной микробной биомассы и численности колониеобразующих единиц. Максимальные величины активной микробной биомассы при минимальной численности клеток были выявлены в почвах, погребенных в относительно гумидные периоды. Увеличение суммарной микробной биомассы и доли углерода микробных клеток в органическом углероде почв, погребенных в экстремально засушливое время на рубеже II-III тыс. до н.э., может свидетельствовать об адаптации микробных сообществ к неблагоприятным условиям среды.

*Ключевые слова:* каштановые почвы, палеопочвы, микробные сообщества, микробная биомасса, численность клеток, сухие степи, климат.

В последние годы широкое распространение получили исследования палеопочв, погребенных под разновозрастными археологическими и историческими памятниками. Показано, что в палеопочвах под курганными насыпями, оборонительными валами, культурными слоями поселений, до настоящего времени сохраняются признаки и свойства, отражающие многообразие условий почвообразования и их вековую динамику (Демкин, 1997; Дергачева, 1997, Александровский, Александровская, 2005). Выявлены почвенные характеристики, на основании которых стало возможно реконструировать степень увлажненности климата в эпоху создания памятника. К числу важнейших показателей, позволяющих реконструировать палеоклимат, относятся содержание водорастворимых компонентов и глубина залегания их аккумуляций в почвенном профиле, степень выраженности признаков солонцеватости, наличие или отсутствие новообразований оксидов марганца в солонцовом горизонте, формы новообразований карбонатов, содержание и состав гумуса, окраска и мощность гумусового горизонта, а также величина магнитной восприимчивости (Демкин, 1997). Весьма представительна география палеоэкологических исследований: это и Центральное Черноземье (Чендев, 2001), Причерноморье (Лисецкий и др., 2013); Нижнее Поволжье (Демкин, 1997; Борисов и др., 2006), Предуралье (Хохлова, 2007), степное Зауралье (Плеханова, Демкин, 2008а, б), Западная Сибирь (Дергачева, 1997).

Источником дополнительной палеоэкологической информации при изучении разновозрастных подкурганных палеопочв является их микробиологическая характеристика, позволяющая в ряде случаев уточнить и детализировать данные о смене гумидных и аридных эпох на протяжении

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 14-04-00934, 14-06-00200 и программ Президиума РАН №№ 18, 30

исторического времени (Демкина и др., 2010; Каширская и др., 2013). В этой связи к наиболее информативным показателям состояния микробных сообществ относится их эколого-трофическая структура, определяемая как соотношение различных групп микроорганизмов, образующих колонии на агаризованных средах с различным содержанием доступных питательных веществ. Так, о наступлении аридных эпох свидетельствует преобладание микроорганизмов, образующих колонии на почвенном агаре с низкой концентрацией элементов питания и способных получать питательные вещества из рассеянного состояния (Демкина и др., 2010). В свою очередь, на гумидизацию климата указывает возрастание доли клеток, растущих на богатой среде, и увеличение биомассы активных клеток, дающих респираторный отклик на внесение глюкозы (СИД, Anderson, Domsch, 1978)).

Неотъемлемой частью комплекса индикаторных микробиологических параметров является суммарная микробная биомасса (СМБ), включающая все клетки микробного сообщества, в том числе их некультивируемые формы. Эти клетки находятся в покоящемся состоянии, не растут на питательных средах и не дают дыхательного отклика на внесение субстратов. Известно, что в покоящемся состоянии находится около 70% микробного сообщества почвы, что подтверждается данными о погребенных и современных почвах сухих степей (Каширская и др., 2010). В разновозрастных погребенных почвах соотношение углерода активной микробной биомассы и общей микробной биомассы (С-СИД/С-СМБ) позволяет характеризовать структуру микробных популяций, погребенных в аридные и гумидные климатические периоды.

В связи с этим, цель работы заключалась в выявлении профильной и временной изменчивости микробной биомассы разновозрастных подкурганых палеопочв Нижнего Поволжья в связи с динамикой увлажнения климата.

#### **Район, объекты и методы исследований**

Объектами исследования были каштановые и светло-каштановые палеопочвы, погребенные под разновозрастными археологическими памятниками, и современные фоновые почвы, развитые в сухостепной и пустынно-степной зонах Нижнего Поволжья на лессовидных карбонатных засоленных суглинках. Исследовано два хроноряда разновозрастных погребенных почв.

*Авиловский хроноряд.* Курганный могильник «Авиловский» расположен в южной части Приволжской возвышенности, на правом берегу р. Иловли, в 1 км к западу от с. Авилов (Иловлинский район Волгоградской области). Климат умеренно континентальный. Среднегодовое количество осадков составляет около 350 мм, среднегодовая температура +70 °С. Курганы расположены на участке с естественным растительным покровом, в составе которого доминируют полынь (*Artemisia incana*) и типчак (*Festuca valesiaca*). В почвенном покрове преобладают каштановые почвы.

Время погребения палеопочв, определенное археологическими методами (Скрипкин, 2008), относится к эпохе бронзы (рубеж IV-III тыс. до н.э., ~5000 л.н., третья четверть III тыс. до н.э., ~4800 л.н.; рубеж III-II тыс. до н.э., ~4000 л.н.), раннежелезному веку (I в. н.э., ~1950 л.н.; 2-я половина II - 1-я половина III вв. н.э., ~1800 л.н.) и средневековью (1-я пол. XIII в. н.э., ~750 л.н.).

*Чограйский хроноряд.* Ключевые объекты расположены в районе Чограйского водохранилища на плоских межбалочных водоразделах, в Ики-Бурульском районе Республики Калмыкия. Среднегодовое количество осадков составляет 250–350 мм, среднегодовая температура +70 °С. В составе курганных могильников «Манджикины-1», «Зунда-Толга-1» и «Зунда-Толга-2» было исследовано пять курганов. Участки целинные, в растительном покрове преобладают полынно-злаковые ассоциации. Почвенный покров представлен светло-каштановыми почвами в комплексе с солонцами.

Время сооружения памятников относится к эпохе бронзы: рубеж III-IV тыс. до н.э., середина III тыс. до н.э., третья четверть III тыс. до н.э. и рубеж III-II тыс. до н.э. Радиоуглеродный возраст, определенный для пяти палеопочв по костному материалу основных погребений курганов, составляет 5100±50, 4410±100, 4260±120, 4120±70 и 3960±40 л.н.

Методы исследований. Для микробиологического анализа использовали почвенные образцы, отобранные репрезентативно по генетическим горизонтам с соблюдением условий стерильности.

Суммарная микробная биомасса определялась путем получения микробной фракции по следующей схеме. Почвенную навеску 6 г обрабатывали ультразвуком в 60 мл 0,5% раствора пирофосфата натрия двумя импульсами по 0.5 мин. с паузой между ними 0.5 мин. с помощью

ультразвукового генератора УЗГ 13-0.1/22 при мощности 50 Вт и частоте 22 кГц. Суспензию доводили до 250 мл, экстракт микробной фракции отделяли от почвенного осадка на центрифуге К-70 при 1000 об./мин. в течение 30 мин. Из почвенного осадка дважды экстрагировали микробную фракцию, как описано выше. Экстракты объединяли и центрифугировали при 5000 об./мин. в течение 120 мин. Микробную фракцию промывали в 100 мл 0.5% раствора пиродифосфата натрия, осаждали в течение 30 мин. при 5000 об./мин. и высушивали при 105 °С. Все растворы перед употреблением были стерилизованы и охлаждены до 4 °С.

Содержание органического углерода в сухом веществе микробной фракции (С-МФ) определяли методом бихроматного окисления со спектрофотометрическим окончанием. Для пересчета С-МФ в углерод суммарной микробной биомассы (С-СМБ) проводилось определение коэффициента полноты экстракции. Для этого в микробной фракции и почвенном осадке оценивалась численность клеток, образующих колонии на питательной среде (почвенный агар). Ранее было показано, что метод фракционирования почвы не является селективным для микроорганизмов, способных к росту на питательных средах (Каширская и др., 2009). Поэтому численность колониеобразующих единиц (КОЕ) была использована в качестве метки всего микробного сообщества для расчета коэффициента полноты экстракции микробной фракции по формуле:

$$K_{П.Э.} = \text{КОЕ}_{(М.Ф.)} / \text{КОЕ}_{(М.Ф.+П.О.)}, \quad (1)$$

где  $K_{П.Э.}$  – коэффициент полноты экстракции,  $\text{КОЕ}_{(М.Ф.)}$  – численность КОЕ в экстракте микробной фракции,  $\text{КОЕ}_{(М.Ф.+П.О.)}$  – суммарная численность КОЕ во фракционированной почве. На основании полученных данных рассчитывали содержание углерода суммарной микробной биомассы в почвенных образцах по формуле:

$$С-СМБ = С-МФ \times K_{П.Э.}, \quad (2)$$

где С-МФ – содержание органического углерода в микробной фракции,  $K_{П.Э.}$  – коэффициент полноты ее экстракции. Кроме того, численность микроорганизмов, образующих колонии на почвенном агаре (сумма КОЕ в микробной фракции и почвенном осадке) оценивалась в качестве самостоятельной характеристики микробного сообщества. Метод выделения микробной фракции не позволяет учитывать биомассу мицелия грибов, так как он почти полностью осаждается при центрифугировании. Однако в каштановых и светло-каштановых почвах биомасса мицелия грибов составляет не более 6% (реальный диаметр гиф 3 мкм (Полянская и др., 1995), сухой вес 20%, содержание углерода 40%) и не вносит существенного вклада в СМБ (Каширская и др., 2009).

Активную микробную биомассу (биомассу клеток, дающих респираторный отклик на внесение глюкозы) оценивали методом субстратиндуцированного дыхания (Anderson, Domsch, 1978). Статистическая обработка данных проводилась стандартными методами (Дмитриев, 1995).

### Результаты и их обсуждение

*Авиловский хроноряд.* Физико-химические свойства каштановых палеопочв и современной фоновой почвы представлены в таблицах 1 и 2. Почвы эпохи бронзы характеризовались щелочной реакцией, среднесуглинистым гранулометрическим составом, высокой степенью текстурной дифференциации в верхней части профиля. В этом хроноряде выделяется палеопочва, погребенная ~4000 л.н., не имеющая аналогов в современном почвенном покрове региона и диагностированная как каштановидная карбонатная несолонцеватая солончаковатая. Она характеризовалась поверхностным вскипанием (содержание  $\text{CaCO}_3$  в горизонте А1 составляло около 5%), отсутствием текстурной дифференциации в верхней части профиля и отсутствием признаков солонцеватости. Содержание ЛРС в слое 0-200 см было в 1.5-2 раза больше, содержание гипса в слое 0-100 см – в 20-40 раз больше, а глубины залегания аккумуляций этих компонентов располагалась на 55–75 см выше, чем в палеопочвах, погребенных на более ранних этапах эпохи бронзы. Высокая степень засоления каштановидной палеопочвы, как мы полагаем, свидетельствует об экстремально засушливых условиях палеоэкологического кризиса на рубеже III-II тыс. до н.э.

В каштановой солонцеватой глубокосолончаковатой палеопочве эпохи раннего железа (~1950 л.н.), средневзвешенные содержания карбонатов в слое 0-50, гипса в слое 0-100 и ЛРС в слое 0-200 см были соответственно в 1.5, 2.5 и 2 раза меньше, чем в каштановой солонцеватой солончаковатой палеопочве, датированной ~1800 л.н. Аккумуляции ЛРС и гипса в палеопочве, датированной ~1950 л.н., совпадали и залегали на глубине 125 см., соответственно на 55 и 5 см глубже, чем в палеопочве, датированной ~1800 л.н. Более глубокое залегание аккумуляций



водорастворимых компонентов и меньшее их средневзвешенное содержание в палеопочве,

**Таблица 1.** Физико-химические свойства каштановых почв. **Table 1.** Physicochemical properties of chestnut soils.

| Горизонт   | C <sub>орг</sub> | pH водн. | CaCO <sub>3</sub> , % | CaSO <sub>4</sub> , % | Ил, % | Глина, % |
|--|------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-------|----------|
| Современная почва, разрез Д-505  |                  |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-10  | 1.28             | 7.3      | 0.1                   | -                     | 12    | 31       |
| B1 10-30   | 0.96             | 7.6      | 0.2                   | -                     | 22    | 40       |
| B2ca 30-46   | 0.46             | 8.6      | 6.7                   | -                     | 27    | 45       |
| Эпоха бронзы. Рубеж VI-III тыс. до н.э., разрез Д-538                            |                  |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-9   | 0.18             | 8.3      | 2.4                   | 0.2                   | 14    | 30       |
| B1 9-30  | 0.18             | 8.2      | 2.6                   | -                     | 26    | 39       |
| B2 30-54   | 0.09             | 8.5      | 14.7                  | 0.3                   | 27    | 43       |
| Эпоха бронзы. 1-я четверть III тыс. до н.э., разрез Д-534                        |                  |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-9   | 0.27             | 8.3      | 3.1                   | 0.6                   | 13    | 35       |
| B1 9-30  | 0.18             | 8.5      | 2.8                   | 0.2                   | 25    | 41       |
| B2ca 30-49   | 0.09             | 8.5      | 12.8                  | 0.3                   | 26    | 34       |
| Эпоха бронзы. III-II тыс. до н.э., разрез Д-510                                  |                  |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-12  | 0.35             | 8.3      | 4.9                   | 1.8                   | 22    | 36       |
| B 12-29  | 0.29             | 8.2      | 7.8                   | 1.8                   | 23    | 40       |
| Bca 29-44  | нет              | 8.5      | 13.8                  | 0.9                   | 26    | 44       |
| Эпоха раннего железа. I в. н.э., разрез Д-503                                    |                  |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-13  | 0.84             | 8.1      | 0.1                   | -                     | 19    | 33       |
| B1 13-32   | 0.72             | 7.6      | 0.8                   | 1.7                   | 26    | 39       |
| B2ca 32-46   | 0.54             | 7.8      | 14.2                  | 3.6                   | 27    | 43       |
| Эпоха раннего железа. 2-я половина II – 1-я половина III в.в. н.э., разрез Д-509 |                  |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-10  | 1.30             | 8.7      | 4.9                   | 0.8                   | 21    | 37       |
| B1 10-29   | 0.72             | 8.4      | 2.4                   | 6.6                   | 28    | 44       |
| B2ca 29-40   | 0.54             | 8.7      | 14.2                  | 2.6                   | 28    | 45       |
| Средневековье. 1-я половина XIII в. н.э., разрез Д-504                           |                  |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-12  | 0.72             | 8.6      | 0.1                   | 0.1                   | 14    | 35       |
| B1 12-32   | 0.66             | 7.8      | 0.2                   | 0.2                   | 27    | 44       |
| B2ca 32-47   | 0.48             | 8.4      | 12.4                  | 0.3                   | 31    | 45       |

**Таблица 2.** Содержание водорастворимых компонентов в каштановых палеопочвах и современной фоновой почве Авиловского хроноряда. **Table 2.** Content of soluble components in chestnut paleosols and a modern background soil (Avilovskii chronosequence).

| Разрез,<br>~ время сооружения курганов, л.н. | CaCO <sub>3</sub> , %<br>(слой 0-50 см) | CaSO <sub>4</sub> , %<br>(слой 0-100 см) | ЛРС, %<br>(слой 0-200 см) |
|--|---|--|---------------------------|
| Д-505, современность                         | 6.60                                    | 0.16                                     | 0.66                      |
| Д-538, ~5000                                 | 7.40                                    | 0.11                                     | 0.93                      |
| Д-534, ~4800                                 | 6.88                                    | 0.25                                     | 1.05                      |
| Д-510, ~4000                                 | 8.88                                    | 4.15                                     | 1.71                      |
| Д-503, ~1950                                 | 5.65                                    | 1.10                                     | 0.87                      |
| Д-509, ~1800                                 | 8.32                                    | 2.83                                     | 1.57                      |
| Д-504, ~750                                  | 4.75                                    | 0.16                                     | 0.06                      |

погребенной ~1950 л.н. свидетельствует о большей степени атмосферной увлажненности в I в. н.э. по сравнению со 2-й половиной II – 1-й половиной III вв. н.э. В каштановой остаточно-солонцеватой глубоко засоленной палеопочве, датированной ~750 л.н., вся двухметровая почвенно-грунтовая

толща была практически выщелочена от легкорастворимых солей и гипса, что свидетельствует о наиболее высокой степени атмосферной увлажненности в эпоху средневековья.

Таким образом, погребенные почвы Авиловского хроноряда отражают резко выраженные аридные условия, существовавшие 4000 лет назад, оптимизацию природных условий 1950 лет назад, очередной этап аридизации 1800 лет назад, и палеоэкологический оптимум в эпоху средневековья 750 лет назад.

*Чограйский хроноряд.* Физико-химические свойства светло-каштановых палеопочв и современной фоновой почвы представлены в таблицах 3 и 4.

**Таблица 3.** Физико-химические свойства светло-каштановых почв. **Table 3.** Physicochemical properties of light chestnut soils.

| Горизонт  | Сорг. | pH водн. | CaCO <sub>3</sub> , % | CaSO <sub>4</sub> , % | Ил, % | Глина, % |
|---|-------|----------|-----------------------|-----------------------|-------|----------|
| Светло-каштановая солонцеватая солончаковатая почва, современность          |       |          |                       |                       |       |          |
| Манджикины, разрез Д-531  |       |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-14   | 0.96  | 7.2      | -                     | -                     | 8     | 21       |
| B1 14-37  | 0.60  | 7.9      | 0.5                   | -                     | 35    | 46       |
| B2 37-55  | 0.24  | 8.5      | 15.1                  | 0.8                   | 23    | 40       |
| Светло-каштановая солонцеватая глубокосолончаковатая почва, 5100 ± 50 л.н.  |       |          |                       |                       |       |          |
| Манджикины, разрез Д-529  |       |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-10   | 0.30  | 7.4      | -                     | -                     | 11    | 23       |
| B1 10-34  | 0.12  | 7.6      | 0.5                   | -                     | 24    | 33       |
| B2 34-52  | 0.12  | 8.1      | 14.4                  | 0.5                   | 25    | 38       |
| Светло-каштановая солонцеватая глубокосолончаковатая почва, 4410 ± 100 л.н. |       |          |                       |                       |       |          |
| Зунда-Толга 1, разрез Б-1   |       |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-9  | 0.26  | 7.9      | 0.1                   | 0.3                   | 9     | 31       |
| B1 9-25   | 0.35  | 7.9      | 1.6                   | 0.2                   | 22    | 39       |
| B2 25-46  | 0.28  | 8.2      | 9.5                   | 0.2                   | 22    | 38       |
| Светло-каштановая солонцеватая солончаковатая почва, 4260 ± 120 л.н.        |       |          |                       |                       |       |          |
| Зунда-Толга 2, разрез Б-17  |       |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-10   | 0.26  | 7.9      | 0.2                   | 0.1                   | 7     | 20       |
| B1 10-31  | 0.50  | 7.9      | 2.6                   | 0.3                   | 15    | 37       |
| B2 31-46  | 0.20  | 8.3      | 14.7                  | 0.4                   | 20    | 37       |
| Светло-каштановая солонцеватая солончаковатая почва, 4120 ± 70 л.н.         |       |          |                       |                       |       |          |
| Зунда-Толга 2, разрез Б-3   |       |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-8  | 0.17  | 8.2      | 0.1                   | 0.1                   | 11    | 28       |
| B1 8-23   | 0.23  | 8.2      | 0.2                   | 0.3                   | 26    | 40       |
| B2 23-39  | 0.15  | 8.2      | 17.3                  | 0.4                   | 23    | 41       |
| Каштановидная почва, 3960 л.н. ± 40 л.н.                                    |       |          |                       |                       |       |          |
| Манджикины, разрез Д-530  |       |          |                       |                       |       |          |
| A1 0-7  | 0.36  | 8.9      | 5.5                   | 0.4                   | 16    | 32       |
| B1 7-22   | 0.23  | 8.8      | 5.3                   | 0.8                   | 15    | 30       |
| B2 22-37  | 0.18  | 8.3      | 6.9                   | 3.4                   | 15    | 29       |

В современном почвенном покрове преобладают светло-каштановые солонцеватые солончаковатые почвы с резкой текстурной дифференциацией в верхней части профиля и сильной солонцеватостью. Содержание Сорг. в верхнем горизонте современной почвы составляло 0.96%, мощность гумусового горизонта A1+B1 – 37 см. Линия вскипания была отмечена на глубине 40 см, аккумуляции ЛРС и гипса располагались в средней части профиля (60-90 см). Величины средневзвешенного содержания карбонатов, гипса и ЛРС в слоях 0–50, 0–100 и 0–200 см составляли соответственно 4.16, 0.68 и 0.38%. Палеопочвы хроноряда, как и современная почва, характеризовались щелочной реакцией среды и среднесуглинистым гранулометрическим составом, за исключением легкосуглинистых горизонтов A1 и C. Мощность гумусового горизонта A1+B1 варьировала от 22 до 34 см. Наиболее древняя палеопочва (курганная группа Манджикины-1, радиоуглеродный возраст 5100±50 л.н.)

характеризовалась высокой текстурной дифференциацией, выраженными признаками солонцеватости, низким содержанием ЛРС и гипса. Вскипание отмечалось с 30 см. Величины средневзвешенного содержания карбонатов и ЛРС в слоях 0-50 и 0-200 см здесь были близки к современным, а средневзвешенное содержание гипса в слое 0-100 см было в 2 раза меньше, чем в современной почве.

**Таблица 4.** Содержание водорастворимых компонентов в светло-каштановых палеопочвах и современной фоновой почве Чограйского хроноряда. **Table 4.** Content of soluble components in light chestnut paleosols and in modern analog of soil, Chograysky chronosecvens.

| Разрез,<br>радиоуглеродный<br>возраст курганов, л.н. | CaCO <sub>3</sub><br>(слой 0-50 см) | CaSO <sub>4</sub><br>(слой 0-100 см) | ЛРС<br>(слой 0-200 см) |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Д-531, современность                                 | 4.16                                | 0.68                                 | 0.38                   |
| Д-529, 5100±50                                       | 4.85                                | 0.38                                 | 0.44                   |
| Б-1, 4410±100  | 5.70                                | 0.25                                 | 0.58                   |
| Б-17, 4260±120                                       | 6.56                                | 0.51                                 | 0.79                   |
| Б-3, 4120±70   | 8.45                                | 0.92                                 | 1.35                   |
| Д-530, 3960±40                                       | 8.67                                | 1.86                                 | 1.35                   |

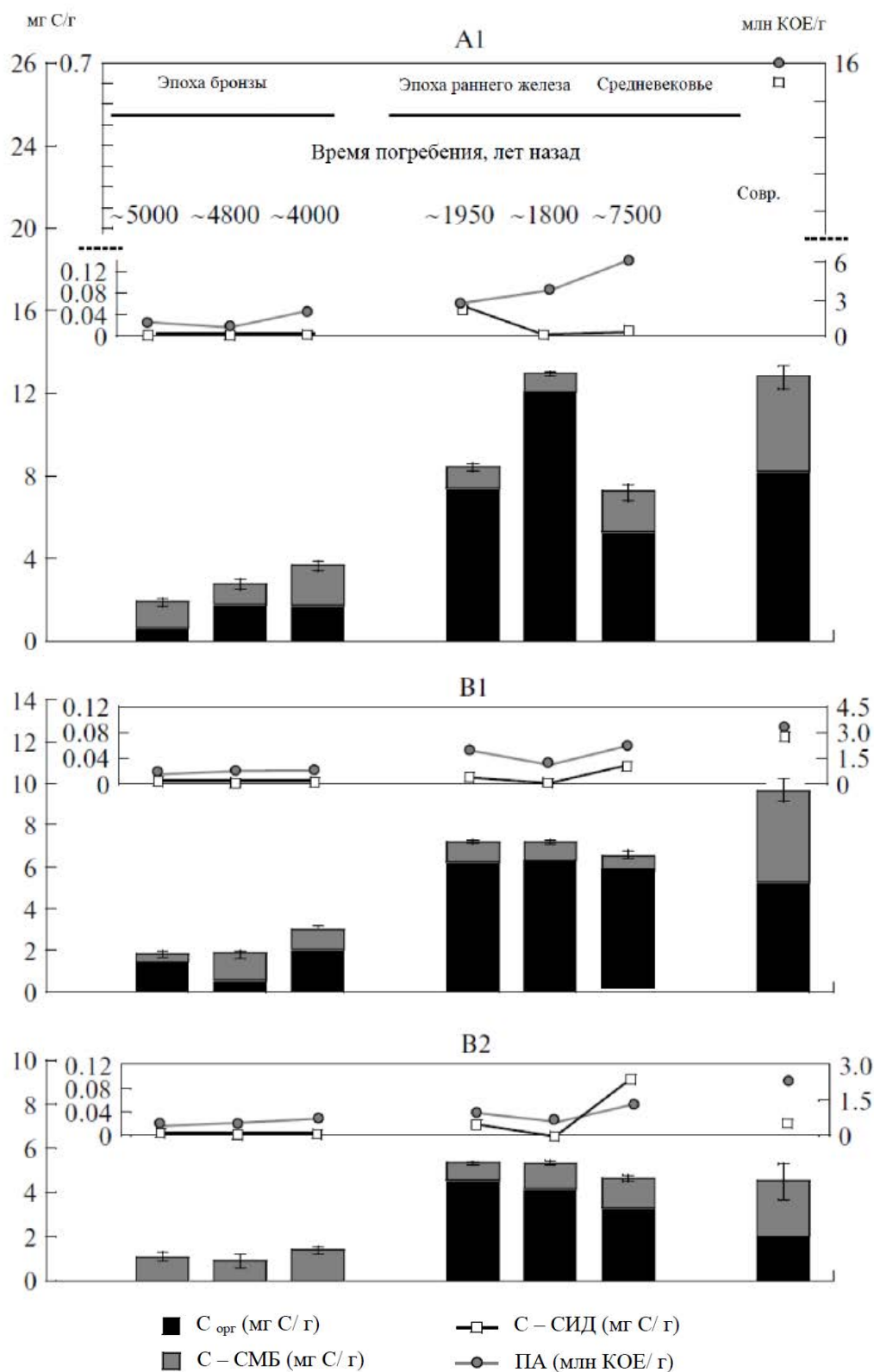
Палеопочвы, датированные 4410±100 л.н. и 4260±120 л.н., также характеризовались заметной текстурной дифференциацией в верхней части профиля и активизацией солонцового процесса в горизонте В1. Вскипание почв отмечалось с 30 и 23 см соответственно, верхние границы совмещенных аккумуляций ЛРС и гипса располагались на глубине 150-120 см. Средневзвешенное содержание карбонатов и гипса в соответствующих слоях здесь было в ~1.4 раза, а содержание ЛРС – в ~1.8 раза больше, чем в первой палеопочве хроноряда, датированной 5100±50 л.н.

В следующей, светло-каштановой солонцеватой солончаковой палеопочве, датированной 4120±70 л.н., текстурная дифференциация в верхней части профиля и признаки солонцеватости в горизонте В1 были выражены слабо, вскипание отмечалось уже с 20 см. Содержание карбонатов, гипса и ЛРС в профиле было больше, чем в рассмотренных выше почвах, что может указывать на усиление аридизации климата, пик которой пришелся на время погребения палеопочвы, датированной 3960±40 л.н. (курганная группа Манджикины-1). Она характеризовалась отсутствием текстурной дифференциации в верхней части профиля, поверхностной карбонатностью и сильным засолением. Прожилки ЛРС были отмечены здесь уже с глубины 25 см.

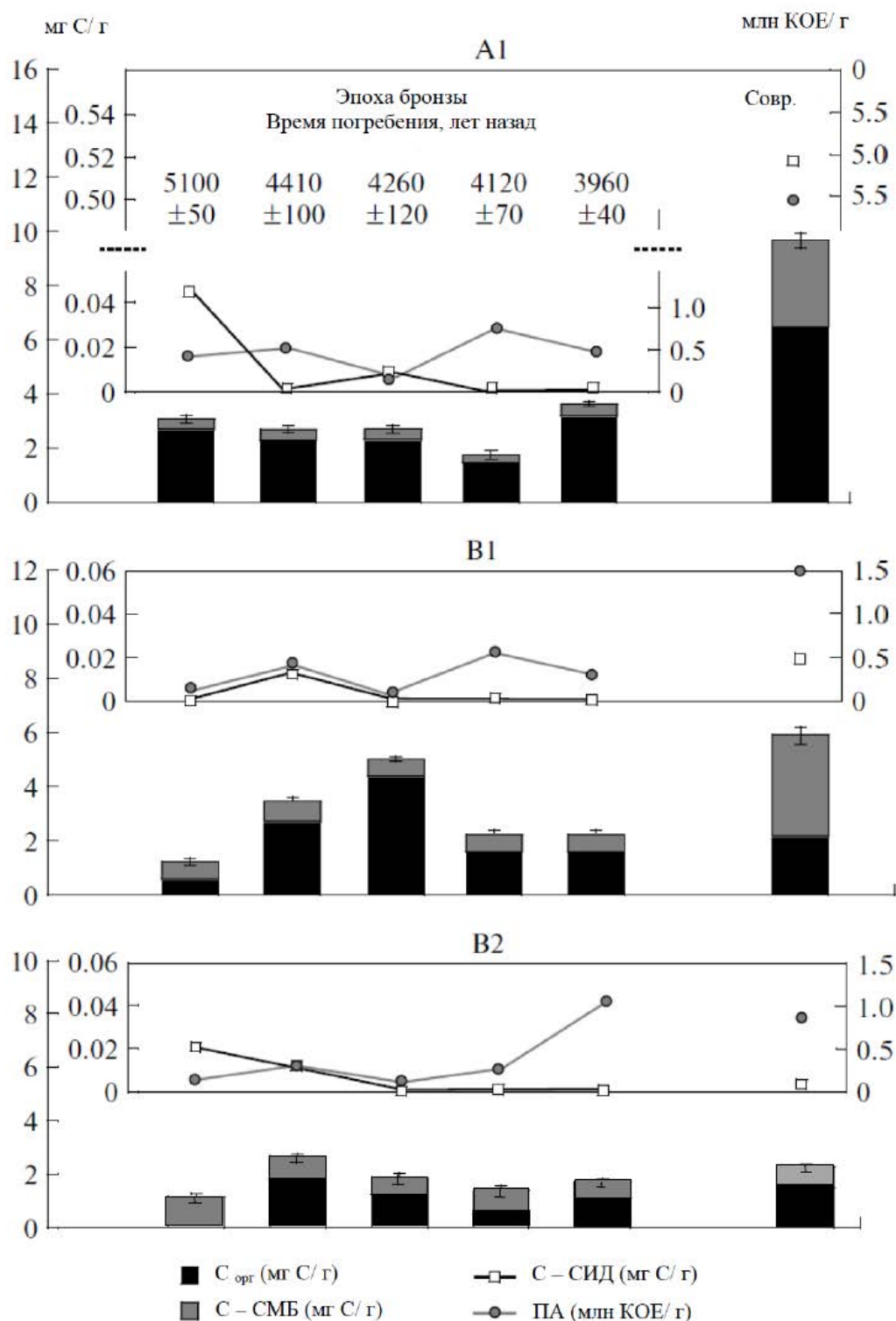
Таким образом, морфологические и химические свойства каштановидных палеопочв свидетельствуют о постепенном усилении засушливости на протяжении всего третьего тысячелетия до н.э., с максимумом аридности на рубеже III-II тыс. до н.э.

*Микробные сообщества палеопочв. Авиловский хроноряд.* Содержание органического углерода почвы (Сорг.), углерода суммарной микробной биомассы (С-СМБ) и углерода активной микробной биомассы (С-СИД), а также численность колониеобразующих единиц, оценивали в горизонтах А1, В1 и В2 погребенных и современных почв. В современной фоновой почве Авиловского хроноряда (рис. 1.) в горизонте А1 величины содержания Сорг, С-СМБ и С-СИД составляли соответственно 12.8, 4.7 и 0.6 мг/г. При этом доля углерода микробной биомассы от общего углерода почвы составляла 37%. Активная микробная биомасса составляла 14% от общей биомассы микробных клеток. Численность микробных клеток, образующих колонии на почвенном агаре, составляла 16.0 млн. КОЕ/г.

В палеопочвах, погребенных 5000 л.н. и 4000 л.н. в верхних горизонтах содержание органического углерода в настоящее время было зафиксировано на уровне десятых долей процента и составляло 14-27% от современного уровня. В то же время содержание суммарной микробной биомассы было на уровне 30-40% от современных значений. В горизонте А1 наиболее аридной палеопочвы, погребенной 4000 лет назад, отмечена максимальная доля микробного углерода в органическом углероде почвы.



**Рис. 1.** Доля суммарной микробной биомассы в почвенном органическом углероде, активная микробная биомасса и численность микроорганизмов, образующих колонии на почвенном агаре, в профиле подкурганых почв и современной фоновой почвы Приволжской возвышенности. **Fig. 1.** Proportion of total microbial biomass in soil organic carbon, the active microbial biomass, and the number of microorganisms growing on soil agar (SA) in the paleosols and a modern background soil of the Volga Upland.



**Рис. 2.** Доля суммарной микробной биомассы в почвенном органическом углероде, биомасса активной части микробного сообщества и численность микроорганизмов, образующих колонии на почвенном агаре, в профиле разновозрастных подкурганов и современной фоновой почвы Ергенинской возвышенности. **Fig. 2.** Proportion of total microbial biomass in soil organic carbon, the active microbial biomass, and the number of microorganisms growing on soil agar (SA) in paleosols of different ages and the modern background soil of the Ergeni Upland.

Биомасса активных микробных клеток, дающих дыхательный отклик на внесение глюкозы, в верхних горизонтах каштановых палеопочв эпохи бронзы была ничтожно мала, и доля углерода активных клеток от углерода почвы составляла сотые доли процента. Это свидетельствует о том, что микробные сообщества палеопочв эпохи бронзы практически полностью перешли в покоящееся состояние. При этом клетки сохранили способность образовывать колонии на питательных средах. Численность микробных клеток, образующих колонии на почвенном агаре, в верхних горизонтах палеопочв эпохи бронзы варьировала от 0.8 до 2.3 млн. КОЕ/г. Максимальной величиной этого показателя характеризовалась каштановидная палеопочва, погребенная в период палеоэкологического кризиса 4000 л.н.

В палеопочвах, датированных ~1950 и 1800 л.н. (эпоха раннего железа), содержание Сорг в верхнем горизонте было значительно выше по сравнению с эпохой бронзы, и составляло соответственно 66 и 100% от современного уровня. Доля микробного углерода в общем органическом углероде уменьшилась по сравнению с эпохой бронзы, и составляла 24 и 20% от современного уровня. Содержание активных клеток в верхних горизонтах палеопочвы, погребенной в более гумидных условиях 1950 л.н., было заметно выше и достигало 7% от современного уровня. С наступлением аридных условий 1800 лет назад активная микробная биомасса вновь снизилась до 1% от современного уровня, при этом, так же, как и в случае с аридной почвой 4000 л.н., в полтора раза увеличилось количество колониеобразующих единиц.

В условиях средневекового палеоэкологического оптимума 750 л.н. в горизонте А1 каштановой палеопочвы наблюдалось резкое возрастание суммарной микробной биомассы: значения этого показателя составляли 45% от современного уровня. В целом верхний горизонт палеопочвы, погребенной в эпоху средневековья, характеризовался более высокой активностью микробного сообщества по сравнению с палеопочвами, погребенными в эпоху раннего железа.

Иные закономерности временной изменчивости микробных характеристик были установлены для иллювиальных горизонтов палеопочв. Так, доля углерода микробной фракции в общем органическом углероде в горизонте В1 в аридные эпохи была довольно низкой. Что касается активной микробной биомассы, то, как и в горизонте А1, максимальные значения отмечены в наиболее гумидных почвах средневековья, минимальные – в почвах аридного эпизода 1800 л.н.

Таким образом, в палеопочвах эпохи бронзы временная изменчивость состояния микробных сообществ была выражена значительно слабее, чем в палеопочвах эпохи раннего железа и средневековья. Более детально закономерности изменчивости микробных сообществ в палеопочвах эпохи бронзы можно проследить на примере хроноряда светло-каштановых разновозрастных подкурганных палеопочв юга Ергенинской возвышенности (Чограйский хроноряд, рис. 2).

*Чограйский хроноряд.* Наиболее древние почвы данного хроноряда характеризовались близкими величинами содержания С-СМБ в верхних горизонтах, равными 11-12% от современного уровня. Содержание активной микробной биомассы было максимально в период оптимизации природных условий 5100±50 л.н., после чего ее величины резко снизились и оставались на низком уровне, на протяжении всего третьего тысячелетия до н.э. Эта эпоха, согласно имеющимся литературным данным, характеризовалась постепенным нарастанием засушливости, пик которой пришелся на рубеж III-II тыс. до н.э. Некоторое смягчение природных условий, вероятно, имело место 4260±120 л.н. Это не отразилось на химических свойствах почвы, которые демонстрируют резко выраженные аридные условия, но вызвало заметное увеличение активной микробной биомассы. Во всех палеопочвах эпохи бронзы в верхнем горизонте фиксируется минимальная численность микроорганизмов, образующих колонии на почвенном агаре.

В иллювиальной части профиля изменчивость показателей состояния микробного сообщества, в целом, была аналогична горизонту А1. Исключение составила лишь численность колониеобразующих единиц и активная микробная биомасса в горизонте В1 наиболее древней палеопочвы, погребенной 5100 л.н. в период гумидизации климата. Здесь не было отмечено увеличения данных показателей, как это имело место в горизонте А1. Численность микроорганизмов, образующих колонии на почвенном агаре, в иллювиальных горизонтах палеопочв Чограйского хроноряда варьировала от 0.06 до 0.54 млн. КОЕ/г. Изменчивость этого показателя здесь была такая же, как и в горизонте А1.

В горизонте В2 палеопочв хорошо заметна тенденция к уменьшению активной микробной биомассы по мере увеличения засушливости климата и одновременного увеличения численности

колониобразующих единиц. Максимальное значение этого показателя отмечено для горизонта В2 каштановидной палеопочвы, погребенной 3960 л.н.

### Заключение

На основании проведенных исследований можно заключить, что прямая взаимосвязь количественных характеристик состояния микробных сообществ со степенью атмосферной увлажненности была выявлена для каштановых палеопочв Приволжской возвышенности, погребенных в эпоху раннего железа и в эпоху средневековья. Здесь наибольшими величинами активной микробной биомассы и численности микроорганизмов, растущих на почвенном агаре, характеризовались почвы, погребенные в гумидные периоды. ~1950 л.н. и ~750 л.н. Эти же почвы характеризовались и более высокой долей углерода микробной биомассы в общем органическом углероде почвы.

Для каштановых палеопочв эпохи бронзы не было установлено прямых закономерностей влияния уровня атмосферной увлажненности на количественные характеристики микробных сообществ. Это связано, очевидно, с низкой долей активных клеток в профиле каштановых палеопочв эпохи бронзы, обусловленной практически полным переходом жизнеспособных микробных клеток в покоящееся состояние.

В светло-каштановых палеопочвах эпохи бронзы максимальными значениями активной микробной биомассы характеризовался профиль палеопочвы, датированной 5100±50 л.н., погребение которой совпало с периодом оптимизации природных условий. Кроме того, было выявлено существенное увеличение доли активных клеток в верхнем горизонте палеопочвы, погребенной 4260 л.н. Возможно в это время имел место кратковременный плювиальный эпизод, не отразившийся на химических свойствах почвы.

Увеличение таких показателей, как суммарная микробная биомасса и доля углерода микробных клеток в органическом углероде почвы в каштановидных палеопочвах, погребенных в экстремально засушливое время на рубеже II-III тыс. до н.э., может свидетельствовать об адаптации микробных сообществ к неблагоприятным условиям среды. Показано, что в почвах, характеризующихся неблагоприятными условиями для роста и развития микроорганизмов, величина устойчивого микробного пула выше, чем в почвах с оптимальными условиями (Звягинцев, 1987).

Численность микроорганизмов, растущих на почвенном агаре, то есть способных *in situ* усваивать питательные вещества из рассеянного состояния, как правило, характеризует степень адаптации микробного сообщества к засушливым условиям (Демкина и др., 2010). Так, в верхнем горизонте каштановидной палеопочвы Приволжской возвышенности, погребенной в период палеоэкологического кризиса (~4000 л.н.), численность микроорганизмов, образующих колонии на почвенном агаре, увеличивалась в 1.5-2 раза по сравнению с каштановыми палеопочвами эпохи бронзы.

Наиболее высокие значения дыхательного отклика микробного сообщества на внесение глюкозы связаны с увеличением биологической активности почв в периоды оптимизации климатических условий. Это показано для профиля каштановых палеопочв, погребенных в наиболее гумидные периоды раннежелезного века (1900 л.н.) и средневековья (750 л.н.).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александровский А.Л., Александровская Е.И.* 2005. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 223 с.
- Борисов А.В., Демкина Т.С., Демкин В.А.* 2006, Палеопочвы и климат Ергеней в эпоху бронзы (IV- II тыс. до н.э.). М.: Наука. 210 с.
- Демкин В.А.* 1997. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН. 213 с.
- Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Стретович И.В., Демкин В.А.* 2010. Микробиологические исследования палеопочв археологических памятников степной зоны // Почвоведение. № 2. С. 213-220.
- Дергачева М.И.* 1997. Археологическое почвоведение. Новосибирск: СО РАН, Научно-издат. центр ОИГГМ. 228 с.

- Звягинцев Д.Г.* 1987. Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во МГУ. 256 с.
- Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Демкин В.А.* 2009. Микробная биомасса подкурганых и современных почв степной зоны Нижнего Поволжья // Почвоведение. № 5. С. 581-587.
- Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Салманова К.А., Кузнецова Ю.С., Демкин В.А.* 2013. Биологическая активность современной и погребенной каштановых почв сухих степей // Аридные экосистемы. № 2. Т. 19. С. 64-72
- Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Дмитриев В.В., Дуда В.И., Сузина Н.Е., Демкин В.А.* 2010. Морфология клеток и биомасса микроорганизмов подкурганых и современных степных почв Нижнего Поволжья // Почвоведение. № 10. С. 1229-1238.
- Лисецкий Ф.Н., Голесов П.В., Чепелев О.А.* 2013. Развитие черноземов Днестровско-Прутского междуречья в голоцене // Почвоведение. № 5. С. 540-555.
- Плеханова Л.Н., Демкин В.А.* 2008. Палеопочвы комплекса "Солончанка IX" и климат степного Зауралья в IV в. н.э. // Экология. № 5. С. 357-365.
- Плеханова Л.Н., Демкин В.А.* 2008. Палеопочвы курганов раннего железного века степного Зауралья // Почвоведение. №1. С.5-16
- Полянская Л.М., Гейдебрект В.В., Звягинцев Д.Г.* 1995. Биомасса грибов в различных типах почв // Почвоведение. №5. С. 566-572.
- Скрипкин А.С.* 2008. История Волгоградского края от каменного века до Золотой Орды. Волгоград: Издатель. 208 с.
- Хохлова О.С.* 2007. Палеоклиматические реконструкции для III-го тыс. до н.э. по данным палеопочвенного изучения курганов ямной культуры в Оренбургском Предуралье // Вестник ОГУ. № 10. С. 110-117.
- Чендев Ю.Г.* 2001. Позднеголоценовая эволюция чернозёмов юга центральной лесостепи. // Почвоведение, №3. С.266-277.
- Anderson J.P.E., Domsch K.H.* 1978. A Physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol Biochem. V. 10. № 3. P. 215-221.

#### **VARIABILITY OF THE MICROBIAL BIOMASS IN THE PALEOSOLS OF DIFFERENT AGE BURIAL MOUNDS OF THE LOWER VOLGA REGION IN RELATION WITH THE DYNAMICS OF CLIMATE HUMIDITY**

© 2016. N.N. Kashirskaya, T.E. Khomutova, T.S. Demkina, M.V. Eltsov, A.V. Borisov

*Institute of Physicochemical and biological problems of soil science of Russian Academy of Sciences  
Russia, 142290, Pushchino of Moscow Region, Institutskaya str. 2. E-mail: Kashirskaya81@rambler.ru*

The microbial biomass variability in buried chestnut and light chestnut soils of different ages under burial mounds and their modern background analogs in the Volga and Ergeni uplands were studied. It was shown that almost all microorganisms in chestnut paleosols of the Bronze Age are in the dormant state and provide no respiratory response to the addition of glucose. In the paleosol buried in the most arid period, an increase in the total microbial biomass and the abundance of colony-forming units was revealed. The maximum values of active microbial biomass upon the minimum number of cells were found in soils buried in relatively humid periods. The increase in the total microbial biomass and the proportion of microbial cell carbon in the organic carbon of soils buried in extremely dry seasons at the turn of the III–II millennium BC may indicate the adaptation of microbial communities to unfavorable environmental conditions.

*Keywords:* chestnut soils, paleosols, microbial communities, microbial biomass, number of cells, dry steppes, climate.



УДК: 582.683574.3

## КРЕСТОЦВЕТНЫЕ ПУСТЫНИ БЕТПАКДАЛА

© 2016 г. П.В. Веселова

Институт ботаники и фитоинтродукции  
Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Казахстан, 050040 г. Алматы, ул. Тимирязева 36-Д. E-mail: pol\_ves@mail.ru

Поступила 22.08.2015

В результате идентификации гербарных образцов, собранных в Бетпакдале в мае 2014 г., критического просмотра коллекционного материала Гербариев (АА и LE), а также с учетом литературных данных составлен список видов сем. Brassicaceae Burnett, встречающихся в этой пустыне. Включение в список отдельных видов, таких как *Matthiola robusta* Bunge, *Isatis violascens* Bunge и *I. maxima* Pavl. и др. обсуждается более подробно. Общий список приводимых Крестоцветных Бетпакдалы насчитывает 80 видов, 8(10%) из которых произрастают исключительно на нарушенных местообитаниях. Эти нехарактерные для природной флоры Бетпакдалы виды были исключены из анализируемого списка на первом же этапе. В итоге был проанализирован список из 72 видов, объединенных в 36 родов. Изучение особенностей таксономического сложения крестоцветных показало лидирующее по количеству видов положение родов *Lepidium* – 13(18%), *Strigosella* – 6(8%) и *Alyssum* – 5(7%). Распределение видов по жизненным формам выявило бесспорное преобладание однолетников (42), большая часть которых является эфемерами (28 видов). Анализ приуроченности Крестоцветных к эдафическим вариантам показал, что наибольшее количество видов предпочитают пелитофитные, а наименьшее – гемипетрофитные субстраты. Из 53 видов, встречающихся на засоленных субстратах, на солонцах отмечено 29 видов, а на солончаках – 24. Показано, что подавляющее большинство видов Крестоцветных встречаются как в естественных ненарушенных, так и в слабо- и средне- нарушенных фитоценозах. Из вторичных (антропофильной природы) местообитаний, на которых отмечено произрастание представителей сем. Brassicaceae, на первом месте оказались сельскохозяйственные угодья (посевы). На этих местообитаниях из общего списка Крестоцветных, зафиксированных в пределах Бетпакдалы, было отмечено произрастание 25 видов.

*Ключевые слова:* пустыня Бетпакдала, семейство Крестоцветных, нарушенные местообитания, эдафические варианты.

Исследования проводились в рамках изучения видового состава семейства Brassicaceae Burnett флоры Северного Турана (систематики, географии, экологии видов, а также их роли на антропогенно нарушенных территориях). Во флоре пустынь Северного Турана семейство Крестоцветные, как правило, входит в пятерку ведущих по количеству видов семейств (Кубанская, 1956 и др.). При этом в зависимости от условий формирования и развития растительного покрова, включая антропогенные факторы воздействия, оно может занимать различные позиции (с 1 по 5).

В пустыне Бетпакдала, которая согласно современного ботанико-географического районирования располагается в пределах Центрально-Северотуранской подпровинции Северотуранской пустынной провинции (Рачковская и др., 2003), встречается большинство, а именно – 6 из 8 эндемичных для казахстанской части Северотуранской пустынной провинции видов сем. Brassicaceae (Веселова, 2012). При этом 2 вида – *Isatis deserti* (N. Busch) V. Boczantzeva и *Lepidium jarmolenkoi* R. Vinogradova являются эндемичными растениями сугубо для этой пустыни (Флора СССР, 1939; Флора Казахстана, 1961; Определитель растений ..., 1974).

### Материалы и методы исследований

В основу статьи положены результаты обработки полевых данных, собранных в ходе экспедиционного выезда в северную часть пустыни Бетпакдала в мае 2014 г. Маршрут исследований пролегал от г. Жезказган до г. Балхаш. Идентификацию гербарных образцов производили посредством определительных ключей фундаментальных флористических сводок, охватывающих исследуемую территорию (Флора СССР, 1939; Флора Казахстана, 1961; Иллюстрированный определитель..., 1969, 1972; Определитель растений ..., 1974). При выверке названий растений использовалась сводка С.К. Черепанова (1995). При составлении общего списка крестоцветных, встречающихся в Бетпакдале, были использованы также результаты критического просмотра коллекций Гербария (АА) Института ботаники и фитоинтродукции КН МОН РК (г. Алматы) и Гербария (LE) Ботанического института им. В.Л. Комарова (г. Санкт-Петербург).

Состояние растительного покрова определялось с помощью классических методов оценки степени нарушения коренного сообщества, разработанных для Северотуранских пустынь (Быков, 1978; Курочкина и др., 1982).

### Результаты исследований

К настоящему моменту в пределах пустыни Бетпакдала зафиксировано произрастание следующих 80 видов сем. Brassicaceae из 41 рода:

- Alyssum desertorum* Stapf., *A. tortuosum* Waldst. et Kit. ex Willd., *A. szovitsianum* Fisch. et C.A. Mey., *A. heterotrichum* Boiss., *A. dasycarpum* Steph.;  
*Arabidopsis pumila* (Steph.) N. Busch;  
 \**Berteroa incana* (L.) DC.;  
 \**Brassica campestris* L., \**B. juncea* (L.) Czern.;  
 \**Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.  
*Cardaria repens* (Schrenk) Jarm., *C. pubescens* (C.A. Mey.) Jarm.;  
*Chorispora tenella* (Pall.) DC.;  
*Cithareloma lehmannii* Bunge;  
*Conringia planisiliqua* Fisch. et C.A. Mey.;  
*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl;  
*Diptychocarpus strictus* (Fisch. ex Bieb.) Trautv.;  
*Draba nemorosa* L.;  
 \**Eruca sativa* Mill.;  
*Erysimum sisymbrioides* C.A. Mey., *E. leucanthemum* (Steph.) B. Fedtsch., *E. czernjajevii* N. Busch;  
*Euclidium syriacum* (L.) R. Br.;  
*Galitzkyia spathulata* (Steph.) V. Boczantzeva;  
*Goldbachia laevigata* (Bieb.) DC., *G. torulosa* DC., *G. pendula* Botsch.  
*Hymenolobus procumbens* (L.) Fourr.;  
*Isatis emarginata* Kar. et Kir., *I. costata* C.A. Mey., *I. minima* Bunge, *I. deserti* (N. Busch) V. Boczantzeva;  
*Lachnoloma lehmannii* Bunge;  
*Lepidium ruderale* L., *L. aucheri* Boiss., *L. obtusum* Basin., *L. pinnatifidum* Ledeb., *L. perfoliatum* L., *L. crassifolium* Waldst. et Kit., *L. latifolium* L., *L. amplexicaule* Willd., *L. cordatum* Willd. ex DC.;  
*L. coronopifolium* Fisch. ex Ledeb., *L. songaricum* Schrenk, *L. deserti* Pavl., *L. jarmolenkoi* R. Vinogradova;  
*Leptaleum filifolium* (Willd.) DC.;  
*Litwinowia tenuissima* (Pall.) Woronow ex Pavl.;  
*Matthiola stoddartii* Bunge, *M. fragrans* Bunge, *M. superba* Conti, *M. tatarica* (Pall.) DC.;  
*Megacarpaea megalocarpa* (Fisch. ex DC.) B. Fedtsch., *M. iliensis* Golosk. et Vass.;  
*Meniocus linifolius* (Steph.) DC.;  
*Neotorularia brevipes* (Kar. et Kir.) Hedge et J. Leonard;  
*Pachypterygium multicaule* (Kar. et Kir.) Bunge;  
*Rhammatophyllum pachyrhizum* (Kar. et Kir.) O.E. Schulz;  
*Sameraria bidentata* Botsch.,  
 \**Sisymbrium loeselii* L., \**S. brassiciforme* C. A. Mey., *S. polymorphum* (Murr.) Roth,

*S. subspinescens* Bunge, *S. altissimum* L.;  
*Spirorhynchus sabulosus* Kar. et Kir.;  
*Streptoloma desertotum* Bunge;  
*Strigosella africana* (L.) Botsch., *S. stenopetala* (Bernh. ex Fisch. et C.A. Mey.) Botsch., *S. intermedia* (C.A. Mey.) Botsch., *S. hispida* (Litv.) Botsch., *St. scorpioides* (Bunge) Botsch., *St. brevipes* (Bunge) Botsch.;  
*Stroganowia trautvetteri* Botsch.;  
*Syrenia montana* (Pall.) Klok., *Syrenia siliculosa* (Bieb.) Andrz.;  
*Tauscheria lasiocarpa* Fisch. ex DC.;  
*Tetracme quadricornis* (Steph.) Bunge, *T. recurvata* Bunge;  
*Thellungiella salsuginea* (Pall.) O.E. Schulz;  
 \**Thlaspi arvense* L.;  
*Turritis glabra* L.

Наиболее интересной, на наш взгляд, находкой стал обнаруженный нами у восточной границы Бетпакдалы с Прибалхашскими пустынями вид – *Strigosella hispida*. Характерный для флоры предгорий Тянь-Шаня и Памиро-Алая, в Бетпакдале этот вид ранее не отмечался. О.Н. Бондаренко и В.П. Бочанцевым (Определитель растений ..., 1974) распространение *Strigosella hispida* в Прибалхашских пустынях указывается с пояснением: «редко». Хотелось бы отметить крайне маленькие размеры, собранных экземпляров – в среднем 15 мм (по сравнению с указанными в диагнозе вида). Помимо *Strigosella hispida* нами обнаружены очень маленькие экземпляры таких видов, как *Strigosella africana*, *Alyssum desertorum* и *Euclidium syriacum*. Первый из них во «Флоре Казахстана» (1961) для Бетпакдалы указывается, а вот в «Определителе растений Средней Азии» (1974) указание на распространение *Strigosella africana* в этой пустыне отсутствует.

Е.Г. Черняковская (Флора СССР, 1939), указывая на распространение *Matthiola robusta* Bunge в Арало-Каспийском регионе, отмечала его только для Устюрта и Мангышлака. Васильева А.Н. (Флора Казахстана, 1961) помимо этих регионов приводила его также для Прикаспийского и Бетпакдалинского флористических районов. С.А. Саркисова (Определитель растений ..., 1974) добавляет к этому ареалу еще и Приилийские пустыни. Между тем критическая обработка гербарного материала видов рода *Matthiola* (LE, AA) и сравнение их с типовыми образцами показала, что за *M. robusta* принимались образцы, относящиеся как к *Matthiola superba*, так и частично к *M. tatarica*, распространенных в казахстанской части Северного Турана довольно широко (Веселова, 2009). Таким образом, ареал, очерченный Черняковской Е.Г., отвечает, на наш взгляд, реальному распространению *Matthiola robusta* и, соответственно, во флоре пустыни Бетпакдала этот вид отсутствует. В этой связи считаем возможным рассматривать *Matthiola robusta* в качестве узколокального эндемичного для северотуранских пустынь вида, имеющего мангышлакско-устюртский ареал.

М.М. Набиев (Определитель растений ..., 1974) на основе детального изучения обширного гербарного материала видов рода *Isatis* L. – *I. lasiocarpa* Ledeb. рассматривает как *I. costata* var. *lasiocarpa* (Ledeb) N. Busch. С этим нельзя не согласиться, так как основное отличие рассматриваемой разновидности от типичных голоплодных представителей *I. lasiocarpa* – наличие опушения на стручочках. В сем. Brassicaceae, как известно, изменчивость именно этого признака (при условии совпадения или значительном перекрытии амплитуды изменчивости остальных признаков) является причиной выделения многих разновидностей.

В синонимы к *I. costata* М.М. Набиев относит и *I. laevigata* Trautv. Однако, на наш взгляд, в данном случае произошла своего рода недооценка степени диапазона и значимости отличий *I. laevigata* от *I. costata*, зафиксированная автором вида. Во-первых, это не количественные (размеры), а качественные (морфология) отличия стручочков: у первого – продолговато-обратно-яйцевидные, у второго – эллиптические, к основанию и верхушке суженные. Во-вторых, это наличие или отсутствие опушения не только на плодах, но и в целом у растения: *I. laevigata* – совершенно голые растения; *I. costata* – голые или опушенные (стебель, листья и стручочки у var. *lasiocarpa*). С учетом некоторых отличий в количественных характеристиках (размеры чашелистиков и лепестков) следует признать выделение *I. laevigata* в качестве самостоятельного, причем довольно легко идентифицируемого вида, вполне оправданным (Флора СССР, 1939).

В то же самое время критический просмотр гербарных образцов *I. emarginata* и *I. violascens*,

хранящихся в Гербарии (АА) показал, что все они принадлежат к одному виду, обладающему довольно широкой амплитудой изменчивости формы и размеров плодов. Так, форма стручочков может меняться от почти грушевидной до продолговато-гитаровидной, при этом наиболее широкая их часть может находиться в любой точке на отрезке между серединой плода и 1/3 его длины (от основания). Кроме того, на одном и том же растении бывают стручочки как с хорошо заметной на широко-обрубленной верхушке выемкой, так и практически без нее или даже со слегка закругленной верхушкой. Что же касается размеров плодов, то у разных экземпляров их длина составляет 9.5-11.5 мм. Несколько варьирует и длина плодоножек, составляющая 7-10 мм.

Опушение стручочков всех просмотренных экземпляров состоит из уплощенных простых волосков с обрубленной и закругленной верхушкой. По-видимому, именно эти волоски были названы рядом авторов «сосочковидными» (Флора Казахстана, 1961; Определитель растений ..., 1974). Это название применялось к описанию волосков, покрывающих стручочки *I. maxima* Pavl., а не *I. emarginata*. Кстати для последнего, как в диагнозе, приводимом во «Флоре Казахстана», так и в ключе видов *Isatis* в «Определителе растений Средней Азии» почему-то указываются голые, а не опушенные стручочки. Между тем в Гербарии (АА) у подавляющего большинства образцов определенных, как *I. emarginata*, плоды имеют опушение в соответствии с его диагностическим признаком: «стручочки густо волосистые» (Флоре СССР, 1939). В отношении описанного Н.В. Павловым (1952) *I. maxima* (Флора Казахстана, 1961) необходимо отметить также, что в результате изучения типового материала этого вида («КазССР, Джамб. обл., Прибалхашье, песчаная степь у ст. Карасай. 3.06.1951 г. № 445. Н.В. Павлов») и других образцов, хранящихся в Гербарии Института ботаники и фитоинтродукции КН МОН РК, выяснилось, что все они представляют собой крупные экземпляры *I. emarginata*. Таким образом, отнесенные рядом авторов экземпляры к *I. maxima*, помимо более крупных размеров (в том числе стручочков) растения, ничем не отличаются от типичных образцов *I. emarginata* (Веселова, 2010).

Длина зрелых стручочков на типовом образце составляет от 10.5 до 11.5 мм. Однако, в первоописании вида, приводимом во «Флоре Казахстана» (1961), указывается 14-15 мм. На это обстоятельство в свое время обратил внимание И.И. Ролдугин (пометки на гербарных листах). На этикетке образцов из Джунгарского Алатау, определенных им как *I. maxima* («Ю-3 отроги Джунгарского Алатау, лев. р. Биже у раз. № 53. Песчаные склоны пустынных предгорий. 15.06.1960 г.») со стручочками не превышающими 12 мм, имеется приписка: «разм. в диаг. струч. завышены у типа 11-12 (14) мм дл.». Другой образец, собранный в Южно-Казахстанской области в 50-х годах прошлого века Б.А. Быковым (к сожалению, более конкретное место и время сборов на этикетке не указаны), идентифицированный самим Н.В. Павловым в качестве *Isatis maxima*, также имеет стручочки длиной 12 мм.

Обобщение представленных фактов свидетельствует о насущной необходимости:

- во-первых, отнести *I. maxima* в синонимы к *I. emarginata*;
- во-вторых, согласиться с мнением Н.А. Буша (Флора СССР, 1939), отнесшего, описанный в 1854 г. Бунге *I. violascens* в синонимы к *I. emarginata*.

Кроме того, в результате обработки гербарного материала представителей рода *Isatis* из Бетпакадалы, были обнаружены образцы со сравнительно мелкими голыми стручочками, собранные и определенные Н.В. Павловым (1951) как *I. emarginata*. Но в отличие от последнего, эти образцы имеют стручочки, длина самых крупных из которых не превышает 8 мм, а в среднем составляет 7 мм. Ширина же стручочков в самом широком месте, расположенном на расстоянии 1/3 от их основания, в среднем составляет около 4 мм. В результате форму плодов описываемых экземпляров можно охарактеризовать, как яйцевидную (на верхушке слегка расширенную), а не скрипковидную, как у типичных образцов *I. emarginata* (Флора СССР, 1939). Следовательно, в данном случае наблюдается корреляция между такими признаками, как размеры и форма стручочков и наличие на них опушения.

С учетом того, что рассматриваемые образцы помимо малых размеров, яйцевидной формы плодов имеют и определенную географическую локализацию – северо-западное побережье Балхаша, считаем вполне оправданным предложение о придании этой «форме» систематического статуса подвида – *I. emarginata subsp. leiocarpa* (Kar. et Kir.).

Кроме того, приведенный в настоящей статье видовой состав Крестоцветных Бетпакадалы дополнен видами, ранее не отмеченными для этого региона (Флора Казахстана, 1961; Определитель растений ..., 1974), но экземпляры которых хранятся в Гербарии (АА): *Matthiola superba* (А.А.

Дмитриева, сборы 1935 г. и 1938 г.; М.С. Байтенов, сборы 1954 г. и 1982 г.) и *M. fragrans* (З.В. Кубанская, сборы 1947г.), *Hymenolobus procumbens* и *L. coronopifolium* (Н.И. Рубцов, сборы 1941 г.), *Galitzkya spathulata* (М.С. Байтенов, сборы 1954 г.).

А.Н. Васильевой (Флора Казахстана, 1961) для Бетпакдалы приводятся *Streptoloma desertotum*, *Tetracme quadricornis* и *Conringia planisiliqua*. М.Г. Пахомовой и С.С. Ковалевской (Определитель растений ..., 1974) для этой пустыни они не указываются, а из ближайших к ней районов приводятся только для Приилийских и Прибалхашских пустынь. Однако, первые два вида были собраны нами на севере Бетпакдалы в 2014 г., а наличие в этом регионе третьего вида подтверждается сборами разных лет (Н.И. Рубцов, 1935 и 1940 гг.; Н.В. Павлов, 1951 г. и т.д.), хранящимися в Гербарии (АА).

Не приводится для Бетпакдалы ни А.Н. Васильевой (Флора Казахстана, 1961), ни О.Н. Бондаренко (Определитель растений ..., 1974), отмеченный нами сразу в нескольких точках *Arabidopsis pumila*, имеющийся и в Гербарных фондах Института ботаники и фитоинтродукции (сборы Н.В. Павлова, 1951г.).

Не указывался ранее для рассматриваемой территории и такой явно заносный для Бетпакдалы вид, как *Sisymbrium brassiciforme*. Между тем в коллекциях Гербария (АА) хранятся несколько его экземпляров (из сборов Н.В. Павлова, 1951). Нами этот вид был найден на обочине шоссе трассы г. Балхаш - г. Алматы (приблизительно в 45 км от г. Балхаш).

Был проведен сравнительный анализ видового состава Крестоцветных в ненарушенных (естественных) и в различной степени нарушенных фитоценозах, слагающих растительный покров пустыни Бетпакдала. В результате была выявлена группа Крестоцветных, приуроченных исключительно к вторичным местообитаниям (т.е. видов, не встречающихся в так называемых фоновых ненарушенных и/или слабо нарушенных фитоценозах). Она составила 8(10%) видов (в представленном выше списке упомянутые виды помечены знаком – (\*)), появляющихся в составе сообществ и растительных группировок на местах, имеющих среднюю и сильную степень нарушенности почвенно-растительного покрова. Основу рассматриваемой группы видов составили сеgetальные сорняки, такие, в частности, как: виды рода *Brassica* L. – *Brassica campestris* и *B. juncea*, *Eruca sativa*, *Berteroa incana* и т.д. В целях выявления видового состава естественной флоры региона такие не характерные для ненарушенных и слабо нарушенных растительных сообществ Бетпакдалы синантропные виды, как *Sisymbrium brassiciforme* и др. не принимались во внимание при статистической обработке списка по отдельным характеристикам, не считая анализа встречаемости Крестоцветных на нарушенных местообитаниях, где эти 8 видов также учитывались. Анализ показал, что из вторичных (антропогенной природы) местообитаний наибольшее количество Крестоцветных встречается на полях (25 видов) и близ жилья (18). В первом случае это обусловлено улучшением условий произрастания (снижением конкурентной борьбы и пр.) для однолетников антропофильного характера, которыми изобилует семейство крестоцветных, а во втором, напротив, – слишком сильной степенью нарушенности.

Таким образом, анализируемый далее список крестоцветных флоры пустыни Бетпакдала представлен 72 видами из 36 родов. Анализ распределения видов сем. Brassicaceae флоры пустыни Бетпакдала по родам продемонстрировал, что наибольшим количеством видов в изучаемом районе представлен род *Lepidium* L., насчитывающий в своем составе 13(18%) видов. На втором месте по численности видов стоит род *Strigosella* Botsch., объединяющий 6(8%) видов. Третью позицию занимает род *Alyssum* L. с 5(7%) видами. По 4(5.5%) вида имеют во флоре Бетпакдалы роды *Isatis* L. и *Matthiola* R. Br., по 3(4%) вида – роды *Sisymbrium* L., *Erysimum* L., *Goldbachia* DC., и по 2(3%) вида – *Tetracme* Bunge, *Cardaria* Desv. и *Megacarpa* DC. Остальные 25 родов сем. Brassicaceae во флоре рассматриваемого района представлены 1 видом.

В соответствии с результатами биоморфологического анализа, выявленного состава сем. Brassicaceae, преобладающей группой оказались однолетние растения – 42(58%) вида. При этом видов с эфемерным типом развития насчитывается – 28, что составляет 39% от общего анализируемого списка, и почти 67% от количества однолетников в целом. Такой высокий процент участия эфемеров является вполне закономерным, как для пустынной флоры Турана в целом (Коровин, 1953), так и для изучаемого семейства в частности. Второе место занимают травянистые многолетники, представленные – 21(29%) видом. На третьем и четвертом местах – одно-двулетники и двулетники, 5(7%) и 4(5.5%) соответственно. И, наконец, в составе Крестоцветных флоры Бетпакдалы имеется даже 1(1.4%) полукустарничек (*Rhammatophyllum pachyrhizum*).

По приуроченности к субстрату распределение Крестоцветных следующее: наибольшее количество видов (48), было зафиксировано на пелитофитных эдафических вариантах. Далее (по мере убывания): псаммофитные варианты пустынь – 39, петрофитные – 36, гемипсаммофитные – 33 и гемипетрофитные – 29 видов. Это объясняется тем, что во-первых, в изучаемом семействе значительна доля видов, предпочитающих засоленные суглинистые почвы (это 11 из 13 видов р. *Lepidium* и 4 из 6 видов р. *Strigosella*) и, во-вторых – на песчаных и супесчаных эдафических вариантах (даже если они не преобладают по площади), всегда встречается больше видов Крестоцветных, чем на других.

Всего же в составе анализируемого списка более половины видов – 38(53%) могут произрастать в условиях засоления. При этом на солонцах и солонцеватых почвах зафиксировано 28 видов, а на солончаках и солончаковатых почвах – 24 вида.

На такырах и такыровидных почвах пустыни Бетпакдала было выявлено произрастание 16 видов.

В процессе исследований установлено, что на землях со слаборазрушенным почвенно-растительным покровом качественный и количественный состав крестоцветных значительно отличается от территорий, имеющих среднюю и сильную степень нарушенности (пастбищная дигрессия, заброшенные сельскохозяйственные земли – рисовые чеки, бахчи, разновозрастные залежи и т.д.). Отмечена следующая достаточно устойчивая тенденция – с увеличением степени нарушенности растительных сообществ общее количество представителей сем. Brassicaceae в их составе возрастает до тех пор, пока нарушенность не переходит из сильной в очень сильную степень. На участках с очень сильной степенью нарушенности почвенно-растительного покрова Крестоцветные либо отсутствуют вовсе, либо представлены лишь одним-двумя видами, хотя иногда весьма массово.

### Выводы

Проведенные нами исследования, направленные на выявление и анализ видового состава представителей сем. Brassicaceae во флоре пустыни Бетпакдала показали, что:

- к настоящему моменту в этом регионе отмечено 80(46%) из 173 видов Крестоцветных, приводимых для флоры пустынь Северного Турана, при этом 8 видов произрастают исключительно на нарушенных местообитаниях;

- *Matthiola robusta*, являясь узколокальным эндемичным для Северного Турана видом с мангышлакско-устюртским ареалом, в Бетпакдале не встречается; выделение *I. maxima* не оправданно, его следует относить в синонимы к *I. emarginata*; присоединяясь к мнению Н.А. Буша, считаем, что *I. violascens* необходимо отнести в синонимы к *I. emarginata*;

- подавляющее большинство однолетников, особенно эфемерного типа, с одной стороны, и высокий процент эндемичных и субэндемичных для Бетпакдалы видов крестоцветных – с другой, свидетельствуют о длительном и вполне успешном с эволюционной точки зрения развитии этого семейства в данном регионе. Речь идет о выработке у представителей сем. Brassicaceae хорошей приспособленности к пустынным условиям в локальном процессе видообразования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Быков Б.А. 1978. Геоботаника. Алма-Ата. 288 с.
- Веселова П.В. 2009. К распространению и экологии *Matthiola fragrans* Bunge в Казахстане // Вестник КазНУ им. Аль-Фараби. Серия экологическая. № 3(26). С. 11-14.
- Веселова П.В. 2010. К систематике представителей рода *Isatis* L. (Brassicaceae Burnett) Северного Турана // Журнал «Поиск» (науч. прилож. междунард. журн. «Высшая школа Казахстана». Алматы. № 2. С 5-77.
- Веселова П.В. 2012. О редких видах сем. Brassicaceae Burnett Северного Турана, нуждающихся в охране // Естественные науки (Disciplinae naturalis). Астраханский гос. ун-т. № 2 (39). С. 9-13.
- Иллюстрированный определитель растений Казахстана. 1969. Алма-Ата: Изд-во «Наука». Т. 1. 644 с.
- Иллюстрированный определитель растений Казахстана. 1972. Алма-Ата: Изд-во «Наука». Т. 2. 571 с.
- Коровин Е.П. 1935. Очерки по истории развития растительности Средней Азии. I. Пустыня Бетпак-Дала // Бюл. САГУ. Вып. 20. № 4. С. 183-218.

- Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б., Шабанова Л.В. 1982. // Смены пустынной и субальпийской растительности при пастбищном использовании. Алма-Ата. С. 5-25.
- Рачковская Е.И., Волкова Е.А., Храмцов В.Н. (ред.). 2003. Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). СПб.: Бостон-Спектр. 424 с.
- Кубанская З.В. 1956. Растительность и кормовые ресурсы пустыни Бетпак-Дала. Алма-Ата. 265 с.
- Определитель растений Средней Азии. 1974. Ташкент: Изд-во ФАН Узбекской ССР. Т. 4. С. 34-217.
- Флора Казахстана. 1961. Алма-Ата: Наука. Т. 4. С. 171-339.
- Флора СССР. 1939. М.-Л.: Изд-во АН СССР. Т. 8. С. 14-606.
- Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. 990 с.

## SPECIES OF THE BRASSICACEAE PLANT'S FAMILY AT BETPAKDALA DESERT

© 2016. P.V. Vesselova

*Institute of Botany and Phytointroduction  
of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan  
Kazakhstan, 050040 Almaty, 36-D, Timiryazev Str. E-mail: pol\_ves@mail.ru*

Resulted from the identification of the herbarium samples collected in Betpakdala desert in May, 2014, the critical revision of the collection material of Herbariums (AA) and (LE) and also taking into account literary data the list of species of Brassicaceae Burnett of the desert was compiled. Inclusion into this list the separate species, such as *Matthiola robusta* Bunge, *Isatis violascens* Bunge and *Isatis maxima* Pavl. etc. is being discussed in more details. The general list of Brassicaceae plants of Betpakdala desert includes 80 species, 8 (10) % from them grow only in the disturbed habitats. For increasing the reliability of the research results these species uncharacteristic for natural flora of Betpakdala desert were excluded from the analyzed list at the first stage. As a result, the list containing 72 species united in 36 genera was analyzed. Studying the features of taxonomical composition of Brassicaceae plants demonstrated the leading position of the genera by the number of the species: *Lepidium* – 13 (18%), *Strigosella* – 6 (8%) and *Alyssum* – 5 (7%). Distribution of the species in vital forms demonstrated an indisputable leadership of annual plants, 42 species, while the most part among them is ephemeral plants, 28 species. The analysis of the preference of Brassicaceae plants to edaphic variants showed that the greatest number of Brassicaceae species prefer pelitophitic substrata, and the smallest number – hemipetrophitic substrata. Thus among 53 species found in the conditions of salinization 29 species inhabit on alkaline soils and 24 species inhabit on saline soils. It was shown that the vast majority of species of Brassicaceae plants can be found as in the natural undisturbed phytocenoses as in the less or moderately disturbed phytocenoses. Among the secondary (anthropophilous) habitats where the growth of the representatives of Brassicaceae was found the first place belongs to the agricultural grounds (crops). In these anthropogenous habitats 25 species from the general list of Betpakdala Brassicaceae plants (i.e. 80 species) were found.

*Keywords:* Betpakdala desert, Brassicaceae, the disturbed habitats, edaphic variants.

УДК 599.32:502.172:470.44

## БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАВОЛЖЬЯ<sup>1</sup>

© 2016 г. А.А. Цветкова, М.Л. Опарин

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Саратовский филиал  
Россия, 410028 г. Саратов, ул. Рабочая, 24. E-mail: aatsv@mail.ru

Поступила 20.05.2015

Рассмотрено современное состояние видового состава, обилия и биотопическое распределение мелких млекопитающих в степной зоне Саратовского Заволжья. Показано практически полное сходство видового состава сообществ мелких млекопитающих в природных биотопах и на антропогенно преобразованных территориях. Характерной чертой населения степного Заволжья является высокая плотность популяции малой лесной мыши (*Sylvaemus uralensis*). Кроме этого в последние годы наблюдается увеличение численности степных видов – степной пеструшки (*Lagurus lagurus*), обыкновенной слепушонки (*Ellobius talpinus*). Наиболее высокое видовое разнообразие отмечено на залежах различных стадий сукцессий.

*Ключевые слова:* мелкие млекопитающие, численность, местообитания, структура сообществ, степные виды, степная зона.

Экосистемы степной зоны Нижнего Поволжья имеют длительную историю антропогенных преобразований. Освоение этой территории оседлым сельскохозяйственным населением началось в последней трети 18-го века. К началу 20-го столетия в степной зоне Заволжья было освоено под пашню около 35% территории. С середины 1950-х по середину 1960-х гг. распаханность этой территории была доведена до 65% (Опарин, 2007). В это же время были посажены многочисленные полевые лесополосы, возникло множество населенных пунктов. С конца 1980-х гг. начался спад интенсивности сельскохозяйственного производства, совпавший с теплой и влажной фазой климатического цикла (Сажин, 1993; Левицкая и др. 2005; Золотокрылин, Черенкова, 2006). Все это обусловило изменение облика степных экосистем (Опарин и др., 2010). Описанные природные и антропогенно обусловленные процессы определили современную структуру населения мелких млекопитающих Заволжья. Целью данной работы являлось изучение современного видового состава и распространения мелких млекопитающих в разнообразных местообитаниях степной зоны саратовского Заволжья во время снижения интенсивности сельскохозяйственного производства.

### Материалы и методы

Материалом послужили результаты полевых исследований, проведенных в 2003-2004 гг. и 2012-2014 гг. в степной зоне Саратовского Заволжья. Стационарная работа проводилась в окрестностях сел Дьяковка (50°43'28" с.ш., 46°46'43" в.д.) Лепихинка (50°38'39" с.ш., 46°55'01" в.д.) и Таловка (51°18'34" с.ш., 44°13'54" в.д.) Краснокутского района. Также проводили учеты численности в долине Большого Узенья (50°06'51" с.ш., 48°39'38" в.д.) в Александрово-Гайском районе Саратовской области.

Выбор биотопов определялся соотношением основных формаций зональной растительности. Все обследованные биотопы были разделены нами на две группы: природные мало нарушенные местообитания, сохранившие в значительной степени естественную растительность и антропогенно трансформированные в основном в результате распашки. В первую группу вошли целинные биотопы

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 13-05-00401 и Программы фундаментальных исследований ОБН РАН "Рациональное использование биологических ресурсов России: фундаментальные основы управления".



– участки белополынно-ковыльно-типчаковой и ковыльно-типчаковой степи, испытывающие умеренную и незначительную пастбищную нагрузку. Кроме того, были обследованы древесно-кустарниковые заросли в поймах степных рек Еруслана и Большого Узеня, реликтовый Дьковский лес на Приерусланских песках, а также заросли кустарников и тростников по берегам прудов и в поймах малых степных речек. Также нами были исследованы разновозрастные залежи, находящиеся на различных стадиях демулационной сукцессии растительности и поля, засеянные различными сельскохозяйственными культурами, полезащитные лесополосы.

Учёты численности и отлов мелких млекопитающих проводили в зимнее время в 2004г, в остальные годы весной и осенью по стандартным методикам (Новиков, 1953, Карасева и др., 2008). В основном использовали универсальный метод ловушко-линий, выставляя по 25-50 ловушек Геро с приманкой на расстоянии 5 м друг от друга на два-три дня в каждом исследуемом местообитании (показатель численности – число зверьков на 100 ловушко-суток – л-с). Одновременно на степных участках и на залежах отлавливали животных в ловчие конусы, установленные в канавки, оставляя их на все время учетов, ведя расчет численности на 100 конусо-суток. Этот метод позволяет получить более полные данные по биотопическому распределению не только массовых видов, но и тех, учет которых с помощью приманочных ловушек затруднен, к таким видам относятся степная пеструшка, слепушенка, степная мышовка, землеройки. В литературе нет четких, математически обоснованных способов пересчета данных относительной численности животных, пойманных в конусы и цилиндры, поэтому эти данные использовали вместе с данными ловушко-суток при определении показателя относительной численности. Всего отработано 5800 ловушко-суток, 600 конусо-суток, 120 живоловко-суток, отловлено 1334 экз. мелких млекопитающих. Для видов, по которым не проводили стандартных учётов, численность и присутствие определяли на основе визуальной оценки нор, следов животных. В качестве меры биологического разнообразия различных сообществ мелких млекопитающих использовали хорошо известные информационные индексы, анализировали два индекса – индекс Шеннона (H), учитывающий вклад каждого вида в общую численность и индекс видового разнообразия Симпсона (D), учитывающий, как число особей, так и соотношение их обилия. Чтобы выяснить какую роль играют в видовом составе сообществ обычные фоновые виды, применяли индекс доминирования Симпсона (D-1) (Уиттекер, 1980; Мэгарран, 1992). Сходство сообществ мелких млекопитающих оценивали методом кластерного анализа (Дюран, Одел, 1977). В результате многолетних наблюдений по видовому составу, численности, на основе показателей видового богатства, обилия и соотношения видов были построены кластеры сходства населения мелких млекопитающих в различных местообитаниях. Использован иерархический метод кластерного анализа, метод ближнего соседа или одиночной связи, мера сходства расстояния между объектами – евклидово расстояние, при расчете применяли прикладную компьютерную программу Past 2. (Hammer Oyvind et al., 2008). Научные таксономические названия представителей отряда Rodentia приводятся согласно систематической сводке И.Я. Павлинова (2003).

### Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ видового разнообразия мелких млекопитающих в целинных степных и древесно-кустарниковых группах ассоциаций растительности, на пахотных угодьях и в лесополосах свидетельствует об их идентичности (табл. 1). Основные отличия выявляются при исследовании структуры сообществ мелких млекопитающих. Малая лесная мышь (*Sylvaemus uralensis* Pall., 1811) и содоминирующая ей обыкновенная полевка (*Microtus arvalis* Pall., 1778) – самые многочисленные и широко распространенные виды, они встречаются как в зарослях кустарников, так на залежах и в лесополосах. Степная пеструшка (*Lagurus lagurus*, Pall., 1773), хомячок Эверсмана (*Allocricetulus evermanni* Brandt, 1859), степная мышовка (*Sicista subtilis* Pall., 1773) имеют наиболее высокую относительную численность на залежах разного возраста. Наибольшие показатели обилия обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus* L., 1758) характерны для лесов (табл. 1). В степной зоне саратовского Заволжья в настоящее время наблюдается увеличение плотности популяции степной пеструшки. Этот вид после длительной депрессии, продолжавшейся с 1960-х гг. (Опарин, 2007), в 2012-2013 гг. достиг в Заволжье высокой численности (Цветкова, Опарин 2013). У обыкновенной слепушонки (*Ellobius talpinus* Pall., 1770) численность снизилась в 1940-1950-х гг. (Строганова, 1954; Давидович, 1964) и оставалась таковой практически до настоящего времени (Опарин и др. 2010). Сейчас она расселяется на залежах, в целинной степи и вдоль полезащитных

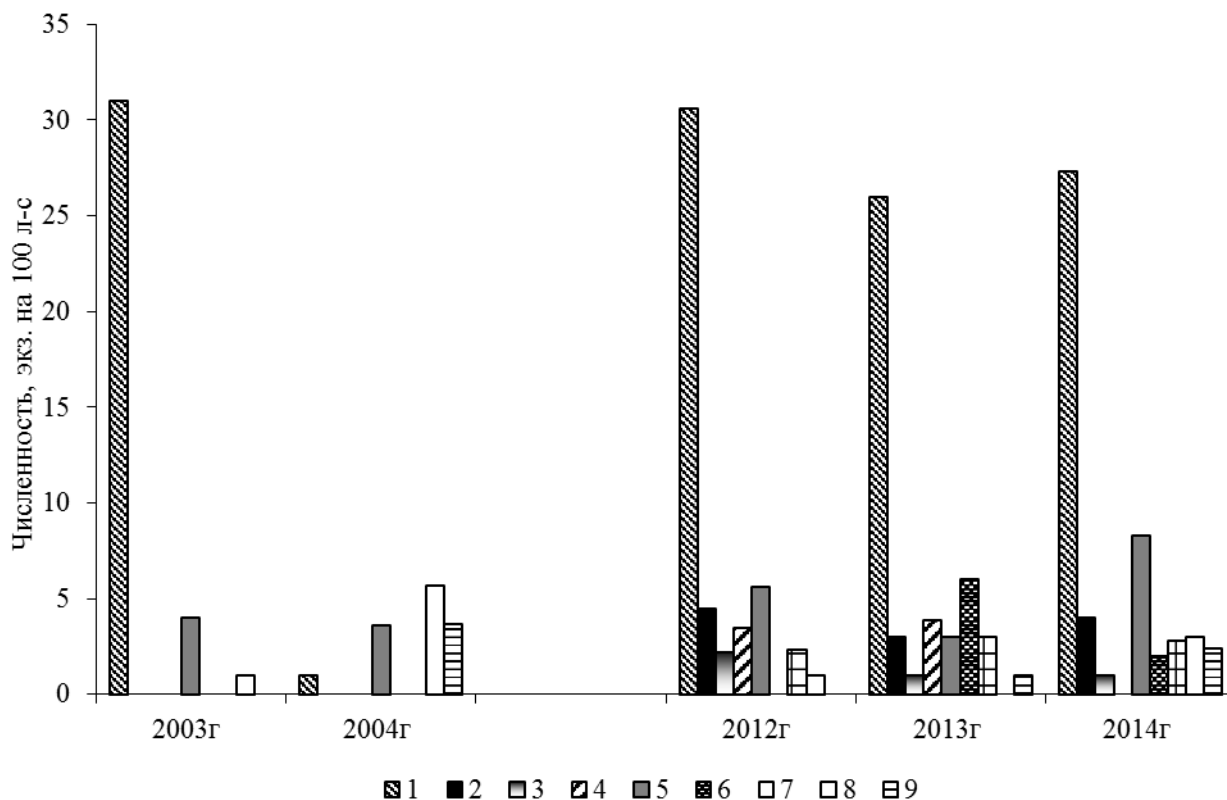
лесополос. В этих биотопах повсюду наблюдаются цепочки свежих земляных выбросов полулунной формы и небольшие холмики с хорошо заметными, открытыми на день, входными отверстиями. Хомячок Эверсмманна имеет широкое распространение, однако, его численность характеризуется межгодовыми и сезонными колебаниями. Степная мышовка встречается на степной целине и залежах разного возраста, но везде немногочисленна. В Алесандрово-Гайском районе отмечено увеличение численности общественной полевки. По нашим данным, заселенность этим видом территории весной 2009 г. оценивалась в 10.2%. В литературе имеются сведения о возвращении общественной полёвки (*Microtus socialis* Pall., 1771) на бессточную Джаныбекскую равнину Заволжья, покрытую комплексной чернополынно-ромашниково-злаковой (*Stipa* spp. – *Tanacetum alchemillifolium* – *Artemisia pauciflora*) растительностью (Быков и др., 2010).

**Таблица 1.** Соотношение видов мелких млекопитающих в природных и антропогенных местообитаниях. **Table 1.** Correlation of small mammal species in natural and anthropogenic habitats

| Вид                             | Группа биотопов       |           |
|---------------------------------|-----------------------|-----------|
|                                 | антропогенные         | природные |
|                                 | доля вида в уловах, % |           |
| <i>Sylvaemus uralensis</i>      | 67.8                  | 76.2      |
| <i>Mus musculus</i>             | 7.2                   | 0.8       |
| <i>Allocricetulus evermanni</i> | 3.3                   | 0.8       |
| <i>Lagurus lagurus</i>          | 5.2                   | 2.7       |
| <i>Microtus arvalis</i>         | 10.4                  | 9.1       |
| <i>Sicista subtilis</i>         | 1.0                   | 0.5       |
| <i>Ellobius talpinus</i>        | -                     | 0.2       |
| <i>Crocidura suaveolens</i>     | 3.2                   | 0.2       |
| <i>Sorex araneus</i>            | 0.6                   | 6.9       |
| <i>Sorex minutus</i>            | 1.3                   | 2.6       |
| Всего ловушко-суток             | 3400                  | 2400      |

Расселение по территории и увеличение численности степных видов происходит на фоне постоянно повышенной плотности популяций малой лесной мыши (рис. 1). Малая лесная мышь в левобережных районах саратовского Заволжья была немногочисленна и обитала в пойменных лесах, в кустарниках у водоемов, бурьянниках, лесопосадках (Щепотьев, 1972, 1975; Давидович, 1964). Рост численности и широкое распространение этого вида произошло при заселении им залежей, образовавшихся на значительных площадях в 1990-2000-х гг., а вслед за ними – и на обрабатываемых полях (Опарин, 2007). По нашим данным доля малой лесной мыши в структуре населения мелких млекопитающих в саратовском Заволжье в 2003 г. составляла 85%, чуть меньше в 2012-2014 гг. (табл. 2). Относительная численность этого вида незначительно варьирует и зависит от года, сезона и типа местообитания. Малая лесная мышь занимает доминирующее положение как во всех исследованных природных биотопах с кустарниковой и древесной растительностью, так и в различных антропогенно трансформированных местообитаниях (рис. 1). За годы наших исследований малая лесная мышь не была отловлена только на степной целине. Ранее нами было показано, что и в Правобережье Саратовской области в эти годы зарегистрировано высокое обилие и широкое распространение малой лесной мыши, которая встречалась всюду за исключением открытых степных участков (Цветкова, 2010). Следующим по значимости видом в структуре населения мелких млекопитающих рассматриваемой территории является обыкновенная полевка, которая содоминирует малой лесной мыши на залежах и в пойменных местообитаниях. Далее следует группа второстепенных видов с низким обилием и долей в структуре населения мелких млекопитающих. В эту группу входит степная пеструшка, домовая мышь (*Mus musculus* L., 1758) и хомячок Эверсмманна. В годы высокой численности степная пеструшка по обилию может занимать третье место на молодых залежах. Доля в уловах степной мышовки минимальна (табл. 2). Общая доля в сообществе мелких млекопитающих представителей насекомоядных обыкновенной и малой бурозубок (*Sorex minutus* L., 1766), малой белозубки (*Crocidura suaveolens* Pall., 1811) практически одинакова и сходна степными видами

грызунов (табл. 2). Эти насекомоядные в Заволжье ранее относились к разряду редких видов (Ларина, Гурылева, 1968).



Условные обозначения, Legend: 1 – *Sylvaemus uralensis*, 2 – *Mus musculus*, 3 – *Allocrietulus evermanni*, 4 – *Lagurus lagurus*, 5 – *Microtus arvalis*, 6 – *Sicista subtilis*, 7 – *Crocidura suaveolens*, 8 – *Sorex araneus*, 9 – *Sorex minutus*.

**Рис. 1.** Динамика численности мелких млекопитающих в различных местообитаниях. **Fig. 1.** Population dynamics of small mammals in different habitats.

Каждому виду мелких млекопитающих свойственна определенная биотопическая приуроченность. Картина их распределения по территории зависит от структуры растительности, а также от численности популяций этих животных. Среди обитающих в степи грызунов имеются виды, для которых характерны колебания численности с высокой амплитудой. Для них типичны редкие кратковременные подъемы численности, происходящие в годы массового размножения, и длительные периоды депрессии, когда присутствие зверьков на территории в течение ряда лет сложно обнаружить – это степная пеструшка, общественная и обыкновенная полевка (Огнев, 1950; Громов и др., 1963; Строгонова, 1954; Давидович, 1964; Башенина, 1962; Chitty, 1952 и др.). Другие виды, например, степная мышовка, имеют стабильно низкую численность, которая характерна для большей части их ареала (Щенброт и др. 1995; Шляхтин и др. 2009). Подобные явления отражаются на количественном и качественном составе сообществ мелких млекопитающих и делают их весьма динамичными и изменчивыми по годам.

На полях зерновых культур по нашим наблюдениям обитает четыре вида мелких мышевидных грызунов (табл. 2). Малая лесная мышь, ранее обитавшая в степи по долинам рек и в других интразональных местообитаниях (Щепотьев, 1975), в настоящее время на пахотных землях является абсолютным доминантом, её доля в уловах составляет более половины (табл. 2). Относительная численность популяции этого вида в разные годы колеблется от 1.3 до 16.0 экз. на 100 л-с. Домовая мышь в настоящее время в структуре населения мелких млекопитающих на полях агрокультур занимает второе место, однако ее доля в уловах значительно ниже, чем была в 1998-2006гг. (Опарин, 2007). Домовая мышь предпочитает поля подсолнечника, на них в 2012г. относительная численность

этого вида составила 5.0 экз. на 100 л-с. Массовых вспышек численности и доминирования на полях, характерных для этого вида в других регионах (Тупикова и др., 2000), нами не отмечено. Обязательными, но немногочисленными обитателями полей являются типичные степные виды.

**Таблица 2.** Структура сообществ мелких млекопитающих в различных биотопах. **Table 2.** Structure of small mammals in different habitats.

| Вид                            | Доля вида в различных местообитаниях, % |      |      |      |      |           |      |      |      |      |      | все биотопы |
|--------------------------------|---|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|-------------|
|                                | антропогенные                           |      |      |      |      | природные |      |      |      |      |      |             |
|                                | ЗМ                                      | ЗБ   | ЗС   | ПО   | ЛП   | СЗ        | КП   | ПВ   | ЛД   | ЛЕ   | КЕ   |             |
| <i>Sylvaemus uralensis</i>     | 52.8                                    | 61.8 | 43.4 | 58.0 | 96.9 | -         | 84.3 | 60.0 | 82.8 | 90.5 | 67.7 | 71.2        |
| <i>Mus musculus</i>            | 17.3                                    | 5.6  | -    | 25.8 | -    | -         | 15.7 | -    | -    | -    | -    | 4.0         |
| <i>Allocrietulus evermanni</i> | 7.1                                     | 4.3  | -    | 3.2  | 0.6  | 20.0      | -    | -    | -    | -    | -    | 2.3         |
| <i>Lagurus lagurus</i>         | 11.3                                    | 6.1  | -    | 13.0 | -    | 60.0      | -    | -    | -    | -    | -    | 4.0         |
| <i>Microtus arvalis</i>        | 8.7                                     | 14.8 | 33.3 | -    | 0.6  | -         | -    | 40.0 | 4.3  | -    | 24.6 | 9.5         |
| <i>Sicista subtilis</i>        | -                                       | 1.9  | 5.0  | -    | -    | 13.3      | -    | -    | -    | -    | -    | 0.9         |
| <i>Ellobius talpinus</i>       | -                                       | +    | +    | -    | -    | 6.7       | -    | -    | -    | -    | -    | 1.0         |
| <i>Crocidura suaveolens</i>    | 2.4                                     | 4.3  | 6.6  | -    | 1.9  | -         | -    | -    | 0.4  | -    | -    | 2.0         |
| <i>Sorex araneus</i>           | 0.8                                     | 0.6  | 1.7  | -    | -    | -         | -    | -    | 8.2  | 9.5  | 7.7  | 3.2         |
| <i>Sorex minutus</i>           | -                                       | 0.6  | 10.0 | -    | -    | -         | -    | -    | 4.3  | -    | -    | 1.9         |
| Количество видов               | 7                                       | 10   | 7    | 5    | 4    | 2         | 2    | 2    | 5    | 2    | 3    | 10          |
| Количество ловушко-суток       | 650                                     | 600  | 700  | 650  | 800  | 500       | 350  | 350  | 650  | 300  | 300  | 5850        |

Условные обозначения здесь и далее: ЗМ – залежь молодая, ЗБ – залежь бурьянистой стадии (3-4 года), ЗС – залежь старовозрастная (5 и более лет), ПО – поля сельскохозяйственные, ЛП – полевые защитные лесополосы, СЗ – степи зональные, КП – кустарниковые заросли у прудов, ПВ – заросли полыни высокой в пойме р. Еруслан, ЛД – Дьяковский лес, ЛЕ – лес пойменный р. Еруслан, КЕ – кустарниково-тростниковые заросли по берегу р. Еруслан + присутствие зверьков с неопределенным обилием; – отсутствие зверьков. *Legend here and below:* ЗМ – young fallow, ЗБ – fallow weed stage (3-4 years), ЗС – old fallow (5 years or more), ПО – agricultural fields, ЛП – forest shelter belts, СЗ – zonal steppe, КП – bushes near ponds, ПВ – high wormwood in the floodplain of the Eruslan, ЛД – Dyakovsky forest, ЛЕ – flood-plain forests of Eruslan river, КЕ – shrubs and reeds on the riverside of the Eruslan + the presence of an animals with uncertain abundance; – absence of animals.

По кромке полей подсолнечника и проса встречается хомячок Эверсмана, относительная численность которого составляет 1.0-2.0 экз. на 100 л-с. Такая низкая численность хомячка Эверсмана на сельскохозяйственных полях обычное явление для данного района (Рюриков и др., 2003; Опарин, 2005). Степная пеструшка в период массового размножения в 2012-2013 гг. заселяла поля озимой пшеницы с плотностью 2.0 экз. на 100 л-с. Весной зверек роет неглубокие норы и делает запасы из стебельков пшеницы. В других регионах степная пеструшка охотно селится на пашне, и ранее считалась вредителем сельского хозяйства (Громов, Ербаева, 1995). Общая относительная численность грызунов на полях невысока – 4.8 экз. на 100 л-с.

*Залежи.* При сравнении структуры населения мелких млекопитающих различных растительных ассоциаций выявлено, что наибольшее количество видов встречается на разновозрастных залежах (табл. 3). Из данных таблицы 3 следует, что индекс разнообразия Шеннона, который сочетает видовое богатство и общее число особей, здесь выше, чем в других местообитаниях.

В видовом составе сообществ залежей представлены как широко распространенные мезофильные виды, так и ксерофильные представители степного фаунистического комплекса (табл. 2). Малая лесная мышь – доминант на залежах всех стадий сукцессии. Её относительная численность здесь колеблется от 1.4 до 14.6 экз. на 100 л-с. Следующей по уровню обилия является обыкновенная полевка (табл. 2). Наибольшую относительную численность этот вид имеет на старовозрастных залежах (пять и более лет) – 11.3 экз. на 100 л-с. Домовая мышь содоминирует

малой лесной мыши на молодых залежах, недавно бывших полями. Здесь ее относительная численность может достигать 6.0 экз. на 100 л-с. На залежах бурьянистой стадии обилие этого вида снижается, а на старых залежах она вообще отсутствует (табл. 2).

Степные виды немногочисленны, но широко представлены на разновозрастных залежах. Наиболее характерной чертой для изучаемого периода является резкое увеличение плотности популяции степной пеструшки, которая по данным учетов в 2012-2013гг. в сообществе мелких млекопитающих на молодых залежах занимает третье место по обилию (табл. 2). Относительная плотность этого вида составляла от 2.0 до 4.0 экз. на 100 л-с. На молодых залежах и на свежей стерне озимой пшеницы, отчетливо были видны следы ее жизнедеятельности. В 2014 г. степная пеструшка в уловах отсутствовала. Хомячок Эверсмманна – слабый землекоп, поэтому предпочитает молодые залежи, где наиболее рыхлый грунт, он отлавливался около нор пеструшек в давилки и живоловки, его относительная численность составляла от 1.5 до 4.0 экз. на 100 л-с. Степная мышовка предпочитает старые залежи, ее доля в уловах невысока, но относительная численность в отдельные годы составляет 6.0 экз. на 100 л-с. Всюду встречается малая белозубка, относительная численность популяции которой достигает 5.0 экз. на 100 л-с. В холодный период года этот вид регулярно ловится в домах сельских жителей в районе исследований. Малая бурозубка занимает четвертое место по доле в уловах на старых залежах. Обыкновенная бурозубка является здесь очень редким видом.

На целинных участках зональных сухих степей – белопопынно-типчаково-ковыльной (*Stipa lessengiana* – *Festuca valesiaca* – *Artemisia lerchiana*) и типчаково-ковыльной (*Stipa lessengiana* – *Festuca valesiaca*), видовое разнообразие мелких млекопитающих бедное, обитают на таких участках только степные виды грызунов (табл. 2). В сухой белопопынно-типчаково-ковыльной степи с выраженной пастбищной дигрессией в окрестностях с. Лепихинка в годы подъема численности степной пеструшки отмечено много небольших по размеру колоний этого вида, приуроченных к островкам зеленой растительности в микропонижениях рельефа, которые характеризовались многочисленными мелкими норками (старыми и свежими) с ходами, натоптанными в трещинах почвы. Зверьки ловились в конусы и давилки. Относительная численность населения степной пеструшки в 2012-2013 гг. составляла 4.6 экз. на 100 л-с. Но уже в 2014 г. не осталось и следов от присутствия этого вида. В степи, несмотря на большое количество выставленных ловушек, живоловок и конусов, наряду с пеструшкой, был пойман только хомячок Эверсмманна. В типчаково-ковыльной степи в окрестностях села Таловка (на границе со старой залежью) ловилась степная мышовка – 2.0 экз. на 100 л-с. В конусы тут же среди ковыля Лессинга и типчака отлавливались расселяющиеся молодые особи слепушонки. Показатели разнообразия хорошо отражают низкий уровень численности и бедность видового состава. Индекс Шеннона, чувствительный к наличию редких видов, в данном местообитании достаточно высок (табл. 3).

Надо отметить, что в степи часто встречаются жилые норы большого тушканчика (*Allactaga jaculus* Pall., 1778).

В лесных местообитаниях – березово-осиновых колках Дьяковского леса господствует малая лесная мышь, среди грызунов она является монодоминирующим видом (табл. 2, 3), показатель обилия в летне-осенние месяцы в годы наблюдений держался на стабильно высоком уровне – 40-48 экз. на 100 л-с. В январе 2004 г. при низкой численности малой лесной мыши в Дьяковском лесу (0.3 экз. на 100 л-с) в песчаной степи между колками отлавливалась обыкновенная полевка, плотность попадания которой составляла 7.0 экз. на 100 л-с. Ближе к осени в уловах появляются обыкновенные бурозубки, показатель попадания которых в октябре 2014г. составил 2.6 экз. на 100 л-с. Причем в уловах были как стандартные, так и темноокрашенные зверьки. Зимние учеты 2004 г. показали высокое обилие в лесу трех видов насекомоядных, показатель обилия составил для обыкновенной бурозубки 5.7 экз. на 100 л-с, а для малой бурозубки и малой белозубки соответственно 3.7 и 0.7 экз. на 100 л-с. Отловы проводили в зимний сезон ловушками Геро, когда добыча корма затруднена, и землеройки охотно берут стандартную приманку. Зимние учеты показали относительно высокую численность насекомоядных, которая соизмерима с показателями численности грызунов в другие сезоны (Цветкова и др., 2004). По нашим данным типично степные виды грызунов в Дьяковском лесу отсутствуют.

В пойменном лесу по берегу р. Еруслан видовое разнообразие также невысокое, доминирующий вид – малая лесная мышь (табл. 2), обилие обыкновенной бурозубки равнозначно плотности популяции этого вида в Дьяковском лесу. В прибрежных зарослях кустарника в сообществе мелких

млекопитающих полноправным членом является обыкновенная полевка, она содоминирует малой лесной мышью, причем наиболее высокая относительная численность вида наблюдается в высоких тростниковых зарослях – 12.0 экз. на 100 л-с. К осени 2014 г численность обыкновенной полевки в пойменных биотопах возросла (рис. 1). В густых зарослях полыни высокой (*Artemisia abrotanum*), расположенных в низинах между прибрежными тростниками и степными участками, доминирует малая лесная мышь (24 экз. на 100 л-с.), содоминирует ей обыкновенная полевка (8.0 экз. на 100 л-с.)

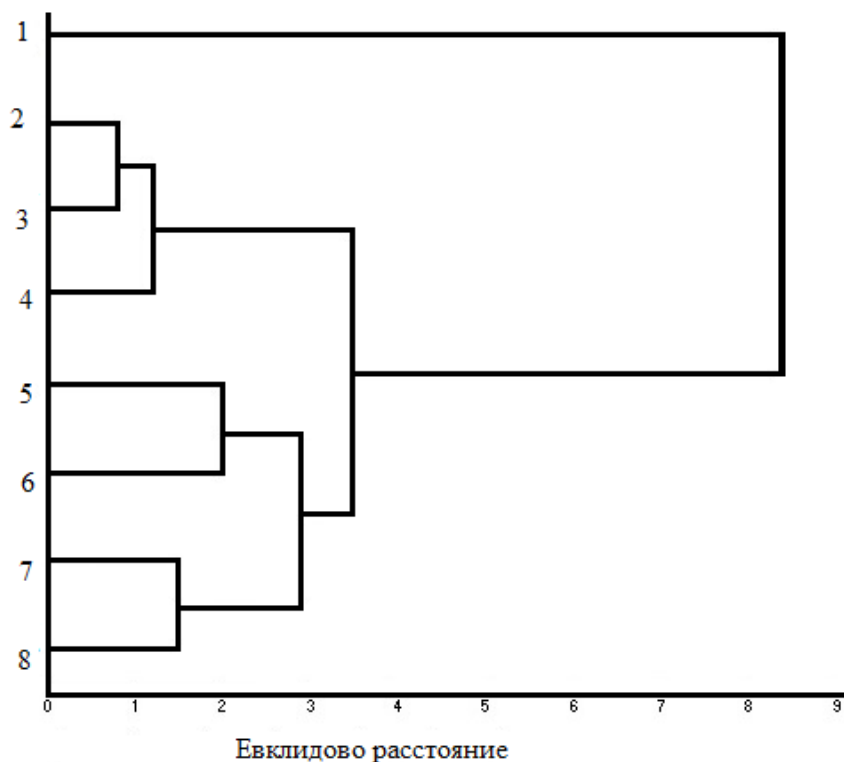
**Таблица 3.** Показатели разнообразия мелких млекопитающих в природных и антропогенных местообитаниях. **Table 3.** Diversity of small mammals in natural and anthropogenic habitats.

| Показатель                 | Природные и антропогенные местообитания |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                            | ЗМ                                      | ЗБ   | ЗС   | ПО   | ЛП   | СЗ   | ПВ   | ЛД   | ЛЕ   | КЕ   |
| Индекс Шеннона (H)         | 1.44                                    | 1.34 | 1.48 | 1.04 | 0.14 | 1.07 | 0.67 | 0.64 | 0.30 | 0.80 |
| Индекс Симпсона (D)        | 0.64                                    | 0.54 | 0.69 | 0.57 | 0.01 | 0.56 | 0.48 | 0.27 | 0.15 | 0.45 |
| Индекс доминирования (D-1) | 0.35                                    | 0.45 | 0.30 | 0.42 | 0.99 | 0.43 | 0.52 | 0.72 | 0.84 | 0.54 |
| Количество видов           | 7                                       | 9    | 7    | 4    | 4    | 4    | 2    | 5    | 2    | 3    |

**Примечание:** Обозначение местообитаний (ЗМ-КЕ) те же, что в условных обозначениях к таблице 2.  
**Note:** The designation of habitats (ЗМ-КЕ) is the same as in the legend to table 2.

*Полезацинтные лесополосы.* Население мелких млекопитающих полезацинтных лесополос состоит в основном из малой лесной мыши. Среди всех исследованных местообитаний в лесополосах самый высокий индекс доминирования (табл. 3). Относительная численность колеблется от 4.0 до 30-40 экз. на 100 л-с и зависит от места расположения лесополосы, породного состава древостоя и времени года. К осени видовой состав становится более разнообразным, по кромке лесополосы появляются единичные экземпляры обыкновенной полевки и хомячка Эверсмманна – 1.0-2.0 экз. на 100 л-с. Домовая мышь в уловах отсутствовала. Однако, по данным Н.В. Щепотьева (1975) домовая мышь в лесополосах, имеющих заросли бурьяна, ранее встречалась в Нижнем Поволжье повсеместно. Из насекомоядных в лесополосах в окрестностях с. Лепехинка обитает малая белозубка. Относительная численность этого вида осенью 2014 г. составляла 4.0 экз. на 100 л-с. В полезацинтных и придорожных лесополосах в Правобережных районах Саратовской области также доминирует малая лесная мышь, а общий видовой состав население включает шесть видов грызунов, а также обыкновенную и малую бурозубок (Цветкова, 2010).

Результаты кластерного анализа сообществ мелких млекопитающих приведены на рисунке 2. Дендограмма объединяет в один кластер на самом высоком уровне близости (евклидово расстояние 1.1) естественные лесные местообитания и лесопосадки. Эти местообитания характеризуются высоким уровнем численности и доминированием малой лесной мыши, а также низким видовым разнообразием. Далее, на следующем уровне близости сгруппировались в кластер природные местообитания – участки полыни высокой и тростниково-кустарниковые заросли на основе главного объединяющего фактора – присутствия многочисленной обыкновенной полевки. На следующем уровне близости в один кластер объединились разновозрастные залежи и поля, несмотря на то, что эти местообитания отличаются разным уровнем численности и видовым составом мелких млекопитающих. Возможно, это обусловлено высоким обилием степной пеструшки, которая содоминировала малой лесной мышью на молодых залежах и достигала высокой численности на полях озимой пшеницы. Значительно обособлены от всех других местообитаний зональные степи. Население зональных целинных степей по своему видовому составу значительно отличается от сообществ мелких млекопитающих остальных местообитаний за счет присутствия только степных видов и отсутствия малой лесной мыши. Окончательно все объекты группируются в один кластер с зональными степями. Таким образом, по структуре и разнообразию сообществ мелких млекопитающих кластерный анализ отразил общность естественных и трансформированных местообитаний, выделив обособленным кластером только зональные целинные степи.



*Условные обозначения.* Биотопы по оси *y*: 1 – степи зональные, 2 – лес пойменный р. Еруслан, 3 – Дьяковский лес, 4 – ползащитные лесополосы, 5 – залежи разновозрастные, 6 – сельскохозяйственные поля, 7 – кустарниково-тростниковые заросли по берегу р. Еруслан, 8 – заросли полыни высокой в пойме р. Еруслан. *Legend.* The habitats along the *y*-axis: 1 – steppe zone, 2 – flood-plain forests of the Eruslan river, 3 – Dyakovsky forest, 4 – forest shelter belts, 5 – fallow of different ages, 6 – agricultural fields, 7 – shrubs and reeds on the riverside of the Eruslan, 8 – high wormwood in the floodplain of the Eruslan river.

**Рис. 2.** Дендрограмма сообществ мелких млекопитающих разнообразных местообитаний. **Fig. 2.** Dendrogram of the communities of small mammals in different habitats.

В долине р. Большой Узень в 2013 г. фоновым видом являлась малая лесная мышь, в прибрежном пойменном лесу ее доля в уловах составляла 76.0%, а показатель обилия – 16.0 экз. на 100 л-с. Ее содоминантом выступала мышь-малютка (*Micromys minutus* Pall., 1771). Относительная численность этого вида в пойменном лесу равнялась 5.0 экз. на 100 л-с. На границе поймы с пустынно-степным трехчленным комплексом отловлен типичный представитель фауны полупустыни – общественная полевка. Попадаемость этого вида в давилки Геро невысокая, так как этот зверек не идет в давилки на стандартную приманку, но на открытых участках, среди куртин ковыля и тюльпанов имелось свидетельство присутствия общественной полевки – было много нор, тропок, подгрызов луковиц тюльпанов и мятлика живородящего. Численность общественной полевки в долинах рек Большого и Малого Узеней в последние годы неуклонно растет, она встречается в антропогенно трансформированных биотопах и на целинных участках (Опарин и др., 2010).

### Выводы

В ходе исследований, проведенных авторами в степях Заволжья, выявлена схожесть видового состава сообществ мелких млекопитающих в природных и трансформированных человеком биотопах, отличия проявляются лишь в их структуре, обусловленной различиями в численности конкретных видов. Отличительной особенностью населения мелких млекопитающих изученной территории является абсолютное доминирование малой лесной мыши. На разновозрастных залежах, в тростниково-кустарниковых зарослях пойм ей содоминирует обыкновенная полевка, на полях

зерновых культур – домовая мышь и степная пеструшка. В лесопосадках лесная мышь является монодоминирующим видом.

Одновременно с этим в степях саратовского Заволжья наблюдается тенденция увеличения численности и доли в структуре сообществ типичных степных видов мышевидных грызунов, к которым в первую очередь следует отнести степную пеструшку, общественную полевку, обыкновенную слепушонку. Это можно объяснить тем, что в структуре сообществ мелких млекопитающих доля степных видов возрастает по мере восстановления степной растительности на залежных участках.

Разновозрастные залежи характеризуются наиболее высоким видовым разнообразием при значительном обилии степных видов грызунов. Население целинных участков зональных степей состоит только из степных видов, уровень численности которых невысок. На целинных степных участках малая лесная мышь отсутствует, а в годы массового размножения доминирует степная пеструшка.

Из сказанного следует, что мелкие млекопитающие приспособились к антропогенно трансформированным местообитаниям в степных ландшафтах, а сокращение площади возделываемых полей привело к образованию залежей местообитаний, пригодных для типично степных видов грызунов, в связи с этим они вновь заняли значимое место в структуре населения мелких млекопитающих Заволжья.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Башенина Н.В.* 1962. Экология обыкновенной полевки и некоторые черты ее географической изменчивости. М: МГУ. 309 с.
- Быков А.В., Шабанова Н.П., Бухарева О.А.* 2010. Особенности распространения и выживания общественных полевков в глинистой полупустыне Заволжья // Поволжский экологический журнал. № 2. С. 133-141.
- Громов И.М., Ербаева М.А.* 1995. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий (зайцеобразные и грызуны). СПб: ЗИН РАН. 522 с.
- Давидович В.Ф.* 1964. Фауна млекопитающих и динамика численности некоторых грызунов в Саратовской области // Зоологический журнал Т. 43. Вып. 9. С. 1366-1372.
- Дюран Б., Одел П.* 1977. Кластерный анализ. М.: Статистика. 128 с.
- Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А.* 2006. Изменение индикаторов соотношения тепла и влаги, биопродуктивности в зональных равнинных ландшафтах России во второй половине XX в. // Известия РАН. Серия География. № 3. С. 19-28.
- Карасева Е.В., Телицына А.Ю., Жигальский О.А.* 2008. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М: Изд-во ЛКИ. 416 с.
- Карасева Е.В.* 1961. Влияние распашки целины на образ жизни и территориальное распределение мышевидных грызунов в Северном Казахстане // Зоологический журнал. Т. 40. Вып. 5. С. 768 - 773.
- Ларина Н.И., Гурьева Г.М.* 1968. Эколого-фаунистические комплексы млекопитающих // Вопросы биогеографии Среднего и Нижнего Поволжья. Саратов: Изд-во Саратовского университета. С. 105-132.
- Левицкая Н.Г., Шаталова О.В., Иванова Г.Ф.* 2005. Оценка современных тенденций изменения климата и их последствий для сельскохозяйственного производства в Нижнем Поволжье. Повышение эффективности использования агроклиматического потенциала юго-восточной зоны России. Саратов: ГНУ НИИСХ Юго-Востока. С.273-284.
- Мэгарран Э.* 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. М: Мир. 166 с.
- Огнев С.И.* 1950. Звери СССР и прилежащих стран (Звери Восточной Европы и Северной Азии). Грызуны. М-Л.: Изд-во АН СССР. Т. 7. 706 с.
- Опарин М.Л.* 2005. Изменение населения грызунов типичных и сухих степей Заволжья в XX столетии. Систематика, палеонтология и филогения грызунов //Труды ЗИН РАН. СПб. Т. 306. С. 82-101.
- Опарин М.Л., Опарина О.С., Матросов А.Н., Кузнецов А.А.* 2010. Динамика фауны млекопитающих степей Волго-Уральского междуречья за последнее столетие // Поволжский экологический журнал. № 1. С. 71-85.



- Павлинов И.Я. 2003. Систематика современных млекопитающих. // Сборник трудов Зоологического музея МГУ. М.: Изд-во Московского Университета. Т. XLVI. С. 297.
- Рюриков Г.Б., Суров А.В., Тихонов И.А. 2003. Хомячок Эверсмманна (*Allocricetulus evermanni*) в саратовском Заволжье: экология и поведение в природе // Поволжский экологический журнал. № 3. С. 251-258.
- Сажин А.Н. 1993. Природно-климатический потенциал Волгоградской области. Научное исследование природно-климатических ресурсов области за 100-летний период. Волгоград: Изд-во ВСХИ. С.1-28.
- Строганова А.С. 1954. Млекопитающие степного и полупустынного Заволжья // Труды ЗИН АН СССР. Т. 16. С. 30-116.
- Тупикова Н.В., Хляп Л.А., Варшавский А.А. 2000. Грызуны полей Северо-Восточной Палеарктики // Зоологический журн. Т. 79. № 4. С.480-494.
- Уиттекер Р. 1980. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс. 327 с.
- Цветкова А.А. 2010. Структура населения, численность и популяционные показатели мелких млекопитающих в саратовском Правобережье // Поволжский экологический журнал. № 4. С. 423-437.
- Цветкова А.А., Опарин М.Л., Опарина О.С. 2004. Зимнее распространение и численность землероек в саратовском Поволжье // Млекопитающие как компонент аридных экосистем (ресурсы, фауна, экология, медицинское значение и охрана). Материалы Международного совещания. М.: Грифика. С. 160-161.
- Цветкова А.А., Опарин М.Л. 2013. Степная пеструшка (*Lagurus lagurus* Pallas, 1778) в степях Саратовской области // Поволжский экологический журнал. № 2. С. 231-236
- Шенброт Г.И., Соколов В.Е., Гептнер В.Г., Ковальская Ю.М. 1995. Млекопитающие России и сопредельных регионов. Тушканчикообразные. М.: Наука. 576 с.
- Шляхтин Г.В., Ильин В.Ю., Опарин М.Л., Беляченко А.В., Бытракова Н.В., Ермаков О.А., Завьялов Е.В., Захаров К.С., Кайбелева Э.И., Кошкин В.А., Курмаева Н.М., Лукьянов С.Б., Мосолова Е.Ю., Опарина О.С., Семихатова С.Н., Смирнов Д.Г., Сонин К.А., Табачишин В.Г., Титов С.В., Филипьевичев А.О., Хучраев С.О., Якушев Н.Н. 2009 Млекопитающие севера Нижнего Поволжья: Состав териофауны. Кн. I. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та. 248 с.
- Щепотьев Н.В. 1975. Очерк распространения и стационального размещения некоторых видов мышевидных грызунов в Нижнем Поволжье // Фауна и экология грызунов. М.: Изд-во МГУ. Вып. 12. С. 62-97.
- Hammer Oyvind, Harper D.A.T., Ryan P.D. 2008. Past2. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://folk.uio.no/ohammer/past>.
- Chitty D. 1960. Population processes in the voles and their relevance to general theory // Canadian Journal of Zoology. Vol. 38. N. 1. P. 99-113.

## BIOTOPICAL DISTRIBUTION OF SMALL MAMMALS IN THE STEPPE ZONE OF THE ZAVOLZHE

© 2016. A. A. Tsvetkova, M. L. Oparin

*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Saratov Branch  
Russia, 41002 Saratov, Rabochaya str., 24. E-mail: aatsv@mail.ru*

The current status of species composition, abundance and distribution of small mammals in various habitats of the steppe zone of the Saratov Zavolzhie. Displaying almost complete similarity of species composition of small mammals in natural habitats and anthropogenically transformed territories. A characteristic feature of the population of Zavolzhie steppe zone is a high population density of small wood mouse (*Sylvaeemus uralensis*). In addition, in recent years there has been an increase in the number of steppe species: a steppe birch mouse (*Sicista subtilis*), northern mole vole (*Ellobius talpinus*). The highest species diversity observed in the deposits of various stages of succession.

**Keywords:** small mammals, abundance, habitat, community structure, species steppe, steppe zone.

УДК 911.52:551.4

## ИСТОРИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ И АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПЕСЧАНЫХ ЗЕМЕЛЬ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ<sup>1</sup>

© 2016 г. А.А. Чибилев, А.Г. Рябуха

*Институт степи УрО РАН*

*Россия, 46000 Оренбург, ул. Пионерская, 11. E-mail: orensteppe@mail.ru, annaryabukha@yandex.ru*

Поступила 15.07.2015

В работе проведен анализ истории хозяйственного освоения и антропогенной трансформации песчаных земель степной зоны Оренбургской области. Выделены и охарактеризованы этапы эволюции песчаных земель, обусловленные динамикой социально-экономического развития исследуемой территории. Выявлено, что по мере развития земледелия и скотоводства частота вспышек деградации песчаных земель постепенно возросла и стала коррелировать с периодами повышенной засушливости, а также подчиняться этапам социально-экономического развития общества.

*Ключевые слова:* песчаные земли, дефляция, пастбищная дигрессия, антропогенная трансформация, эоловые процессы

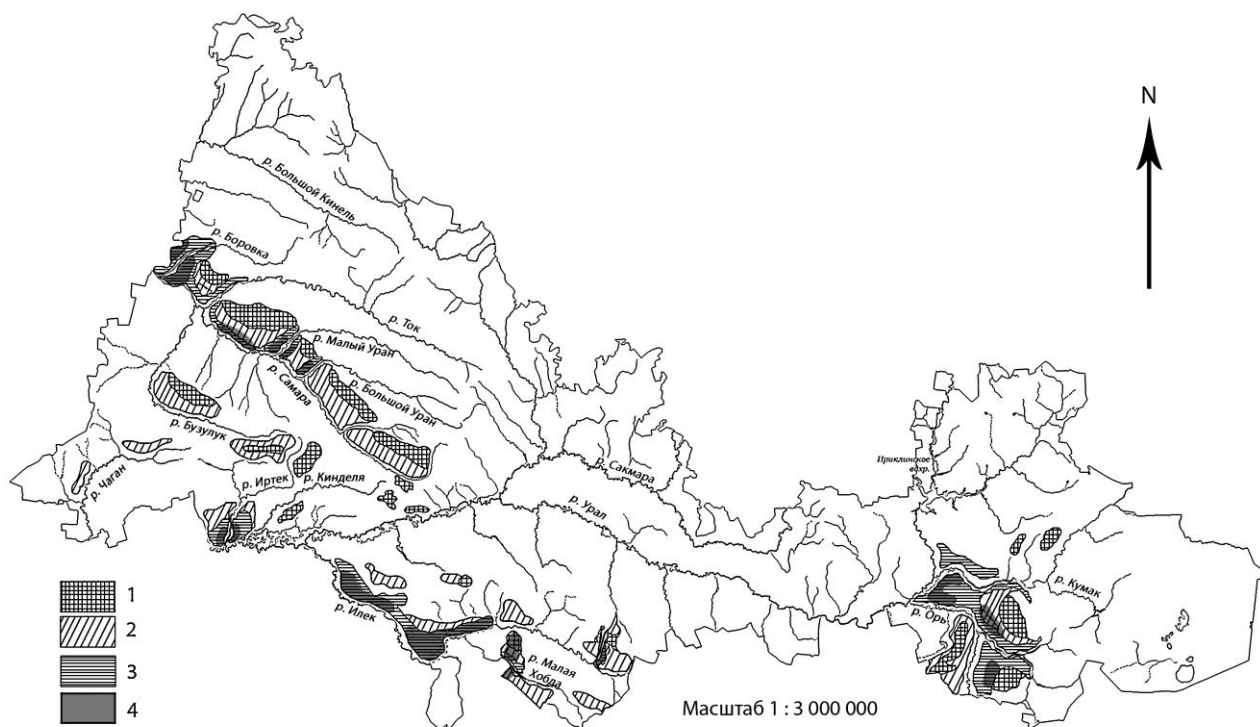
### Введение

За исторический период человеческое общество сильно изменило ландшафты Земли, а в современную эпоху воздействие человека на ландшафты стало особенно интенсивным (Исаченко, 1962). Пожалуй, самыми динамичными во времени и пространстве являются песчаные земли. В силу специфичности литологического состава субстрата они представлены псаммогенными вариантами ландшафтов, которые заметно отличаются от типично зональных, а порой выступают как экстра – или интразональные. Вместе с тем это мир весьма «хрупких» геосистем, легко поддающихся воздействию антропогенных деструктивных процессов. Если проанализировать состав земель современного антропогенного бедленда, то легко убедиться, что в нем явно преобладают разбитые пески аридных и семиаридных территорий. Многие из них стали жертвой опустынивания, получившего глобальный размах во второй половине XX века (Николаев, 1999). Большое значение в последние десятилетия приобретает информация о становлении, развитии и тенденциях трансформации песчаных ландшафтов, которая позволяет углубить представления о генезисе и современном состоянии природно-территориальных комплексов песков и оказывает более широкие возможности для осуществления прогноза, научно обоснованного планирования, успешного проведения агротехнических мероприятий, проектированию мелиоративных систем и оптимизации экологической обстановки песчаных ландшафтов.

Целью данной статьи стало изучение динамических процессов и эволюционных преобразований песчаных земель степной зоны Оренбургской области под влиянием антропогенного фактора. Песчаные земли широко распространены на территории степной зоны Оренбургской области. Они располагаются локальными массивами среди степных ландшафтов и приурочены к областям развития древних и современных речных систем – к средне-верхнечетвертичным, верхнечетвертичным и верхнечетвертичным-современным отложениям, а также встречаются в приподнятых приводораздельных и водораздельных зонах на участках денудационных равнин, четвертичные отложения которых представлены толщей покровных делювиальных и элювиальных песков, образовавшихся в результате выветривания пермских, юрских, триасовых и меловых песчаников (рис. 1). В верхнем плейстоцене и голоцене песчаные земли региона испытали

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФ (грант № 14-17-00320 «Разработка интегральных показателей, необходимых для оптимизации структуры земельного фонда и модернизации природопользования в степных регионах РФ»).

неоднократные процессы дефляции, связанные с ритмическими изменениями климата, вызвавшими смещение ландшафтных зон и подзон и изменение почвообразовательных процессов. Так, фазы дефляции песков связывают с периодами ксерофитизация климата в дриасе-пребореале (14-10 тыс. л.н.), в суббореале (5-4 тыс. л.н.) и в субатлантическое время (2-1.4 тыс. л.н.). Последние несколько столетий в естественное развитие песков региона стал активно вмешиваться человек. С 30-х годов XIX века антропогенная нагрузка стала приобретать угрожающие масштабы и к концу XX века коренным образом преобразовала песчаные ландшафты.



*Условные обозначения.* Генетические типы песков: 1) элювиальные, 2) делювиальные, 3) аллювиальные, 4) эоловые. *Legend.* Genetic types of sands: 1) eluvial, 2) deluvial, 3) alluvial, 4) aeolian.

**Рис. 1.** Карта-схема распространения песчаных земель и генетических типов песков Оренбургской области. **Fig. 1.** Map-scheme of distribution of sandy lands and genetic types of sands of the Orenburg region.

### Результаты и их обсуждение

Освоение и заселение песчаных массивов региона имеет многовековую историю. С древнейших времен они привлекали «своей многоводностью, обилием кормов, разнообразной дичью для охоты и возможностью укрыться со стадами в буграх от холодов и метелей» (Гаель, 1949). Древнейшие артефакты, связанные с деятельностью человека и приуроченные к песчаным ландшафтам Оренбургской области, относятся к мезолиту и обнаружены в районе террасовых песков р. Илека около поселков Буранного, Изобильного и Линевки. Песчаные земли были населены в эпоху неолита и энеолита, о чем свидетельствуют многочисленные находки из развеваемых могильников и поселений. Однако до периода начала domestikации скота, человек вряд ли мог нанести вред песчаным геосистемам.

Достоверно установленные признаки скотоводческого хозяйства в Волго-Уралье фиксируются, начиная с раннеэнеолитических памятников хвалынского-бережновского типа (конец V – начало IV тыс. до н.э.), – наиболее архаичного звена древнеэнеолитической культуры. Ее носители, очевидно, являлись первыми номадами Восточной Европы. Они оставили выразительный историко-культурный след, материализованный в древнейших курганных некрополях. С древнеэнеолитической культурой связано распространение на севере Евразии скотоводства, традиций металлообработки меди и других новаций (Богданов, 1999; 2004). Памятники эпохи бронзы широко распространены на

территории изучаемого региона. Они обнаружены в долинах рек Илека, Иртека, Малой Хобды, Урала, Самары, Тока и др. В эпоху раннего железного века (I тыс. до н.э. – начало I тыс. н.э.) территорию изучаемого региона занимали скифо-сарматские племена. Только по берегам реки Илек в среднем и нижнем ее течении выявлено более 150 курганных некрополей раннего железного века. Эпоха Великого Переселения Народов (IV-V вв. н.э.) стала переходной от раннего железного века к средневековью. Эта эпоха представляет для данного региона череду смены одних кочевых племен другими. Через Приуральские степи из глубин Азии непрекращающимся потоком приходили авары, огузы, печенеги, кипчаки (половцы), татаро-монголы, киргиз-кайсаки (казахи), (История Оренбуржья, 1996). Традиционным видом их хозяйства было пастбищно-кочевое скотоводство. Они двигались в поисках лучших пастбищ, вытесняя друг друга и перегоняя за собой гигантские табуны скота. Наличие обширных пастбищ, разнообразие их природных условий позволяли содержать мелкий рогатый скот и лошадей в течение круглого года на подножном корму. От сезона к сезону кочевки совершались главным образом в меридиональном направлении по издавна установленным маршрутам (скотопрогонам). Кочевое содержание скота позволяло сдерживать разрушительные процессы пастбищной деградации, почти не изменяя растительный покров степи. Обеспечивалось естественное сукцессионное восстановление стравленных травостоев (Николаев, 1999). Это связано со следующими причинами. Во-первых, кочевой способ использования пастбищ предусматривал соблюдение основного закона рациональной эксплуатации пастбищ – пребывание животных на конкретном участке должно быть настолько коротким, чтобы не дать возможности им вторично стравливать побеги или стебли у растений, образовавшиеся после первого стравливания. Во-вторых, при кочевом использовании пастбищ соблюдалось и другое важное условие – эксплуатация тех или других массивов лишь в моменты наступления спелости травостоя, в период их наибольшей продуктивности. На этом принципе основано сезонное перемещение кочевков: стравливание зимой пастбищ песков, пойм рек и озер, весной – равнинных пастбищ пустыни и полупустыни, летом – злаковых и разнотравно-злаковых пастбищ степей, осенью – полынно-солянковых пастбищ глинистых пустынь и полупустынь. Возможно, разбивание песков происходило у водопоев и в местах длительных стоянок.

Мы не располагаем сколько-нибудь достоверными археологическими и этнографическими свидетельствами наличия земледельческого уклада у древнего и средневекового населения края. Резко-континентальный климат с холодной суровой зимой, относительно высоким снежным покровом, короткой весной, сопровождающейся высокими паводками и заморозками, жарким летом с частыми суховеями в эпохи древности, средневековья, в начале Нового времени определил скотоводческую специфику хозяйства обитателей степной зоны (Богданов, 2004).

Таким образом, на протяжении тысячелетий человек не оказывал на песчаные экосистемы значительного воздействия. Хотя почвенно-растительный покров и испытывал определенное антропогенное воздействие, оно было незначительным, в связи со слабой плотностью населения и приурочено, главным образом, к путям кочевий и местам длительных стоянок.

В 1731 г. хан Младшего Жуза (орды) Абулхаир в связи с агрессией джунгар обратился к русской императрице Анне Иоанновне с просьбой принять его в Российское подданство. Это событие положило начало добровольного присоединения Казахстана к России. Для закрепления вновь приобретенных земель в 1735 г. была организована Оренбургская экспедиция. Ее итогом стало основание г. Оренбурга и создание цепи крепостей по рекам Самаре и Яику. На плодородные Оренбургские земли хлынул поток русских крестьян-переселенцев, привнесших в степное природопользование земледелие и отгонно-стойловое скотоводство. В связи с этим появляются первые очаги развеваемых песков, образование которых обуславливалось перевыпасом. Значительную роль в деградации песчаных почв сыграло земледелие. Распашка земель обычно производилась сохой. Только к началу XX века у степных хлеборобов появился плуг. Крестьянам было тяжело распахивать тяжелосуглинистые черноземные почвы, поэтому они еще долгие годы оставались нетронутыми. В первую очередь распахивались легкие по механическому составу почвы – легкосуглинистые и супесчаные (Николаев, 1999). В виду отсутствия почвозащитных севооборотов они быстро разрушались, подвергались дефляции и теряли плодородие.

Заселение и освоение песчаных массивов в бассейне р. Илек начинается с 1811 г., когда в целях защиты Илецкого соляного промысла и солевозного тракта, был образован Новоилецкий район. В результате возникли форпосты Изобильный (1810 г.), Буранный (1822 г.), Линеvский (1820 г.),

Угольный (1822 г.), Ветлянский (1822 г.). Еще раньше началось освоение песчаных земель по Иртеку и Кинделе уральскими казаками. Вдоль пограничных линий создавались казачьи и крестьянские поселения, которые становились очагами хозяйственного освоения прилежащих территорий и, в то же время, очагами развеваемых песков. Под влиянием русского населения часть кочевых казахов переходит к оседлости, создавая постоянные поселения и развивая отгонно-стойловое скотоводство. Переход кочевников на оседлость сопровождался увеличением поголовья скота и изменением структуры стада, в которых начали преобладать овцы. В результате нарушилась сезонность в использовании пастбищ, увеличилась нагрузка на пастбищные угодья (Опустынивание..., 2002). Казахи так же начинают заниматься земледелием, используя под распашку в основном песчаные почвы, наиболее легкие в обработке (Гонтарев, 1915).

В результате, не смотря на частные падежи, поголовье скота в Оренбургской губернии росло и к середине XIX в. составило более 5.6 млн. голов. В среднем на душу населения приходилось 2.5 головы скота. Посевы площадей хлебов за 1794-1850 гг. выросли с 859 тыс. десятин до 3.2 млн. десятин, или в 3.6 раза (История Оренбуржья, 1996). Определенную роль в изменении социально-экономических отношений на Южном Урале сыграла отмена крепостного права 1861 г. и последовавшие за ней реформы во всех областях жизни государства. На территорию губернии вновь хлынул поток переселенцев с Украины, Курской, Пензенской, Тамбовской и Воронежской губерний – бывших крепостных крестьян, стремящихся обзавестись землей. Возникает много новых деревень. В связи с этим увеличивается объем распаханых земель и территория пастбищ. К 1904 г. общая площадь посевов возросла до 1934.8 тыс. десятин. Численность скота на территории современной Оренбургской области к 1916 г. составила: КРС – 1022.5 тыс., овец и коз – 2120.1 тыс. голов (История Оренбуржья, 1996).

Явления, отмеченные эпизодически для предыдущей эпохи, многократно возросли и усилились. Ситуация на деградированных песчаных землях усугублялась сильнейшими засухами. Особенно катастрофические последствия имели засухи 1873, 1891-1892 гг. Необычная жара и сухие ветры при полном отсутствии дождей с начала весны уничтожали растительность на пахотных и пастбищных угодьях, открывая путь дефляции при экстенсивном способе ведения хозяйства (Климентьев, 1997; Климентьев, Павлейчик, 2013). В результате практически все песчаные массивы региона пришли в движение. Наибольших размеров площади развеваемых песков достигли в 1910-1915 гг., когда в результате чрезмерных пастбищных нагрузок и экстенсивного земледелия равнинные песчаные степи и заросшие бугристые массивы преобразовались в развеваемые пески, поросшие редкой псаммофитной растительностью. Пески стали заносить поля, дороги, вплотную подошли к населенным пунктам (Гонтарев, 1915, Мазыро, 1926). Разбивание песчаных массивов требовало принятия срочных мер по их закреплению. В 1900 г. была создана специальная комиссия по борьбе с подвижными песками в регионе. В ее обязанности входила разработка мер по закреплению песков. Практика, накопленная к тому времени в России, показывала, что наиболее эффективным способом является агролесомелиорация. Первый опыт закрепления движущихся песков в области относится к концу XIX столетия, когда около села Пронькина лесничим М.Г. Цапкиным были заложены первые посадки сосны. В начале XX века на песчаном правом берегу Самары был заложен Сарминский бор. В 1911 г. недалеко от села Первокрасного на песчаных землях были посажены лесные культуры сосны. В 1914 г. начаты работы по «шелюгированию» разбитых песков в окрестностях г. Соль-Илецка (ГАОО, ф. 133, оп. 1, д. 1). Однако закрепление песков ивой не дало должного эффекта, так как посадки проводились на небольших площадях, и в регионе не было комплексного обоснования лесоразведения (Чибилев, 1996).

Площади развеваемых песков, достигшие максимального значения в 1913-1915 гг., в дальнейшем начали сокращаться. Это было связано с началом первой мировой войны 1914-1918 гг., революция 1917 г., гражданская война 1918-1920 гг., а также последовавшие затем коллективизация, «расказачивание» и «раскулачивание» крестьян (1928-1932), вызвавшие уменьшение поголовья скота по сравнению с 1913 г. почти в 2 раза и перевод многих пахотных угодий в залежь (Якубов, 1940; Иванов, Васильев, 1995; Гаель, Смирнова, 1999). Коллективизация, осуществляемая методом давления и репрессий, вызвала недовольство среди крестьян и нанесла урон сельскому хозяйству. Не желая сдавать скот в колхоз, крестьяне забивали его. Согласно переписи 1930 г., поголовье всего скота сократилось на 21 %, лошадей – на 10%, крупного рогатого скота – на 27%, овец – на 19%,

свиней на 73%. В дальнейшем этот процесс продолжался, и в 1931 г. сокращение поголовья составило уже 35.4% (История Оренбуржья, 1996).

Сокращению площади подвижных песков способствовали также работы по их агролесомелиорации. В результате были созданы посадки ивы каспийской и сосны обыкновенной на правом берегу реки Самары (Каменная Сарма, Сорочинск, Тоцкое, Надеждинка и др.). Наибольший размах пескоукрепительных работ и снижение темпов дефляции в 1920-1930-е пришлось на годы, относительно благоприятные в климатическом отношении. Уменьшение нагрузок и агролесомелиоративные мероприятия способствовали естественному восстановлению псаммитовых экосистем. Разбитые пески стали зарастать, и площадь подвижных песков сократилась. Пески на некоторое время оказались в состоянии относительного покоя.

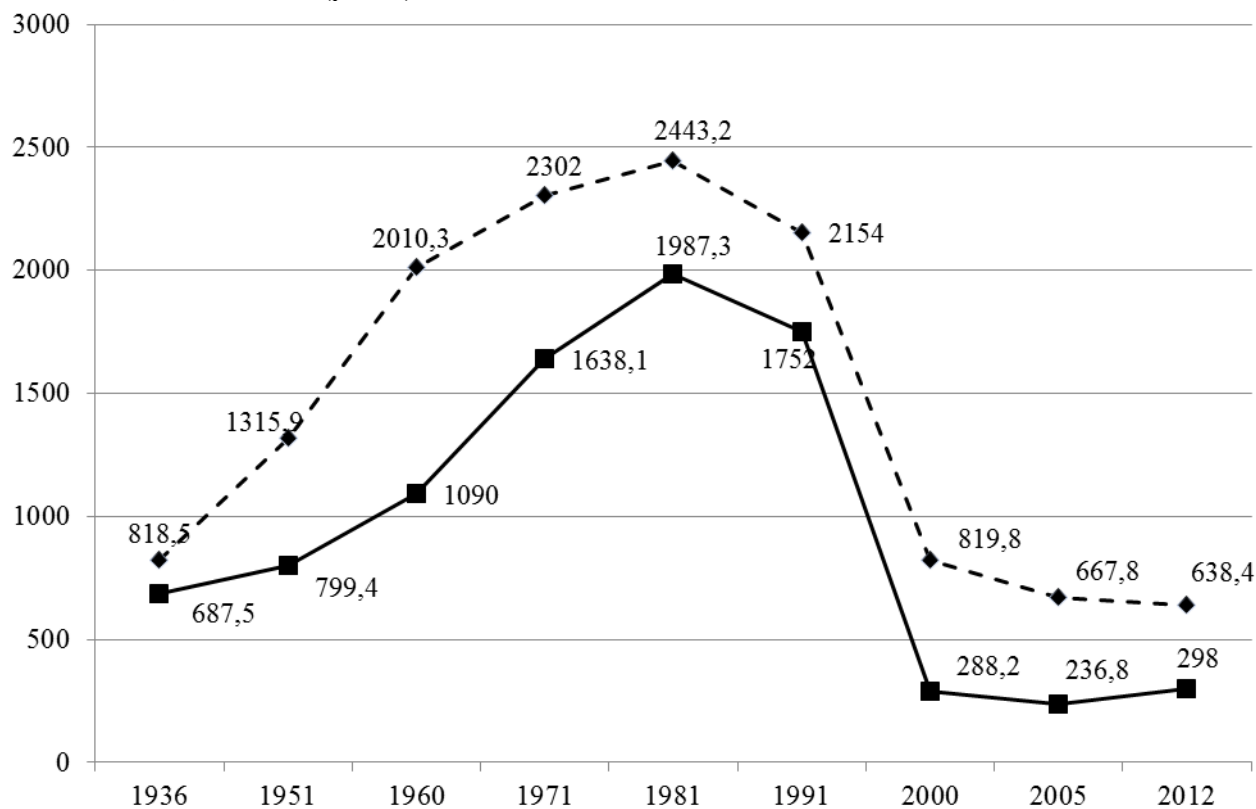
Следующий этап антропогенной дефляции песков начался в 30-х годах XX века. Это связано с укреплением центральной власти, началом «сталинских пятилеток» (индустриализации) и окончанием коллективизации в сельском хозяйстве. В СССР наметился заметный подъем народного хозяйства, включая сельскохозяйственное производство. В это время было положено начало массовым работам по облесению, когда была проведена рекультивация больших площадей песчаных массивов, подверженные сильной ветровой эрозии, в бассейне реки Самары.

В годы Великой Отечественной войны степные районы Приуралья в связи с оккупацией важнейших аграрных районов СССР – Украины и юга России, стали главным поставщиком сельскохозяйственной продукции для фронта. Несмотря на тяжелейшие условия, Оренбуржье за годы войны сдало государству 124 млн. пудов хлеба и свыше 6.2 млн. пудов мяса. Причем было сдано мяса на 1.4 млн. пудов больше, чем за 4 предвоенных года (Футорянский, 1994). Таким образом, антропогенный пресс на пески в годы войны вряд ли заметно уменьшился, а, скорее всего, остался на предвоенном уровне.

Работы по закреплению и облесению песков достигли огромных масштабов в послевоенные годы (1948-1955 гг.) после известного постановления Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 г. «О плане полезащитных насаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительстве прудов и водоемов в степных и лесостепных районах европейской части СССР», вошедшего в историю как «Сталинский план преобразования природы». Однако план «преобразования природы» не был завершен, и работы по оптимизации песчаных угодий не были доведены до конца. В 1954 г. началась «эпопея» освоения целины. Она берет начало с известных постановлений КПСС о подъеме сельскохозяйственного производства, об освоении целинных и залежных земель, о химизации народного хозяйства, о развитии мелиорации в стране и т.д. Во время целинной компании на территории области было распахано 1.8 млн. га целинных и залежных земель. Среди вновь распаханных угодий 120 тыс. га составили песчаные и супесчаные земли, которые распахивали без учета их особенностей и соблюдения противоэрозионных мероприятий, что привело к развитию сильной ветровой эрозии в виде пыльных и песчаных бурь. Так только с 1955 по 1958 г. развеванию были подвержены около 500 тыс. га почв (Климентьев, 1997). Допускалась сверхнормативная распашка песчаных массивов, иногда не пригодных для производства зерна. Решая проблему резкого увеличения производства зерна в области, партийные и советские органы, руководство совхозов, мало внимания уделяли предупреждению эрозии почв, в результате чего посеы заносило песком, который передвигался с одного поля на другое. Необходимо отметить и то, что столь обширный объем распашки требовал участия многочисленных переселенцев. В короткий срок было возведено множество поселков, проложены транспортные коммуникации и полевые дороги. До массовой распашки степей в целинных районах области существовало большое количество аулов, равномерно размещенных по всей территории – такое расселение отвечало животноводческой специализации хозяйств. За время освоения целины произошло сокращение количества населенных пунктов путем их укрупнения. Увеличение плотности населения негативно отразилось на геоэкологическом состоянии песчаных массивов. В ходе освоения целинных и залежных земель так же была грубо нарушена планировка сельхозугодий, распаханы скотопрогоны, что привело к складыванию катастрофической ситуации в ряде районов в долинах рек Илек, Киндель и Иртек. В связи с тем, что были распаханы лучшие земли, ранее используемые под пастбища, скот был вытеснен на неудобья – пески, солонцы и т.п.

70-80-е годы XX века вошли в историю СССР как «эпоха брежневского «застоя»». Л.И. Брежнев был активным поборником политики крупных капиталовложений в аграрный сектор. Однако все его

стремления укрепить колхозное сельское хозяйство, в конечном счете, не достигли успеха. Для Оренбуржья эти годы стали периодом наибольших урожаев зерновых. Быстрыми темпами так же шел рост поголовья скота, который сопровождался деградацией пастбищ, в том числе и песчаных. Так, к концу 60-х годов главным фактором антропогенной дестабилизации песчаных земель становятся пастбищные нагрузки. Они стремительно возрастают в связи с увеличением поголовья крупного рогатого скота, овец и коз (рис. 2).



Условные обозначения: ---- – КРС, — – овец и коз. Legend: ---- – cattle, — – sheep and goats.

**Рис. 2.** Динамика численности поголовья скота (тыс. голов) в Оренбургской области за 1936-2012 гг.  
**Fig. 2.** Dynamics of the number of livestock (thousand heads) in the Orenburg region for 1936-2012.

В регионе вновь увеличилась площадь развееваемых песков. К 70-80 гг. процесс деградации приобрел особенно угрожающие формы, кроме того, на это время приходится повышение атмосферной засушливости. Пастбищная нагрузка на песчаные пастбища достигла своего максимума к 1985-1990 гг., когда численность КРС по области составила 1346,2 тыс. голов, поголовье овец и коз – 2071,9 тыс. голов и в 1,5-2 раза превышала уровень соответствия поголовья выпасаемого скота кормовой емкости и экологической устойчивости пастбищ.

Таким образом, во второй половине XX века изучаемый регион испытал две интенсивные вспышки деградации песчаных земель, которые произошли с интервалом в 20-25 лет. Первую из них вызвали широкомасштабные работы по освоению целинных и залежных земель 1954-1963 гг., а вторую – неадаптированные действия по интенсификации сельскохозяйственного производства в 70-80-х годов XX века (Агролесомелиоративная наука ..., 2001).

Распашка супесчаных и песчаных земель, несоблюдение пастбищеоборотов и чрезмерное стравливание пастбищ привело к развитию пастбищной дефляции и росту открытых песков. Практически все пастбищные угодья находились в дигрессионном состоянии, растительный покров их состоял из модифицированных песчаннопыльно-молочайных, рогачево-песчанопыльных, волоснецовых сообществ. Большие площади занимали участки открытых песков, являющиеся зонами экологического риска и коренных изменений в ландшафтах.

Несмотря на активную экстенсификацию сельского хозяйства, были продолжены широкомасштабные работы по агроресомелиорации подвижных песков. Была создана сеть лесомелиоративных станций (ЛМС). Например, Буранная ЛМС просуществовала до 1985 г.

Результатом ее деятельности является Буранный агролесомелиоративный комплекс площадью более 15 тыс. га на правом берегу реки Илек в Соль-Илецком районе. Общая площадь закрепленных песков в Акбулакском, Соль-Илецком, Ташлинском, Первомайском и других районах составляет около 37 тыс. га. Однако, начиная с 1965 г. лесомелиоративные работы на песках теряют свою эффективность. Это связано с тем, что лесхозы стали использовать более мощную технику и проводить работы по облесению типчаково-ковыльных и кустарниковых степей на легких почвах, которые в мелиорации не нуждаются. В результате деятельности лесхозов в ряде районов появились «лесомелиоративные пустоши»: плантации погибших насаждений из вяза мелколистного, клена ясенелистного, изреженных посадок сосны. В ряде случаев лесомелиорация стала фактором опустынивания.

В 90-е годы XX столетия, в связи со сложной экономической ситуацией (распад СССР и деградация АПК) как в России, так и в регионе, наметилась тенденция снижения численности поголовья скота. В результате за 10 лет с 1990 по 2000 гг. поголовье крупного рогатого скота сократилось с 1346.2 тыс. голов до 518.7 тыс. голов, т.е. в 2.5 раза (соответственно по районам), численность овец и коз – с 1790.7 тыс. голов до 179.9 тыс. голов, т.е. почти в 10 раз (рис. 1).

Изменился породный состав стада. В наибольшей степени сократилось поголовье овец, несколько меньше – КРС. Уменьшение поголовья скота стало причиной резкого и неравномерного снижения нагрузки на пастбища. Стихийно сократились площади низкопродуктивной пашни, многие распаиваемые земли перешли в залежь. Значительно сократились масштабы сельскохозяйственной деятельности, и произошло ослабление связанного с ней антропогенного воздействия на песчаные ландшафты. Рост площади залежей, снижение пастбищной нагрузки обусловили процессы зарастания песчаных массивов. В настоящее время практически все песчаные массивы области либо закреплены травянистой растительностью, либо облесены. Однако, несмотря на резкое сокращение численности скота, из-за ликвидации удаленных пастбищ наблюдается высокая концентрация и перевыпас вблизи населенных пунктов, животноводческих ферм, летних лагерей скота. Крупные эоловые очаги, связанные с перевыпасом, отмечены у поселков Буранное, Изобильное, Новоилецкое, Кумакское, Линевка, Затонное, Привольное, Сухоречка, Бородинск, Первомайское, Егинсай и др. В результате перевыпаса создаются своеобразные нуклеарные пастбищные геосистемы средним диаметром 2 км, в центре которых (населенные пункты и летние лагеря скота) формируется ядро дигрессионного опустынивания. По мере удаления от них опустынивание ослабевает, и, наконец, за пределами окружности 1 км сводится к минимуму (Биткаева, Николаев, 2001). В связи с этим, для некоторых районов распространения песчаных земель в регионе характерна «пятнистость» ландшафтов, связанная с язвами дефляции, образование которых связано с перевыпасом скота.

### Выводы

Современные ландшафты региона отражают как длительную историю естественной эволюции природы, так и исторические этапы ее хозяйственного освоения. История развития песчаных ландшафтов региона на протяжении голоцена отличалась сложностью и динамичностью вследствие изменений природных условий и возрастающего воздействия антропогенного фактора. В ходе формирования современного облика эти ландшафты испытали неоднократные процессы дефляции, вызванные как природными, так и антропогенными причинами. В течение всего этого времени динамика псаммитовых ландшафтов была обусловлена природными факторами, проявление которых связано с климатическими условиями и палеогеографией региона. Несколько последних столетий в естественное развитие песчаных земель стал активно вмешиваться человек, и антропогенный фактор стал главной причиной их трансформации. По мере развития земледелия и скотоводства частота вспышек деградации песчаных земель постепенно возросла и стала коррелировать с периодами повышенной засушливости, а также подчиняться этапам социально-экономического развития общества.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агролесомелиоративная наука в XX веке. 2001. / А.Н. Каштанов, Е.С. Павловский, К.Н. Кулик, И.П. Свинцов и др. Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ. 366 с.
- Биткаева Л.Х., Николаев В.А. 2001. Ландшафты и антропогенное опустынивание Терских песков. М.: Изд-во МГУ. 172 с.



- Богданов С.В.* 1999. Историко-культурный след древних народов степного Приуралья в ландшафте, топонимах и артефактах // Вопросы степеведения. Т. 1. № 1. Оренбург. С. 66-67.
- Богданов С.В.* 2004. Эпоха меди степного Приуралья. Екатеринбург: УрО РАН. 285 с.
- Гаель А.Г., Коликов М.С., Малюгин Е.С., Останин Е.С.* 1949. Пески Урало-Эмбенского района и пути их освоения. Т.1. Алма-Ата: Изд-во АН Каз. СССР. 273 с.
- Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф.* 1999. Пески и песчаные почвы. М.: Геос. 252 с.
- Гонтарев А.Ф.* 1915. Описание естественно-исторических условий Западного района Актюбинского уезда – Первой Буртинской, Илекской, Тузтюбинской и Хобдинской волости / Очерки естественно-исторических условий по волостям Актюбинского уезда. Оренбург: Издание Тургайско-Уральского переселенческого района, С. 1-63.
- Государственный архив Оренбургской области. 1998. ф. 133, оп. 1. д. 1.
- Иванов И.В., Васильев И.Б.* 1995. Человек, природа и почвы Рын-песков Волго-Уральского междуречья в голоцене. М.: Интеллект. 259 с.
- Исаченко А.Г.* 1962. Учение о ландшафте и физико-географическое районирование. Л.: Изд-во ЛГУ. 60 с.
- История Оренбуржья. 1996. Учеб. пособие / Гл. ред. Л.И. Футорьянский. Оренбург: Кн. изд-во. 351 с.
- Климентьев А.И.* 1997. Почвенно-экологические основы степного землепользования (эрозионные процессы, мониторинг эродированных почв Оренбургской области). Екатеринбург: УрО РАН. 248 с.
- Климентьев А.И., Павлейчик Е.В.* 2013. Дефляция почв и опустынивание степей Урало-Каспийского субрегиона // Аридные экосистемы. Т. 19. № 2. С. 47-57.
- Мазыро М.М.* 1926. Почвы Южной части Оренбургского уезда Оренбургской губернии. Оренбургское губернское земельное управление / Под ред. С.С. Неуструева. Оренбург: Оренб. Почвенно-Ботаническое Бюро. 179 с.
- Николаев В.А.* 1999. Ландшафты азиатских степей. М.: Изд-во МГУ. 288 с.
- Опустынивание и экологические проблемы пастбищного животноводства степных регионов юга России. 2002. М.: Альтиграфика. 92 с.
- Футорьянский Л.И.* 1994. Оренбуржье Великой победе. Оренбург: Изд-во Южный Урал. 55 с.
- Чибилёв А.А.* 1996. Природное наследие Оренбургской области. Оренбург: Кн. изд-во. 384 с.
- Якубов Т.Ф.* 1940. О кучевых песках в пустынном Заволжье // Известия Всесоюзного географического общества. № 1. С. 20-35.

**THE HISTORY OF ECONOMIC DEVELOPMENT AND ANTHROPOGENIC  
TRANSFORMATION OF THE SANDY LANDS OF THE STEPPE ZONE IN THE  
ORENBURG REGION**

© 2016. A.A. Chibilyov, A.G. Ryabukha

*Institute of steppe UB RAS*

*Russia, 46000 Orenburg, Pionerskaya str., 11.*

*E-mail: orensteppe@mail.ru, annaryabukha@yandex.ru*

In the presented work the analysis of the history of economic development and human-induced transformation of the sandy lands of the steppe zone of the Orenburg region is given. The stages of the evolution of sandy lands are determined and described, which are conditioned by the dynamics of socio-economic development of the study area. It is revealed that due to development of the agriculture and cattle-breeding the frequency of outbreaks of degradation of sandy lands gradually increased and was correlated with periods of increased aridity, and also correlated with the stages of socio-economic development of the society.

*Keywords:* sandy soil, deflation, pasture digression, anthropogenic transformation, aeolian processes

## СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ДУБРАВ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ГОРОД ВОРОНЕЖ

© 2016 г. Л.А. Яблонских, А.Я. Григорьевская, Д.С. Зелепукин

*Воронежский государственный университет*

*Россия, 394006 Воронеж, ул. Университетская пл.,1. E-mail: lidij-jblonskikh@yandex.ru*

Поступила 22.04.2015

Исследована пространственная организация почвенного покрова нагорной дубравы городского округа г. Воронеж. На примере трех ключевых участков показаны сложность и специфичность структуры почвенного покрова обусловленные геолого-геоморфологическими условиями и растительностью. Установлено, что под покровом дубовых лесов естественного происхождения доминируют комбинации серых лесостепных почв различных видов и разновидностей. Лучшими почвами для произрастания дубрав I и II классов бонитета являются темно-серые и серые лесостепные среднесуглинистые почвы на покровных лессовидных суглинках с благоприятными физико-химическими и химическими свойствами.

*Ключевые слова:* нагорная дуброва, структура почвенного покрова, ландшафт, почвенная комбинация, свойства, бонитет.

Почва, являясь одним из компонентов наземных экосистем, определяет их структурную организацию, функционирование, продуктивность и многие другие параметры их состава и свойств. Практически вся наземная биота находится в прямой или косвенной зависимости от органо-минеральной составляющей почвы, которая в свою очередь зависит от климатических, геоморфологических, литологических условий, антропогенного и временного фактора. (Ахтырцев и др., 2004)

В последние десятилетия почвоведомы и геоботаниками накоплен значительный материал по проблеме взаимоотношений леса и почв. Но к настоящему времени, данная проблема далеко не исчерпана и многие ее вопросы нуждаются в дальнейшем изучении, особенно на региональном и локальном уровнях. До сих пор остаются слабо изученными вопросы взаимосвязи лесных фитоценозов со структурой почвенного покрова и параметры лесорастительных свойств почв, обуславливающих разный видовой состав и продуктивность лесных биоценозов.

В связи с этим наши исследования были направлены на изучение структуры почвенного покрова (СПП), морфологических особенностей, состава и свойств серых лесостепных почв дубрав городского округа города Воронеж; влияния ландшафтных условий на закономерности распространения почвенного покрова и лесной растительности.

### Материалы и методы

Согласно почвенно-географическому районированию Российской Федерации и сопредельных государств, исследуемая территория относится: к Центральной лесостепной и степной континентальной области серых лесных, черноземных и каштановых почв, Окско-Донской провинции оподзоленных, выщелоченных и типичных среднетугумусных и тучных мощных и среднетугумусных черноземов и серых лесных почв (Добровольский, Урусевская, 2006); Воронежско-Эртильскому почвенному району типичных мощных и среднетугумусных черноземов (Адрихин, 1965). Наряду с черноземами типичными, которые являются фоновыми почвами указанных таксономических единиц районирования, встречаются выщелоченные черноземы и серые лесостепные почвы под современным лесом или в местах бывших под лесом.

На протяжении голоцена в Среднерусской лесостепи наблюдались колебательные изменения экологических условий и неоднократная смена ландшафтов. За это время на правобережье р. Воронежа сменяли друг друга ландшафты березово-сосновых редколесий, степей и дубрав. Современные дубравы представляют собой насаждения, состоящие из порослевых экземпляров дуба

третьей–четвертой порослевой генерации (Зелепукин, 2011), а их возраст превышает 4 тыс. лет (Ахтырцев и др., 2005).

Под дубравами распространены преимущественно темно–серые и серые лесостепные почвы. Светло–серые почвы встречаются редко и приурочены к западинам, днищам балок и другим местам с повышенным увлажнением, а также к песчаным почвообразующим породам различного генезиса.

Исследования велись на трех ключевых участках, расположенных в Северной, Юго-Западной и Шиловской дубравах правобережной части городского округа, включающие в себя сопряженное изучение почвенно-экологических катен и опорных почвенных разрезов в тесной связи с экологическими условиями почвообразования и произрастающей лесной растительностью.

Изучение общих закономерностей распространения растительного и почвенного покрова проводилось в ходе полевых маршрутных исследований. Для детальной характеристики СПП и приуроченности лесной растительности к её фоновым компонентам, осуществлялось заложение трех репрезентативных групп почвенных разрезов с учетом ландшафтных особенностей ключевых участков. Наряду с использованием общих подходов к определению морфологических признаков почв, предусматривалось изучение почвенно-растительных связей для диагностики и типизации элементарных почвенных структур. Из основных почвенных разрезов были отобраны почвенные образцы общепринятым в почвоведении способом для последующих исследований химических и физико-химических свойств почв, которые включали в себя комплекс традиционных лабораторно–экспериментальных методов: определение гигроскопической влаги, гранулометрического состава, гидролитической и обменной кислотности, общего содержания гумуса и азота, обменных оснований, подвижных соединений фосфора и обменного калия. (Воробьева, 1998).

### Результаты и обсуждение

*Почвенный покров Северной нагорной дубравы.* Дубрава, расположенная на северной окраине г. Воронежа, имеет площадь около 3000 га и является самым крупным лесным массивом, покрывающим правый коренной склон долины Воронежа. В ландшафтной структуре дубравы прослеживаются склоновый, плакорно-террасовый и озовый (зандровый) типы местностей, последовательно сменяющие друг друга в направлении движения от берегов Воронежского водохранилища до Задонского шоссе (трасса М-4). Доминирующее положение в структуре принадлежит склоновому типу местности (около 50% общей площади дубравы), на долю плакорно–террасового приходится около 40%, а озовый входит в состав дубравных ландшафтов фрагментарно и занимает 10% лесопокрытой территории (Мильков, 1987).

К склоновым ландшафтам рассматриваемой территории приурочена дубрава свежая осоково–снытьевая II–III класса бонитета. Часть дубравы занимают древостои липы, ясеня, клена, осины и березы. Осина присутствует всюду в составе древостоя склонов разных экспозиций и крутизны, а береза в большинстве случаев встречается на пологих склонах северной и северо-западной экспозиций.

Склоны восточной и юго-восточной экспозиций направлены от водораздела к водохранилищу. Они сильно растянуты в приводораздельной микрозоне и имеют крутизну 1–2°, но в прибровочной микрозоне она возрастает до 3°, затем в короткой среднесклоновой микрозоне становится равной 3–5, 5–7 и 7–10°, а далее следует узкая слабонаклоненная к водохранилищу полоса – подножная микрозона Д. Весь склон покрыт вариациями серых лесостепных легко- и среднесуглинистых почв, мощность горизонтов А1+А1Е которых изменяется следующим образом: микрозона А – 40 см, микрозона В – 36 см, микрозона С – 30 см, микрозона Д – > 45 см (на водоразделе – 40–50 см). В приводораздельной микрозоне распространены гомогенные ареалы серых и темно-серых среднесуглинистых почв. Гомогенность ареалов нарушается вкраплениями предельно-структурных элементов (микроареалов почв) под кронами деревьев в радиусе 3–5 м. Это приводит к появлению спорадически-пятнистых ареалов, двух разновидностей: 1) на общем (моноклитном) фоне распространения темно-серых лесостепных почв – пятна серых лесостепных почв под кронами деревьев; 2) на фоне серых лесостепных почв – светло-серые, также приуроченные к раскидистым кронам дуба, вяза и др. пород. Прибровочная микрозона покрыта слабосмытыми серыми лесостепными почвами. Плоскостной и линейный смывы почв отмечаются в ниже расположенной микрозоне С. Здесь формируется пятнистость средне и сильносмытых серых лесостепных почв. Нижнесклоновая микрозона

характеризуется распространением серых лесостепных почв с признаками оглеения в нижних горизонтах и намыва – в верхней части почвенного профиля (табл.1).

**Таблица 1.** Структура почвенного покрова дубрав городского округа г. Воронеж. **Table 1.** The structure of the soil in oak woods of the Voronezh region.

| Тип структуры                         | Подтип                  | Геометрия почвенных комбинаций           | Структурные компоненты                  | Состав компонентов   | Степень контрастности                  | Преобладающие условия и места формирования  | Факторы дифференциации почвенного покрова  |
|---------------------------------------|-------------------------|--|---|--|--|---|--|
| <b>Северная нагорная дубрава</b>      |                         |  |   |  |  |   |  |
| Лесные                                | Предельно-лесные        | Пятнисто-линейные разреженно-древовидные | Гомогенные ареалы, пятнистости          | Серые лесостепные почвы в качестве фоновых компонентов, смытые варианты этих почв в составе пятнистостей по склонам                                      | Умеренно сложные, умеренно контрастные | Плакорный и склоновый типы местности, покровные лессовидные и делювиальные суглинки   | Рельеф, литология пород, повсеместное распространение разных типов дубового леса |
| <b>Шиловская нагорная дубрава</b>     |                         |  |   |  |  |   |  |
| Лесные                                | Предельно-лесные        | Пятнисто-древовидные                     | Гомогенные ареалы, пятнистости          | Небольшие ареалы темно-серых лесостепных почв на фоне серых лесостепных, значительное участие их эродированных вариантов (плоскостная и линейная эрозия) | Слабоконтрастные, сложные              | Склоновый тип местности, покровные отложения, подстилаемые флювиогляциальными песками | Рельеф, эрозионные процессы, суглинистый состав почв и пород                     |
| <b>Юго-западная байрачная дубрава</b> |                         |  |   |  |  |   |  |
| Лесные                                | Лугово-предельно-лесные | Пятнисто-линейные                        | Гомогенные ареалы, сочетания – вариации | Серые лесостепные почвы легкого гранулометрического состава, эродированные балочные серые лесостепные, намывые и размывые почвы                          | Слабоконтрастные, умеренно сложные     | Склоновый тип местности   | Рельеф, литологические особенности пород, пестрота растительности                |

Приводораздельные склоны северных и северо-восточных экспозиций примерно до своей середины имеют крутизну 1-2° и покрыты серыми и светло-серыми лесостепными суглинистыми почвами с мощностью гумусовых горизонтов 40 и 35 см соответственно. Ниже середины их выделяются участки крутизной до 3°, где развивается плоскостной смыв и формируются струйчатые пятнистости смытых (A1+A1E=25-35 см) и несмытых серых лесостепных почв. Ниже этих участков склоны выполаживаются до 1-2°, и здесь задерживаются снесенные сверху частицы мелкозема. Серые лесостепные почвы нижних участков характеризуются значительной мощностью (A1+A1E=45-65 см и более) гумусового профиля.

Ровный характер склонов нарушается балками, которые пререзают их в различных направлениях. Вершины некоторых балок находятся в приводораздельной или среднесклоновой микрозонах, а устья – у водохранилища. Покатые и сильно покатые склоны балок покрыты струйчатыми пятнистостями серых лесостепных средне и сильносмытых почв, с пятнами почвообразующих пород и линейными промоинами. По тальвегам и нижним частям склонов балок под влажными снытьево-крапивными дубравами распространены соответственно дерново-намытые и серые лесостепные глееватые и глеевые почвы. Гомогенность их ареалов нарушается ареалами крупных промоин. В целом, для почвенного покрова балочных систем характерна большая пестрота гранулометрического состава, гумусности и мощности гумусовых горизонтов.

Плакорно-террасовые ландшафтные участки северной дубравы встречаются узкой полосой по восточной границе со склоновым типом местности. Основная их часть представлена дубравой свежей снытьево-осоковой I-II класса бонитета на гомогенных ареалах темно-серых и серых лесостепных почв суглинистого гранулометрического состава. Эти почвы образуют слабо дифференцированное слабоконтрастное умеренно сложное сочетание пятнистостей, различающихся по гранулометрическому составу и мощности гумусовых горизонтов. Эта комбинация почв встречается на границе с озовым (зандровым) типом местности. Последний характеризуется распространением судубравы разнотравно-снытьевой на светло-серых и серых лесостепных супесчаных и легкосуглинистых почвах. Здесь большой удельный вес среди компонентов почвенного покрова имеют светло-серые лесостепные почвы легкого гранулометрического состава. В целом, на этом ландшафтном участке преобладают однообразные СПП в виде вариаций, образованных указанными выше почвами, имеющими растянутый гумусовый профиль, четко выраженные признаки оподзоливания в нижней его части, супесчано-суглинистый гранулометрический состав.

Ниже приводится характеристика морфологического строения, состава и свойств фоновых почв северной дубравы г. Воронежа.

Темно-серые лесостепные почвы диагностируются по наличию гумусово-элювиального горизонта (A1), переходного гумусово-элювиально-иллювиального (A1B) и иллювиально-оглиненного (B) горизонтов.

Морфологическое строение этих почв представлено на примере разреза № 1, заложенного на восточной окраине водораздельного плато, в 150 м на юго-запад от асфальтированной дороги и 60 м на юго-восток от полевой дороги под покровом дубравы с подлеском средней густоты из клена остролистного (*Acer platanoides*) и липы мелколистной (*Tilia cordata*), и типичных представителей травянистой растительности: копытень европейский (*Asarum europaeum*), осока волосистая (*Carex pilosa*), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria*), медуница неясная (*Pulmonaria obscura*), хохлатка Галлера (*Corydalis halleri*) и др.

A0 1-2 см – лесная подстилка, небольшой мощности, состоит из полуразложившегося опада (листьев дуба).

A1 0-30 см – свежий, темно-серый с коричневым оттенком, зернистый, среднесуглинистый, слабо уплотнен, пористый, густо переплетен корнями, образующими в верхней части дернину, переход заметный по цвету, структуре и сложению.

A1B 30-50 см – увлажнен, серый с буроватым оттенком, мелкоореховатый, среднесуглинистый, уплотнен, тонкопористый, на гранях структурных отдельностей выделяется небольшой интенсивности белесый налет из аморфного кремнезема, кварца и полевых шпатов, переход заметный по цвету и плотности.

B 50-100 см – увлажнен, темно-бурая окраска в верхней части горизонта, желтовато-бурая – в нижней, тяжелосуглинистый, крупно-ореховато-призматический, плотный, тонкопористый с

вертикальной трещиноватостью, по трещинам видны гумусовые затеки, единичные корни, переход постепенный.

ВССа 100-120 см – влажный, желто-бурый, среднесуглинистый, комковато-призматический, уплотнен, тонкопористый с выделениями псевдомицелия и журавчиков углекислой извести, с тонкими гумусовыми затеками по вертикальным трещинам и единичными корнями растений, постепенным переходом в материнскую породу.

ССа глубже 120 см – влажный, буровато-желтый карбонатный суглинок, служащий материнской породой.

Почва: Темно-серая лесостепная среднесуглинистая на лессовидном карбонатном суглинке.

Серые лесостепные почвы диагностируются по наличию гумусово-элювиального (A1), переходного гумусово-элювиального (A1E), иллювиально-оглиненного (B) горизонтов, постепенно переходящего в почвообразующую породу (C) – покровный лессовидный суглинок.

Морфологические отличия серых лесостепных почв от темно-серых заключаются в меньшей мощности и гумусированности гумусового горизонта, наличии обильной белесой присыпки (SiO<sub>2</sub>) в его нижней части и в худшей оструктуренности.

Темно-серые лесостепные тяжело- и среднесуглинистые почвы, сформировавшиеся на плато и слабо пологих склонах, характеризуются благоприятными физико-химическими и химическими свойствами. Верхняя часть горизонта A1 содержит 4.6-5.5% его, остальная – 2.5-3.5%. В переходном горизонте A1B количество гумуса снижается до 1-2%. Содержание общего азота в слое 0-20 см составляет 0.2-0.3%. Запасы гумуса и азота в метровой толще составляют соответственно 280-320 и 14-18 т/га. На склонах уменьшаются мощность гумусированной толщи и запасы гумуса (220-260 т/га) и азота (12-16 т/га).

Сумма обменных оснований в гумусовом горизонте колеблется в пределах 26-28 мг-экв/100 г, глубже их количество уменьшается до 20-24 мг-экв/100 г, а на границе с линией вскипания увеличивается до 29-30 мг-экв/100 г. Состав поглощенных катионов характеризуется резким преобладанием кальция над магнием. Их соотношение находится в пределах 6-8. У темно-серых лесостепных почв с глубоким залеганием карбонатного горизонта максимальная величина гидролитической кислотности присуща верхним горизонтам (4.7-6.5 мг-экв/100 г). Она последовательно снижается с глубиной до 0.3-0.5 мг-экв/100 г. Степень насыщенности основаниями в верхнем горизонте составляет 80-81%, в горизонте B постепенно возрастает до 85-90%, на границе с линией вскипания – до 95-98%. Реакция почвенной среды в бескарбонатной части профиля находится в интервале 5.1-5.9 единиц pH, в карбонатной части профиля достигает 7.2-7.4 pH.

Серые лесостепные почвы аналогичного гранулометрического состава, формирующиеся в менее благоприятных условиях рельефа, отличаются укороченностью гумусового горизонта. Неравномерность распределения гумуса по вертикальному профилю у серых лесостепных почв выражена сильнее, чем у темно-серых. Верхний 10-см слой по гумусированности приближается к верхнему слою темно-серых почв (3.5-4.5%), но ниже этой глубины количество гумуса резко снижается и на глубине 20-40 см составляет лишь 1.5-2.5%. Содержание общего азота в слое 0-20 см равно 0.15-0.20%. Запасы гумуса и азота в слое 0-100 см находятся в пределах 200-280 и 11-14 т/га. Почвы, расположенные на склонах балок, имеют минимальное содержание гумуса и азота: 2-3 % и 0.08-0.11% соответственно на склонах крутизной 3-4°; 1-2 % и 0.03-0.05% - на склонах крутизной более 5°.

Сумма поглощенных оснований равна 19-24 мг-экв/100 г в горизонте A1, 16-20 мг-экв/100 г в горизонте A1E и 26-28 мг-экв/100 г в горизонте B. Величина гидролитической кислотности сильно варьирует в гумусовом и гумусово-элювиальном горизонтах и более постоянна в иллювиальном горизонте B (2.5-4.0 мг-экв/100 г). Степень насыщенности основаниями в верхней половине профиля составляет 80-85 %, но иногда снижается до 55-65%. Показатели pH солевой вытяжки равны 4.1-4.4 в горизонте A1, 3.7-4.0 – в A1E, 4.8-5.1 – в горизонте B и 7.2-7.4 – за пределами полутораметровой толщи. В серых лесных почвах склонов северных экспозиций элювиальный процесс выражен сильнее, что проявляется в увеличении мощности элювиального слоя до 40-50 см. Поэтому они более кислые и менее насыщены основаниями, чем их аналоги на склонах южных и юго-восточных экспозиций.

**Таблица 2.** Гранулометрический состав серых лесостепных почв. **Table 2.** Particle size distribution of gray forest-steppe soils.

| Почва,<br>номер<br>разреза   | Горизонт         | Глубина,<br>см | Содержание фракций, %; размер частиц, мм |               |               |                |                 |        |       |
|--|------------------|----------------|--|---------------|---------------|----------------|-----------------|--------|-------|
|  |                  |                | 1-0.25                                   | 0.25-<br>0.05 | 0.05-<br>0.01 | 0.01-<br>0.005 | 0.005-<br>0.001 | <0.001 | <0.01 |
| 1  | 2                | 3              | 4  | 5             | 6             | 7              | 8               | 9      | 10    |
| Светло-серая<br>лесостепная<br>супесчаная,<br>№9                     | A <sub>1</sub>   | 3-13           | 41.1                                     | 33.3          | 7.4           | 3.0            | 3.0             | 12.2   | 18.2  |
|  | E                | 25-35          | 40.7                                     | 38.1          | 6.5           | 3.4            | 3.5             | 7.8    | 14.7  |
|  | EB               | 37-47          | 39.8                                     | 36.2          | 7.6           | 4.6            | 4.9             | 6.9    | 16.4  |
|  | B                | 54-64          | 38.8                                     | 28.9          | 8.2           | 5.4            | 4.6             | 14.1   | 24.1  |
|  | B                | 85-95          | 40.0                                     | 30.0          | 9.6           | 5.0            | 3.8             | 11.6   | 20.4  |
| C  | 125-135          | 57.0           | 34.1                                     | 3.2           | 1.5           | 1.2            | 3.0             | 5.7    |       |
| Серая<br>лесостепная<br>легкосугли-<br>нистая, №7                    | A <sub>1</sub>   | 3-13           | 44.4                                     | 14.2          | 15.3          | 6.1            | 6.0             | 14.0   | 26.1  |
|  | A <sub>1</sub> E | 25-35          | 39.8                                     | 22.7          | 16.7          | 6.8            | 4.4             | 9.6    | 20.8  |
|  | EB               | 45-55          | 38.8                                     | 23.1          | 15.2          | 7.9            | 5.0             | 10.0   | 22.9  |
|  | B                | 75-85          | 32.6                                     | 10.4          | 19.1          | 10.6           | 9.3             | 18.0   | 37.9  |
|  | BC               | 95-105         | 40.5                                     | 20.2          | 17.0          | 7.7            | 6.1             | 8.5    | 22.3  |
| C  | 125-135          | 50.6           | 34.5                                     | 5.6           | 2.8           | 2.4            | 4.1             | 9.3    |       |
| Серая<br>лесостепная<br>среднесугли-<br>нистая, №5                   | A <sub>1</sub>   | 6-16           | 18.0                                     | 25.5          | 20.5          | 9.9            | 10.6            | 15.5   | 36.0  |
|  | A <sub>1</sub> E | 27-37          | 21.9                                     | 19.7          | 23.4          | 10.2           | 9.8             | 15.0   | 35.0  |
|  | B                | 50-60          | 3.0                                      | 5.8           | 40.8          | 13.2           | 12.4            | 24.8   | 50.4  |
|  | BC               | 85-95          | 6.7                                      | 9.4           | 42.4          | 7.6            | 8.9             | 25.0   | 41.5  |
|  | C                | 120-130        | 7.0                                      | 10.1          | 43.0          | 6.3            | 8.3             | 25.3   | 39.9  |
| Темно-серая<br>лесостепная<br>среднесугли-<br>нистая, №1             | A <sub>1</sub>   | 0-10           | 3.8                                      | 6.7           | 51.1          | 12.0           | 12.8            | 13.6   | 38.4  |
|  | A <sub>1</sub> B | 35-45          | 4.0                                      | 5.6           | 50.2          | 12.5           | 13.1            | 14.6   | 40.2  |
|  | B                | 70-80          | 2.0                                      | 2.5           | 49.4          | 15.0           | 15.8            | 15.3   | 46.1  |
|  | BC               | 105-115        | 5.2                                      | 4.0           | 48.8          | 11.9           | 14.0            | 16.1   | 42.0  |
|  | C                | 125-135        | 7.0                                      | 4.2           | 47.1          | 11.3           | 13.2            | 17.2   | 41.7  |
| Темно-серая<br>лесостепная<br>тяжелосугли-<br>нистая, №6             | A <sub>1</sub>   | 5-15           | 0.5                                      | 3.4           | 46.0          | 9.1            | 10.4            | 30.6   | 50.1  |
|  | A <sub>1</sub> B | 45-55          | 0.2                                      | 3.0           | 47.2          | 8.6            | 11.8            | 29.2   | 49.6  |
|  | B                | 75-85          | 0.4                                      | 0.2           | 48.4          | 7.4            | 11.0            | 32.6   | 51.0  |
|  | BC               | 110-120        | 0.2                                      | 0.3           | 45.1          | 9.6            | 10.6            | 34.2   | 54.4  |
|  | C                | 140-150        | 2.8                                      | 3.6           | 49.0          | 7.7            | 8.4             | 28.5   | 44.6  |
| Темно-серая<br>лесостепная<br>глееватая<br>легкосугли-<br>нистая, №3 | A <sub>1</sub>   | 4-14           | 42.2                                     | 17.8          | 15.1          | 4.4            | 5.0             | 15.5   | 24.9  |
|  | A <sub>1</sub> B | 28-38          | 5.2                                      | 4.6           | 48.4          | 10.1           | 8.8             | 22.9   | 41.8  |
|  | B                | 46-56          | 4.0                                      | 2.8           | 49.0          | 8.3            | 7.7             | 28.2   | 44.2  |
|  | B <sub>q</sub>   | 82-92          | 33.7                                     | 20.0          | 19.3          | 5.0            | 6.2             | 15.8   | 27.0  |
|  | C <sub>q</sub>   | 115-125        | 29.7                                     | 22.0          | 20.2          | 6.1            | 5.8             | 16.2   | 28.1  |
| Серая<br>лесостепная<br>слабосмытая<br>супесчаная,<br>№8             | A <sub>1</sub>   | 3-13           | 45.5                                     | 25.0          | 10.8          | 5.0            | 4.5             | 9.2    | 18.7  |
|  | A <sub>1</sub> E | 18-28          | 46.3                                     | 24.4          | 12.6          | 4.8            | 3.2             | 8.7    | 16.7  |
|  | B                | 40-50          | 46.8                                     | 14.9          | 15.2          | 2.2            | 3.0             | 17.9   | 23.1  |

Обеспеченность обоих видов серых лесостепных почв подвижными элементами питания средняя и высокая. Среднее количество подвижного фосфора и обменного калия в верхней части почвенного профиля равно 5.0-9.5 и 14.3-20.2 мг/100 г (табл. 2-4).

Темно-серые и серые лесостепные почвы с признаками грунтового оглеения (УГВ 1.5-3.0 м) уступают по показателям лесорастительных свойств своим автоморфным аналогам. Гумус и элементы питания растений сосредоточены в небольшом по мощности горизонте A<sub>1</sub>. Их количество резко снижается с глубиной, так, например, содержание гумуса в темно-серой глееватой легкосуглинистой почве в слое 4-14 см равно 7.5%, а на глубине 30-40 см оно уже около 1%.

**Таблица 3.** Химические показатели гумусово-элювиального горизонта серых лесостепных почв.  
**Table 3.** Chemical indicators of the humic and eluvial horizons of gray forest-steppe soils.

| Местоположение                 | Глубина, см  | Гумус, %  | Азот, %   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|--------------------------------|--|-----------|-----------|-------------------------------|------------------|
|                                |  |           |           | мг/100 г                      |                  |
| Северная нагорная дубрава      | Темно-серые лесостепные среднесуглинистые почвы                  |           |           |                               |                  |
|                                | 0-20   | 4.6-5.5   | 0.20-0.30 | 5.0-13.7                      | 15.0-20.2        |
|                                | Серые лесостепные среднесуглинистые почвы                        |           |           |                               |                  |
|                                | 0-20   | 3.5-4.5   | 0.15-0.20 | 5.0-9.5                       | 14.3-18.8        |
|                                | Светло-серые легкосуглинистые и супесчаные почвы                 |           |           |                               |                  |
|                                | 0-20   | 2.1-3.0   | 0.11-0.14 | 2.0-5.9                       | 7.0-13.4         |
| Шиловская нагорная дубрава     | Темно-серые и серые лесостепные глееватые легкосуглинистые почвы |           |           |                               |                  |
|                                | 0-20   | 6.4-7.5   | 0.35-0.39 | 12.5-15.6                     | 19.1-22.2        |
|                                | Темно-серые лесостепные тяжелосуглинистые почвы                  |           |           |                               |                  |
|                                | 0-20   | 5.1-6.6   | 0.25-0.33 | 8.0-9.0                       | 17.7-21.4        |
|                                | Серые лесостепные среднесуглинистые почвы                        |           |           |                               |                  |
|                                | 0-20   | 3.2-4.8   | 0.13-0.18 | 4.5-11.8                      | 12.5-19.4        |
| Юго-западная байрачная дубрава | Серые лесостепные слабо- и среднесмытые среднесуглинистые почвы  |           |           |                               |                  |
|                                | 0-20   | 1.4-2.5   | 0.06-0.08 | 3.0-5.0                       | 1.8-4.0          |
|                                | Серые лесостепные легкосуглинистые почвы                         |           |           |                               |                  |
|                                | 0-10   | 5.0-5.7   | 0.25-0.36 | 10.6-20.0                     | 18.5-19.7        |
|                                | 10-20  | 3.5-4.5   | 0.14-0.19 | 6.6-10.1                      | 8.2-10.5         |
|                                | Светло-серые лесостепные супесчаные почвы                        |           |           |                               |                  |
| 0-20                           | 1.4-3.1  | 0.07-0.09 | 3.0-4.3   | 4.4-12.6                      |                  |

Оглеение в сочетании с элювированием сопровождаются усилением кислотности почв. Они имеют малую емкость поглощения и низкую степень насыщенности основаниями (менее 60%).

Небольшое участие в СПП северных и северо-западных склонов нагорной дубравы принимают серые и светло-серые лесостепные легкосуглинистые и супесчаные почвы, сформировавшиеся на опесчаном флювиогляциальном суглинке, подстилаемом песком. По своим свойствам они значительно уступают выше рассмотренным почвам. Для них характерны более низкие значения показателей физико-химических и химических свойств, обусловленных усиливающимися процессами элювирования и выщелачивания, связанных с величиной инсоляции и увлажнения этих склонов на фоне легкого гранулометрического состава почв и пород.

Легкосуглинистые разновидности серых и светло-серых почв содержат 21-26% «физической глины» и 10-14% ила, которые распределяются в профиле по элювиально-иллювиальному типу. Преобладающими фракциями в метровой толще являются песчаная и илистая. В супесчаных разновидностях этих почв количественные показатели «физической глины» и ила соответственно равны 12-16 и 8-12% (табл. 2). Существенным недостатком структуры рассматриваемых почв является ее низкая механическая прочность и водопрочность агрегатов крупнее 1 мм.

Содержание гумуса в верхней части почвенного профиля не превышает 3%, в более глубоких слоях этот показатель снижается до десятых долей процента. Общие его запасы в слое 1-100 см равны 95-130 т/га. Вместе с уменьшением гумуса изменяется сумма обменных оснований от 8-15 мг-экв/100 г – в гумусовом горизонте, до 3-5 мг-экв/100 г – в остальной части профиля. Гидролитическая кислотность постепенно снижается от 2.5-3.5 – в верхних горизонтах до 0.6-1.0 мг-экв/100 г – горизонте ВС. Степень насыщенности основаниями колеблется в интервале 75-85% по всему почвенному профилю. Реакция среды варьирует от кислой до близкой к нейтральной.

*Почвенный покров Шиловской нагорной дубравы.* На южной окраине г. Воронежа находится достаточно крупный массив (около 1200 га) леса – Шиловская или Чижевская нагорная дубрава, приуроченный к крутому склону восточной экспозиции правого берега Воронежского водохранилища. Исследуемая территория имеет четко выраженные границы, идущие по верхней неширокой бровке придолинно-водораздельного склона, отличающегося значительной крутизной и расчленением многочисленными балками. Разница в относительных отметках высот между нижней



**Таблица 4.** Пределы колебания физико-химических показателей серых лесостепных почв дубрав городского округа города Воронеж. **Table 4.** A range of physico-chemical properties of gray forest steppe soil of oak forest in the urban district of Voronezh.

| Местоположение   | Горизонт   | рН сол.   | Ca <sup>+2</sup>  | Mg <sup>+2</sup> | Сумма<br>Ca <sup>+2</sup> + Mg <sup>+2</sup> | Нг      | V,%    |
|--|--|---|-------------------|------------------|--|---------|--------|
|  |  |   | мг-экв/100г почвы |                  |  |         |        |
| Северная<br>нагорная<br>дубрава                                  | Темно – серые лесостепные тяжело - и среднесуглинистые почвы   |   |                   |                  |  |         |        |
|  | A <sub>1</sub>   | 5.1-5.3   | 21.7-23.8         | 2.9-3.7          | 24.6-27.5                                    | 4.7-6.5 | 80-84  |
|  | A <sub>1</sub> B   | 5.3-5.5   | 20.0-22.0         | 2.0-2.9          | 22.0-24.9                                    | 3.9-4.9 | 84-85  |
|  | B  | 5.5-5.9   | 18.2-20.5         | 2.2-3.4          | 20.4-23.9                                    | 2.3-4.2 | 85-90  |
|  | BC   | 6.2-6.6   | 26.2-27.0         | 2.8-3.0          | 29.0-30.0                                    | 0.3-0.5 | 95-98  |
|  | C <sub>ca</sub>  | 7.2-7.4   | 22.5-21.3         | 2.0-4.0          | 24.5-28.3                                    | Вск.    | 100    |
|  | Серые лесостепные среднесуглинистые почвы                      |   |                   |                  |  |         |        |
|  | A <sub>1</sub>   | 4.1-4.4   | 16.9-21.2         | 2.0-3.0          | 18.9-24.2                                    | 4.5-6.0 | 80-81  |
|  | A <sub>1</sub> E   | 3.7-4.0   | 14.4-17.2         | 1.1-2.8          | 15.5-20.0                                    | 2.8-5.0 | 80-85  |
|  | B  | 4.8-5.1   | 24.2-25.2         | 1.8-2.5          | 26.0-27.7                                    | 2.5-4.0 | 87-91  |
|  | BC   | 5.3-6.0   | 21.2-22.0         | 1.5-3.0          | 22.7-25.0                                    | 1.2-1.9 | 93-95  |
|  | C <sub>ca</sub>  | 7.2-7.4   | 12.5-13.7         | 2.0-3.1          | 15.0-16.7                                    | Вск.    | 100    |
|  | Светло – серые лесостепные легкосуглинистые и супесчаные почвы |   |                   |                  |  |         |        |
|  | A <sub>1</sub>   | 5.5-5.6   | 6.5-12.5          | 1.0-2.0          | 7.5-14.5                                     | 2.5-3.5 | 75-80  |
|  | E  | 5.0-5.1   | 2.6-4.0           | 1.0-1.8          | 3.6-5.8                                      | 1.9-3.0 | 66-68  |
|  | EB   | 5.2-5.4   | 5.0-6.7           | -                | 5.0-6.7                                      | 1.7-2.3 | 74-75  |
|  | B  | 5.6-6.0   | 7.3-10.0          | 1.5-2.5          | 8.8-12.5                                     | 2.0-3.8 | 77-81  |
|  | C  | 6.1-6.3   | 3.0-4.5           | -                | 3,0-4,5                                      | 0.6-0.9 | 83-85  |
|  | Шиловская<br>нагорная<br>дубрава                               | Темно – серые лесостепные тяжелосуглинистые почвы |                   |                  |  |         |        |
| A <sub>1</sub>   |  | 5.6-5.8   | 25.8-27.0         | 2.0-3.4          | 28.8-30.0                                    | 4.3-6.8 | 82-87  |
| A <sub>1</sub> B   |  | 6.0-6.3   | 23.0-24.2         | 2.6-3.2          | 25.6-27.4                                    | 3.8-5.0 | 84-87  |
| B  |  | 6.4-6.6   | 22.6-23.8         | 1.8-2.0          | 24.4-25.8                                    | 2.6-3.3 | 89-90  |
| C  |  | 6.8-7.0   | 21.2-22.0         | 1.6-2.4          | 22.8-24.4                                    | 0.4-0.6 | 90-97  |
| Серые лесостепные среднесуглинистые почвы                        |  |   |                   |                  |  |         |        |
| A <sub>1</sub>   |  | 4.5-5.5   | 22.0-23.4         | 2.8-4.0          | 24.8-25.5                                    | 3.4-5.3 | 83-88  |
| A <sub>1</sub> E   |  | 4.4-5.0   | 19.1-20.3         | 2.0-3.6          | 21.6-22.2                                    | 3.0-4.0 | 85-87  |
| B  |  | 5.6-6.0   | 21.2-22.1         | 1.7-3.3          | 23.9-24.8                                    | 1.8-2.8 | 90-93  |
| C  |  | 6.2-6.5   | 18.0-21.0         | 2.2-4.1          | 22.0-23.0                                    | 0.4-1.0 | 96-98  |
| Серые лесостепные слабо - и среднесмытые среднесуглинистые почвы |  |   |                   |                  |  |         |        |
| A <sub>1</sub> E   |  | 5.1-5.3   | 15.3-17.8         | 2.0-4.1          | 18.4-20.6                                    | 3.8-4.0 | 83-84  |
| B  |  | 5.5-6.0   | 18.8-23.0         | 3.3-4.4          | 22.7-25.1                                    | 2.0-2.5 | 90-91  |
| BC   |  | 6.6-6.8   | 16.9-21.5         | 2.0-3.8          | 21.3-23.2                                    | 1.0-1.5 | 94-95  |
| C  |  | 7.0-7.2   | 17.0-20.4         | 1.5-2.4          | 18. 2- 20.5                                  | 0.0-0.6 | 97-100 |
| Юго – западная<br>байрачная<br>дубрава                           | Серые лесостепные легкосуглинистые почвы                       |   |                   |                  |  |         |        |
|  | A <sub>1</sub>   | 5.1-5.3   | 14.8-17.2         | 1.9-3.2          | 16.0-20.0                                    | 4.7-7.5 | 72-77  |
|  | A <sub>1</sub> E   | 5.2-5.5   | 12.1-13.9         | 1.8-3.0          | 14.4-16.6                                    | 3.6-5.0 | 77-80  |
|  | EB   | 5.0-5.2   | 10.0-12.2         | 1.3-1.8          | 12.1-13.3                                    | 2.8-3.3 | 80-81  |
|  | B  | 5.5-5.8   | 13.0-14.1         | 2.2-3.3          | 15.2-17.4                                    | 2.6-3.0 | 84-85  |
|  | C  | 5.8-6.0   | 11.3-12.6         | 2.5-3.4          | 13.8-15.1                                    | 2.0-2.5 | 85-87  |



Прибровочная и среднесклоновая микрозоны крутые (более 10-15°), реже покатые (3-5° или 5-7°) имеют сложную форму, т.к. разделены балками на множество узких межбалочных участков. Фоновыми компонентами пятнистостей становятся среднесмытые почвы, отличающиеся еще большей смытостью гумусового горизонта. В этих почвенных комбинациях наблюдается регулярное чередование почв по степени смыва. На межбалочных участках склона сформировалось большое число линейных промоин и пятен смыва, вплоть до обнажения материнских пород, что усиливает изрезанность пространственных границ почвенных ареалов и, следовательно, сложность рисунка СПП. Уклон на стыке склона с берегом водохранилища составляет 1-2°. Здесь проходит узкая, слабо выраженная подножная микрозона покрытая линейно-вытянутым ареалом дерново-намытых почв, мощность которых достигает 70-90 см. Чередуясь между собой они образуют линейные бесфоновые пятнистости слабо-, средне- и сильно намытых суглинисто-супесчаных почв. В структуре ПП лесных урочищ нагорной дубравы они играют незначительную роль.

Сложная древовидная СПП формируется по элементам гидрографической сети – балкам и оврагам. По днищам балок в основном распространены наносные почвы – дерново-намытые, на склонах – отмечается высокая степень дифференциации ПП, обусловленная формированием в пределах одного склона разной степени подверженных эрозии почв – от несмытых до обнажения подстилающих пород. Сложность и контрастность почвенных комбинаций усиливается повышенным увлажнением днищ и склонов грунтовыми водами.

Таким образом, основу ПП южной нагорной дубравы г. Воронежа составляют серые лесостепные среднесуглинистые почвы. Наличие в этом районе крутых склонов обусловило формирование их смытых вариантов. Незначительные площади приходятся на гомогенные ареалы темно-серых лесостепных тяжелосуглинистых почв и почв овражно-балочного комплекса. Ниже приводится описание морфологического строения фоновых почв дубравы.

Почвенный разрез № 5 заложен на склоне восточной экспозиции (крутизна 2-3°), в 200 м на северо-восток от асфальтированной дороги на п. Шилово и 250 м на северо-запад от водохранилища, под покровом разновозрастной дубравы с густым подлеском клена остролистного (*Acer platanoides*), снытью обыкновенной (*Aegopodium podagraria*) и осокой волосистой (*Carex pilosa*) в составе травянистой растительности.

О – свежий, неразложившийся опад, состоящий в основном из листьев дуба и клена. Его мощность 1-3 см.

АД 0-6 см – дернина, свежая, серая, состоит из мелких корней травянистой, средних и крупных – древесной растительности.

А1 6-25 см – свежий, серый, среднесуглинистый, зернистый, пористый, уплотнен, густо переплетен корнями, переход заметный по окраске и структуре.

А1Е 25-40 см – свежий, серый с «седоватым» оттенком, среднесуглинистый, зернисто-ореховатый, уплотнен, пористый, переплетен корнями, на гранях структурных отдельностей обильная кремнеземистая присыпка ( $\text{SiO}_2$ ), переход заметный по плотности и окраске.

В 40-70 см – увлажнен, грязно-бурый, тяжелосуглинистый, ореховато-призматический, плотный, тонкопористый, с единичными корнями, кремнеземистой присыпкой по граням структурных отдельностей, гумусовыми затеками и постепенным переходом.

ВС 70-110 см – влажный, бурый, среднесуглинистый, комковато-призматический, уплотнен, тонкопористый, с постепенным переходом в почвообразующую породу.

Глубже 110 см – влажный желтовато-бурый средний суглинок, служащий почвообразующей породой.

Почва: серая лесостепная среднесуглинистая на покровном лессовидном суглинке.

Большая часть темно-серых и серых лесостепных почв сформировалась на покровных суглинках, неглубоко подстилаемых флювиогляциальными отложениями. В них наиболее полно выражены морфолого-генетические признаки, характерные для этого типа почв. Среднесуглинистые разновидности этих почв содержат 35-42% «физической глины». На долю илистой фракции приходится в среднем 14-25% (табл. 2). Гумусовый и гумусово-элювиальный горизонты хорошо оструктурены. На долю зернисто-ореховатых агрегатов размером 10-1 мм приходится 75-85%. Их водопрочность высокая. Количество гумуса в слое 0-20 см составляет: в темно-серых – 5.1-6.6% и серых – 3.2-4.8%, затем оно постепенно снижается до 1.0-1.5% на глубине 50-60 см. Сумма гидrolитической кислотности в метровой толще составляет 2-7 мг-экв/100 г и резко снижается за ее

пределами до 0.4. Степень насыщенности основаниями постепенно нарастает с глубиной от 82-88% в слое 0-20 см до 90-98% в слое 140-150 см. Реакция почвенной среды в горизонте А1 – слабокислая ( $pH_{\text{сол.}}=4.5-5.5$ ) или близка к нейтральной ( $pH_{\text{сол.}}=5.6-5.8$ ), однако, в горизонтах А1Е и ЕВ серых лесостепных почв она меняется на кислую, а затем выходит на нейтральный уровень на глубине ниже 120 см (табл. 4). Количество подвижных соединений фосфора (6.0-9.1 мг/100 г) и обменного калия (16.4-18.9 мг/100 г) соответствует средней и высокой обеспеченности ими гумусового горизонта. Содержание обменного калия ( $K_2O$ ) мало изменяется с глубиной, а подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) – увеличивается (табл. 3, 4).

Смытые варианты серых лесостепных почв покатых межбалочных склонов дубравы с разреженным травянистым покровом характеризуются укороченностью гумусового горизонта, наиболее ярко выраженной оподзоленностью и ореховатостью переходного горизонта. Среди них абсолютно преобладают среднесмытые виды. Они содержат мало гумуса и азота, низко обеспечены подвижными формами фосфора и обменного калия, имеют неблагоприятные водно-физические и физико-химические свойства, а в целом, низкие показатели лесорастительных свойств. Эрозионные процессы сдерживаются травянистой и древесной растительностью, но проявление их неизбежно из-за низкого качества гранулометрического состава (в составе «физической глины» доминирует фракция средней пыли, а «физического песка» – фракция среднего песка), по причине небольшой мощности хорошо оструктуренного слоя, недостаточной водостойкости структуры нижней половины гумусового горизонта и др.

Намытые почвы формируются в условиях интенсивного притока материала, смываемого с вышележащих участков склона. Привнос, транзит и аккумуляция делювия определяют основной и дополнительный почвообразовательные процессы. Их профиль характеризуется слоистостью, увеличенной мощностью гумусового горизонта, бесструктурностью. Среди них (по мощности намыва) распространены слабо – до 30 см, средне – 30-60 см и сильно намытые – более 60 см почвы. Генетические горизонты представлены несколькими слоями, различающимися по мощности, цвету, гранулометрическому составу, структуре, сложению и плотности. По существу – это довольно мощные наносы делювия разного гранулометрического состава. По своим свойствам они близки к почвам водоразделов. Например, у почв подножия восточного склона (у водохранилища) содержание гумуса в верхней задернованной части профиля равно 5.6-7.3%, азота – 0.3-0.4%, обеспеченность подвижным фосфором, легкогидролизуемым азотом и обменным калием – высокая, сумма обменных оснований – 25-31 мг-экв/100 г, реакция почвенной среды – слабокислая.

*Почвенный покров юго-западной байрачной дубравы.* Дубрава, приуроченная к балке Песчаный Лог (площадь около 30 га), расположена на юго-западной окраине г. Воронежа. Для нее характерно залегание на небольшой глубине от поверхности мощного песчаного плаща, что объясняет многие особенности в формировании почвенного и растительного покрова. В списке ее флоры значительное участие принимают степные виды (144 вида или 39.4% от общего в дубраве) и этим она отличается от дубрав северного и южного правобережья Воронежа (Григорьевская, Зелепукин, 2009; Зелепукин, 2011).

Основная площадь остепненной дубравы представлена овражно-балочным ландшафтным комплексом. Участок, на котором проводились исследования ПП, является типичным для данной территории. Он представляет собой пространство юго-западных и северо-западных склонов, прорезанное балкой, по тальвегу которой проходит временный водоток, вскрывающий мощную толщу голоценовых пород (преимущественно пески). Поверхность участка с южной и северной сторон имеет ложбины стока, направленные в сторону балки. Пространство между ложбинами – слабовыпуклое, поэтому общая поверхность склонов имеет слабоволнистый характер. Основной фон слабовыпуклых склонов выполнен серыми лесостепными слабосмытыми супесчаными почвами, сформировавшимися под покровом разреженной свежей осоково-разнотравной дубравы. Слабосмытые почвы в сочетании с несмытыми формируют пятнистости (табл. 1). К верхним частям склонов приурочен тип сухой разнотравной дубравы на серых лесостепных легкосуглинистых почвах. К их гомогенным контурам примыкают промышленно-селитебные кварталы, поэтому почвенный и растительный покровы несут следы антропогенной нагрузки.

Дополнительное увлажнение делювиальными водами в ложбинах приводит к формированию серых лесостепных почв с более ярко выраженными признаками морфологической оподзоленности

по сравнению с окружающим фоном. Несмотря на то, что они генетически отнесены к одному виду, в них элювированность выражена более отчетливо.

Морфологическое описание фоновых почв дубравы приводится на примере разреза № 7. Он заложен в Советском районе г. Воронежа на юго-западном склоне (крутизна 1-2°), в 200 м на запад от асфальтированной дороги вдоль промышленной зоны и 60 м на юг от ручья, под покровом дубравы с подлеском средней густоты (боярышник однопестичный (*Crataegus monogyna*), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa*), клен татарский (*Acer tataricum*), и разреженным травянистым покровом, с крапивой двудомной (*Urtica dioica*), чистотелом большим (*Chelidonium majus*), снытью обыкновенной (*Aegopodium podagraria*). Ниже приводится морфологическое описание этого разреза.

О – сухой, неразложившийся опад, состоящий в основном из листьев дуба, среди которых много осыпавшихся желудей. Его мощность 1-2 см.

Ад 0-3 см – дернина, сухая, светло-серая, переплетена корнями травянистой растительности.

A1 3-20 см – сухой, серый, легкосуглинистый, непрочнокомковатый с неясной зернистостью, уплотнен, тонкопористый, переплетен корнями, переход заметный по окраске.

A1E 20-40 см – увлажнен, серый с белесым оттенком от SiO<sub>2</sub>, легкосуглинистый непрочнокомковато-ореховатый, уплотнен, тонкопористый с единичными корнями и обильной кремнеземистой присыпкой, постепенным переходом.

ЕВ 40-60 см – влажный, серо-бурый с белесым оттенком от SiO<sub>2</sub>, легкосуглинистый непрочнокомковато-ореховатый, уплотнен, тонкопористый, с единичными корнями и обильной кремнеземистой присыпкой и заметным по плотности переходом.

В 60-90 см – влажный, темно-бурый, среднесуглинистый, комковато-призматический, плотный, тонкопористый, с вертикальной трещиноватостью, гумусовыми затеками по трещинам, постепенным переходом.

ВС 90-110 см – влажный, желтовато-бурый, легкосуглинистый, комковатый, слабо уплотнен, пористый, с постепенным переходом в почвообразующую породу.

С 110-150 см – влажный, желтый, рыхлый бесструктурный песок, служащий почвообразующей породой.

Почва: серая лесостепная легкосуглинистая на древнеаллювиальных отложениях.

Под пологом дубового осветленного леса у бровки склона балки Песчаный Лог протягивается полоса светло-серых лесостепных почв следующего строения (разрез № 9).

Ад 0-3 см – дернина, свежая, темно-бурая с включениями большого количества песчаных частиц, густо переплетена корнями.

A1 3-14 см – свежий, светло-серый с коричневым оттенком, супесчаный, неясноореховатый, рыхлый, тонкопористый, пронизан корнями травянистой растительности, переход заметный, неровный.

A1E 14-26 см – свежий, светло-серый с бурым оттенком, супесчаный, структура плохо выражена, рыхлый, тонкопористый, при подсыхании видна кремнеземистая присыпка, переход ясный.

Е 26-36 см – свежий, белесый с желто-бурым оттенком, супесчаный, бесструктурный, слабо уплотнен, переход ясный.

ЕВ 36-48 см – влажный, желтовато-бурый с белесыми пятнами и потеками по крупным корням, супесчаный, непрочнокомковатый, уплотнен, тонкопористый, переход постепенный.

В1 48-70 см – влажный, темно-бурый, легкосуглинистый, комковато-призматический, плотный, тонкопористый, переход постепенный.

В2 70-110 см – влажный, желто-бурый, легкосуглинистый, комковатый, плотный, тонкопористый, переход постепенный.

С 110-150 см – влажный желтый рыхлый песок.

Почва: светло-серая лесостепная супесчаная на опесчаненом суглинке, подстилаемым песком.

Итак, в юго-западной байрачной дубраве преобладают почвы легкого гранулометрического состава. Залегание на склонах, опесчаненных и песчаных породах, обусловили наиболее заметный вынос ила из верхней части профиля во всем ряду почв данного подтипа, описываемого на территории прилегающей к балке Песчаный Лог. В горизонтах A1 и A1E супесчаных почв содержание ила составляет 9-12%, в горизонте Е снижается до 7-8% и возрастает до 14% в переходном горизонте ЕВ. Выносимый ил аккумулируется в иллювиальном горизонте В, где его содержание составляет 16-18%. В материнской породе доминирует фракция мелкого песка. Многие

показатели физико-химических и химических свойств распределены в почвенном профиле по аккумулятивно-элювиально-иллювиальному типу. Максимальное количество гумуса сосредоточено в горизонте А1 (1.4-3.1%), а за его пределами происходит резкое снижение до 0.1% в песчаной почвообразующей породе (табл. 3). Аналогичные изменения происходят у обменных оснований, содержание которых распределяется по почвенному профилю следующим образом: А1 – 9-11; А1Е и Е – 3-5; В – 8-14 мг-экв/100 г. Степень насыщенности основаниями – недостаточная, вниз по профилю возрастает с 60-70% – в верхней части до 75-80% – в нижней. Величина обменной кислотности, также существенно увеличивается с глубиной. Так, рН в дернине составляет 5.1-6.2, в элювиальной части находится в интервале 4.2-4.4, в иллювиальной – 4.5-5.2, а в почвообразующей породе – 5.5-5.6.

Серые лесостепные легкосуглинистые почвы с содержанием «физической глины» 24-28%, имеют более благоприятные показатели свойств, чем в выше рассмотренных почвах. Содержание гумуса в слое, соприкасающемся с лесной подстилкой и насыщенном мелкими корнями (0-10см) равно 5.0-5.7%, в нижней части горизонта А1+А1Е – 3.5-4.1%, а далее постепенно снижается до 0.4-0.6% в слое 50-60 см и 0.1% на глубине 90-100 см. Они характеризуются слабокислой реакцией. Сумма поглощенных оснований – 16-20 мг-экв/100 г почвы в горизонте А1, с глубиной она может возрастать в иллювиальном горизонте вслед за увеличением количества илестых частиц или постепенно уменьшаться. Степень насыщенности основаниями составляет 72-77% – в верхних горизонтах и 81-85% – в нижних. Обеспеченность подвижными формами Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> и обменного К<sub>2</sub>О – низкая, реже средняя.

### Выводы

Результаты исследований показывают, что лучшими для произрастания дубрав являются темно-серые и серые лесостепные почвы тяжело- и среднесуглинистого гранулометрического состава на покровных лессовидных суглинках с благоприятными физико-химическими и химическими свойствами. Значительные площади этих почв сосредоточены в Шиловской и Северной дубравах. К ним приурочены высокопроизводительные кленово – липово – волосистоосоковые дубравы II–III классов бонитета. Значительно худшими свойствами обладают светло-серые и серые лесостепные почвы супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава на флювиогляциальных отложениях. На них произрастают порослевые разнотравные сухие дубравы IV класса бонитета. Характеристика СПП, состава и свойств ее основных фоновых компонентов, свидетельствует о том, что основными факторами, определяющими производительность дубрав, являются наличие у светло-серых и серых лесостепных почв оподзоленности в нижней части гумусово-аккумулятивного горизонта, малая его мощность и недостаточное увлажнение.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Адерихин П.Г.* 1963. Почвы Воронежской области. Воронеж: Изд-во ВГУ. 264 с.
- Ахтырцев А.Б., Ахтырцев Б.П., Яблонских Л.А.* 2004. Структура почвенного покрова Среднерусского Черноземья: Учебное пособие. Воронеж: Изд-во ВГУ. 96 с.
- Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б., Яблонских Л.А.* 2005. Разновозрастные палеопочвы легкого гранулометрического состава в нижнем течении р. Воронежа и их эволюция в эпоху бронзы и последующее время // Археология Восточно-Европейской лесостепи. Вып. 19 «Пастушеские скотоводы Восточно-Европейской лесостепи и степи (историография)». Воронеж: Изд-во ВГУ. С. 173-178.
- Воробьева Л.А.* 1998. Химический анализ почв: Учебник. М.: Изд-во МГУ. 272 с.
- Григорьевская А.Я., Зеленукин Д.С.* 2009. Редкие растения урбанизированных дубрав городского округа г. Воронежа и Подворонежья // Флора и растительность Центрального Черноземья. Материалы научной конференции. Курск. С. 7-13.
- Добровольский Г.В., Урусевская И.С.* 2006. География почв. М.: Изд-во МГУ. 460с.
- Зеленукин Д.С.* 2011. История формирования и динамики флоры дубрав городского округа город Воронеж // Вестник ВГУ. Серия: География. Геэкология. № 2. С. 196-200.
- Мильков Ф.Н.* 1987. Долинно-речные ландшафты Среднерусской лесостепи. Воронеж: Изд-во ВГУ. 256 с.

**THE STRUCTURE OF THE SOIL COVER UNDER OAK FORESTS IN THE URBAN DISTRICT OF VORONEZH TOWN**

© 2016. L.A. Yablonskikh, A.Ya. Grigoryevskaya, D. S. Zelepukin

*Voronezh state university*

*Russia, 394006 Voronezh, Universitetskaya Square St., 1. E-mail: lidij-jblonskikh@yandex.ru*

The spatial organization of a soil cover of a mountain oak grove of the city district Voronezh is investigated. On the three key sites taken as examples the complexity and specificity of structure of a soil cover caused by geological and geomorphological conditions and vegetation is shown. It is established that under cover of the oak woods of a natural origin combinations of gray forest-steppe soils of different types and versions dominate. The best soils for growth of oak groves of I and II classes of site class are dark gray and gray forest-steppe average and loamy soils on integumentary the loess loams with favorable physical and chemical properties.

*Keywords:* mountain oak grove, structure of a soil cover, landscape, soil combination, properties, site class.

УДК 574.42 + 630\*181.4

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БАЙРАЧНОГО ТИПА В ОКРЕСТНОСТЯХ ОЗ. ЭЛЬТОН<sup>1</sup>

© 2016 г. А.В. Быков, О.А. Бухарева

*Институт лесоведения Российской академии наук*

*Россия, 143023 Московская область, п/о Успенское, ул. Советская, д. 21. E-mail: buola@yandex.ru*

Поступила 11.03.2015

Байрачные леса Волго-Уральского междуречья в результате антропогенного воздействия к концу XX века деградировали до полидоминантных кустарниковых зарослей, площадь которых продолжает сокращаться. В 2013-2014 годах в результате обследования северо-западной части берега оз. Эльтон описано современное состояние таких сообществ. В настоящее время суммарная площадь кустарниковых зарослей после пожаров сократилась на 50%, а их пожароустойчивость постоянно снижается в результате выпаса.

*Ключевые слова:* глинистая полупустыня, полидоминантные сообщества кустарников, степные пожары, *Rhamnus cathartica*, *Prunus spinosa*, *Lonicera tatarica*.

Оценка современного состояния кустарниковых сообществ, как производной от байрачных лесов, необходима для сохранения разнообразия природной среды огромных пространств глинистой полупустыни Волго-Уральского междуречья. Уникальность этой территории определяется ее трансграничным положением в географическом (Европа – Азия), зональном (степь – пустыня) и межгосударственном (Россия – Казахстан) отношениях. Этот регион привлекает как объект исследования за счет высокой сохранности ландшафтов, разнообразием флоры и фауны, динамичным характером ряда сообществ. В историческом прошлом на территории сохранялись относительно развитые байрачные леса, которые во многом и обусловили специфику фаунистического состава и населения позвоночных животных региона (Динесман, 1960; Ходашова, 1960). Здесь, среди аридной и в целом безлесной территории, именно с этими лесами были связаны многие лесные и дендрофильные позвоночные. Характерно, что среди птиц доля таких видов до сих пор составляет около трети общего фаунистического списка (Линдемман и др., 2005). Байрачные леса, формирующиеся из нескольких видов широколиственных и мелколиственных пород деревьев и характерные для степной зоны, приурочены к балкам и долинам речек (Лесное хозяйство, 2002). В глинистой полупустыне они произрастали в озерных депрессиях и всегда были связаны с доступными грунтовыми водами (Динесман, 1960). Ускоряющийся процесс исчезновения этих лесов уже с конца XX в. сопровождается снижением природного разнообразия региона (Быков, 2010; Быков и др., 2013). Этот процесс заметно усиливается, что ведет к существенному обеднению фаунистического богатства и необратимым изменениям сложившихся здесь уникальных экосистем. Их сохранение невозможно без выявления факторов, воздействующих на этот процесс. Авторами рассматривается современное состояние естественных древесно-кустарниковых зарослей байрачного типа на примере территории северного Приэльтона.

### Материал и методика

Исследования проводились на базе Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН. Материал собран на западе заволжской части Прикаспийской низменности, на северо-западном берегу оз. Эльтон (Палласовский район Волгоградской области). Побережье этого бессточного озера изрезано долинами соленых речек и овражно-балочной сетью. Равнина междуречий расположена на высоте около 0 м, устья соленых речек на высоте – 15 м. Климат отличает резкая атмосферная засушливость и безводность. Испаряемость доходит до 1000 мм, среднегодовое количество осадков не превышает 300 мм (Доскач, 1979).

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 13-05-00808





**Рисунок.** Район проведения исследований в 2013-2014 гг. 1 – граница территории обследования.  
**Figure.** The area of research in 2013-2014 years. 1 – the borders of the territory of study.

Изучение насаждений северного побережья оз. Эльтон начаты в 1940-гг. Л.Г. Динесманом (1955, 1958, 1960) и К.С. Ходашовой (1960). С 1980 г. нами ведется мониторинг насаждений трех балок, открывающихся в долины соленых речек Солянка, Ланцуг и Хара, эпизодически обследовались и другие участки насаждений (Быков и др., 2006; Быков, 2010; Быков и др., 2013).

В 2013-2014 годах с целью выявления современного состояния и инвентаризации сохраняющихся фрагментов естественных кустарниковых сообществ байрачного типа, нами проведено подробное обследование северо-западной части берега оз. Эльтон. Общая площадь участка около 110 км<sup>2</sup>. Его граница на западе проходит на 1.5 км южнее урочища Кордон, на востоке – через урочище Стенкалиево, южная граница определялась береговой линией озера, а северная – окружной грунтовой дорогой (приблизительно 3 км от береговой линии озера. Участок включает в себя нижнее течение соленых речек Черная, Хара, Ланцуг и Солянка и впадающие в них балки (рис.).

Водораздельная равнина здесь опускается к озеру двумя террасами, причем вторая не везде выражена. Многочисленные балки различной глубины и протяженности открываются в долины речек или непосредственно в озеро. Долины речек глубоко врезаны, в них в той или иной степени также выражены две террасы.

При инвентаризации древесно-кустарниковых зарослей GPS-приемником Garmin фиксировались координаты полидоминантных биогрупп и единичных экземпляров кустарников, которые в дальнейшем были нанесены на карту в программе SASPlanet. Для выявленных биогрупп определялся породный состав, диаметр стволов на высоте корневой шейки, высота и диаметр кроны, сомкнутость насаждений, оценивалось состояние после пожара.

В прошлом лесные участки байрачного типа сохранялись на темноцветных, промытых овражно-аллювиальных почвах, мощностью до 2 м, приуроченных к дренированным участкам береговых

террас, долин соленых речек и балок. В составе насаждений присутствовали ветла (*Salix alba*<sup>2</sup>), осокорь (*Populus nigra*), тополь белый (*P. alba*), осина (*P. tremula*), яблоня ранняя (*Malus praecox*), возможно клен татарский (*Acer tataricum*) (Динесман, 1958, 1960).

Изменения климата, пожары и различные формы антропогенного воздействия привели к деградации этих сообществ, и уже к середине XX в. они были представлены полидоминантными кустарниковыми био группами из жостера слабительного (*Rhamnus cathartica*), терна (*Prunus spinosa*), жимолости татарской (*Lonicera tatarica*) с единичными деревьями яблони ранней. В единственном местообитании до сих пор сохраняется несколько кустов бересклета бородавчатого (*Euonymus verrucosa*) (Динесман, 1960; Быков, 2010). Местами сформировались монодоминантные сомкнутые насаждения из жостера слабительного. Такие насаждения известны только для США, куда этот кустарник был занесен из Европы. Наличие таких сообществ в районах естественного ареала жостера обычно ставится под сомнение (Knight et. al, 2007).

Среди факторов, определяющих современное состояние рассматриваемых древесно-кустарниковых сообществ, наиболее значимыми являются ограниченность семенного возобновления ценозообразующих пород, выпас скота и пожары (Быков и др., 2013).

Последнее массовое семенное возобновление рассматриваемых пород отмечено после исключительно влажного 1952 г., когда местами появились густые всходы из терна и яблони, образовавшие сплошную щетку (Динесман, 1960). С тех пор, несмотря на то, что семена этих видов широко распространяются птицами, барсуками, потоками воды и т.д., массовое семенное возобновление ни разу не отмечалось (Быков, 2010). Единичные семенные экземпляры жостера, терна и жимолости появляются лишь в последнее десятилетие.

На рассматриваемой территории пожаров не было с конца 1930-х годов. В 2002 г. северное побережье озера было пройдено сильным пожаром и несколькими локальными в последующие годы. Сами по себе полидоминантные кустарниковые заросли пожароустойчивы. Частое, густое расположение стволов исключает развитие травяного покрова и нанос органики ветром внутрь массива кустарников. Кроме того, для таких насаждений характерно слабое развитие подстилки под ними, связанное с быстрым перерабатыванием опада, из-за высокого содержания азота в листьях жостера (Archibold et. al, 1997; Wускоoff et. al, 2005). При пожаре огонь не проникает внутрь насаждения, страдают лишь наружные кусты, а также расположенные в нижней части балки участка, заросшие тростником. Накопившийся незначительный опад может затлеть, в результате чего основания некоторых стволиков опаливаются. Но даже такие стволики вегетируют еще один-два года и лишь затем отмирают. Многочисленные почки возобновления на горизонтальных корневищах всех рассматриваемых пород (за исключением яблони) обеспечивают быстрое порослевое возобновление (Быков и др., 2013).

В XIX в. и в первой половине XX в. выпас на территории был интенсивным, о чем свидетельствуют многочисленные остатки пастушьих глинобитных строений, землянок, колодцев и зимних загонов для скота. В начале 1980-х годов выпаса почти не было. Он возобновился во второй половине 1980-х годов и продолжается до сих пор. Выпас крупного рогатого скота и верблюдов резко снижает пожароустойчивость насаждений. Животные ломают ветви, пробивают проходы, вытаптывают места лежек и т.д. В прогалинах накапливается навоз, разрастается травянистая растительность сорного типа, они забиваются привнесенными ветром «перекасти поле». Сомкнутость насаждений резко снижается, и они распадаются на куртины, а при особенно интенсивном выпасе на отдельные кусты. При пожаре, распространяясь по сухой траве, огонь сразу охватывает весь участок насаждений и легко проникает внутрь кустов. Наличие большого количества горючего материала ведет к обугливанню подстилки и обгоранию оснований стволиков кустарника. Некоторые кусты сгорают полностью. В результате почки возобновления сильно повреждаются: насаждение гибнет или его восстановление растягивается на десятилетия (Быков и др., 2013).

### Результаты и обсуждение

В результате инвентаризации, проведенной в 2013-2014 годах, на обследованной территории выявлено 640 фрагментов насаждений разного размера, включая отдельно стоящие кусты. Площадь

<sup>2</sup> Латинские названия растений даны по сводке С.К. Черепанова, 1995.

большинства выявленных фрагментов не превышает 50 м<sup>2</sup>. Насаждения с участием байрачных видов кустарников можно разделить на две группы: полидоминантные заросли, реально являющиеся реликтами байрачных лесов, и спирейники с участием жостера и жимолости.

Полидоминантные заросли приурочены к балкам и долинам соленых речек. Участки площадью от 100 до 3500 м<sup>2</sup>, выявлены в 18 балках. Их суммарная площадь в 2013 г. не превышала 9000 м<sup>2</sup>. Большая часть насаждений заметно пострадала от пожара и выпаса. Длина балок с насаждениями от 0.3 до 2.0 км, глубина врезки в местах формирования насаждений от 4 до 12 м. Во всех обследованных балках по днищу в нижней трети проходит ложбина стока, в виде глубокой узкой промоины с оголенной поверхностью почвы. Насаждения байрачного типа формируются по краям и склонам таких промоин. Днища балок ниже насаждений заняты луговыми травянистыми сообществами с тем или иным участием тростника. Байрачные насаждения окаймлены прерывистыми полосами миндаля низкого (*Amygdalus nana*) или шиповника (*Rosa* sp.). На склонах крупных балок присутствуют группы спиреи зверобоелистной (*Spiraea hypericifolia*).

Эти насаждения дают четкую картину распределения пород по днищу балки: в верхней части доминирует терн с тем или иным участием жимолости татарской, в нижней – жостер слабительный. Еще в начале 1980-х годов эти заросли представляли собой плотные массивы с сомкнутостью крон в насаждениях 0.9-1.0, высота кустов до 3.5 м, диаметр наиболее толстых стволов жостера достигал 12 см при возрасте (личное сообщение В.А. Лопушкова) около 30 лет. Очевидно, что большая часть таких насаждений возникла после 1952 г.

В четырех наиболее крупных балках это распределение нарушено, что указывает на более длительный возраст и соответственно более сложную судьбу этих насаждений. Так, в самой крупной в Приэльтоне «Биологической балке» (площадь древесно-кустарникового массива около 3500 м<sup>2</sup>) часть насаждения, расположенная ниже по балке, состоит из терна, но в ней сохраняются старые кусты жостера, высотой до 7 м, у которых их лежащие стволы достигают 30 см в диаметре. Следовательно, в прошлом жостер был распространен именно в нижней части современного участка насаждения.

К началу 1990-х годов в результате резко возросшего выпаса скота в тех местах балок, где склоны были пологими, появились скотопробойные тропы, пересекающие заросли, а внутри высокоствольных участков возникли лежки скота. Единые массивы разбились на несколько более мелких фрагментов (обычно 3-5). В целом площадь, занятая кустарниками, снизилась незначительно – на 5-6%, а сомкнутость в таких фрагментах упала до 0.8-0.9. Вследствие распада единого массива на отдельные, существенно увеличивается протяженность наружной границы насаждения (на 30-50%) и уменьшается расстояние этой границы до его центра. В результате резко снижается устойчивость насаждения к огню.

Тем не менее, во время пожара 2002 г. плотные байрачные участки в балках не сгорали полностью. Огонь не проникал внутрь насаждения. Обгорали кусты по внешней границе насаждения, по краям троп, проложенных скотом, и выступающим кустам. Обычно полностью сгорали кустарники в нижней части балки с участием тростника. К 2013 г. выгоревшие прогалины на местах скотопробойных троп превратились в широкие разрывы (до 5 м) и заросли травой. В 2013 г., через десять лет после пожара, сомкнутость восстанавливающихся насаждений составляла 0.7-0.8, высота кустов 2.2 м, диаметр крон до 1.5 м. Единый массив кустарников распался на отдельные участки, и площадь пройденного пожаром насаждения уменьшилась на 30%. Интересно, что насаждения «Биологической балки» почти не пострадали от огня. Этому способствовала большая глубина балки, крутизна ее склонов и высокая сомкнутость насаждений в ней.

Приречные полидоминантные насаждения до большого пожара 2002 г. сохранялись под обрывом правого берега р. Черная (площадь около 100 м<sup>2</sup>) и в долине р. Хара, где этот участок занимал первую террасу. Его протяженность составляла около 600 м, площадь 5000 м<sup>2</sup>, высота кустов до 4 м, а сомкнутость до начала выпаса – 1.0. От насаждений балок этот участок отличался большим участием яблони ранней, в том числе и старых деревьев с диаметром ствола до 30 см и высотой более 6 м. При выпасе в насаждениях долины р. Хара тропы для прохода скота пробивались между стеной прибрежных тростников и насаждениями. Внутри насаждений возникли многочисленные места отдыха скота. Сомкнутость крон зарослей снизилась до 0.7.

В результате пожаров байрачные сообщества долин соленых речек сильно пострадали. В большинстве случаев они уже представлены единичными кустами и группами. В долине р. Хара

единый участок насаждений сократился почти на 50%. Здесь сохранились лишь наиболее плотные и крупные куртины кустарников, причем единственный массив разбился на пять фрагментов (в 2013 г. суммарная площадь – 2670 м<sup>2</sup>, протяженность – 445 м, сомкнутость – 0.7-0.8). Сомкнутое насаждение под обрывом правого берега р. Черная в 2002 г. полностью сгорело и к 2013 г. не восстановилось.

В итоге суммарная площадь полидоминантных зарослей байрачного типа стала 11670 м<sup>2</sup>, что составляет чуть более 0.1% от всей обследованной территории. Так как в результате пожаров площадь насаждений в балках сократилась на 30%, а площадь насаждений в долинах рек более, чем на 50%. В результате до пожара общая площадь полидоминантных насаждений составляла около 15300 м<sup>2</sup>. Так как эта цифра рассчитана после пожара и без учета сохранившихся куртин площадью менее 100 м<sup>2</sup>, а их площадь до пожара рассчитать нельзя, можно предполагать, что до 2002 г. площадь полидоминантных насаждений байрачного типа достигала 20000 м<sup>2</sup>. Даже в этом случае полидоминантные насаждения занимают менее 0.2% площади северного Приэльтона.

Спирейники с жостером и жимолостью формируются на междуречной равнине и на первой террасе озера в локальных понижениях (диаметр 20-30 м). Среди спиреи присутствуют плотные группы жостера с жимолостью. К сожалению, мы не знаем характеристик насаждений до начала выпаса. В конце 1990-х годов сомкнутость таких насаждений на междуречной равнине 0.7-0.8, высота спиреи до 1.7 м, жостера 2.5-3.0 м (диаметр стволов жостера 10-12 см). Внутри насаждений развита травянистая растительность. В результате пожара в большинстве случаев такие насаждения сгорают полностью. На освободившейся территории быстро формируется густой травяной покров и корнеотпрысковое отрастание спиреи и жостера замедленно из-за затенения. В 2013 г. сомкнутость таких восстанавливающихся насаждений составляла 0.3-0.4, высота кустов спиреи достигла 1.5 м, жостера – 1.8 м.

Насаждения, сформировавшиеся в локальных понижениях низкой террасы озера, еще до пожара распались на отдельные куртины и кусты, так как оказались излюбленными местами дневки верблюдов. В результате пожара эти насаждения полностью исчезли и не восстановились до сих пор.

Итак, полидоминантные кустарниковые сообщества, сформировавшиеся к середине XX в. на месте байрачных лесов, к началу XXI в. максимально сохранились именно на северном побережье оз. Эльтон. На территории Волго-Уральского междуречья только на побережье оз. Арал-сор (Казахстан) в результате предварительного обследования были обнаружены балки с полидоминантными древесно-кустарниковыми сообществами, сравнимыми по площади с зарослями Биологической балки. Вероятно, среди глинистой полупустыни Заволжья депрессии этих двух водоемов являются рефугиумами таких реликтовых сообществ.

Современное исчезновение полидоминантных насаждений обусловлено, прежде всего, антропогенными воздействиями. Климатические изменения последних лет позволяют рассчитывать на развитие процессов естественного семенного распространения и порослевое возобновления этих сообществ. В тоже время абсолютно не контролируемый выпас и пожары в ближайшие годы могут уничтожить эти реликты. Фактически создана последовательная цепь негативных воздействий: усиление выпаса → снижение пожароустойчивости насаждения → пожар → еще большее снижение пожароустойчивости → дальнейший выпас → снижение пожароустойчивости → пожар и так до полного исчезновения этого типа сообществ.

Мы уже писали о значении древесно-кустарниковой растительности для позвоночных животных глинистой полупустыни (Быков, 2010). Приходится признать, что в настоящее время роль естественных полидоминантных сообществ – реликтов утраченных байрачных лесов, совершенно ничтожна. Тем ни менее, следует подчеркнуть, что присутствие даже таких крохотных фрагментов позволяет поставить вопрос не просто об их сохранении, но и восстановлении. Все убыстряющееся сокращение площадей искусственных насаждений, неопределенность с вопросом их хозяйственной и экологической ценности именно сейчас делает эту проблему актуальной.

Насаждения сохраняются на территории региональной ООПТ «Природный парк «Эльтонский». Администрация парка делает все возможное для сохранения флоры, фауны и природных экосистем его территории. Однако возможности администрации крайне ограничены. На основании многолетнего анализа фаунистического состава и населения позвоночных животных региона, в случае дальнейшего сокращения площади древесно-кустарниковых насаждений мы можем прогнозировать резкое снижение численности, и даже уход из региона, таких гнездящихся птиц, как степной орел (*Aquila rapax orientalis* Caban.), могильник (*Aquila heliaca* Sav.), курганник

(*Buteo rufinus* Cretzsch.), ушастая сова (*Asio otus* L.), ремиз (*Remiz pendulinus* L.) и ряда других. Их место будет занято синантропными, фактически «сорными» видами (черным коршуном (*Milvus migrans*), серой вороной (*Corvus cornix*), грачом (*C. frugilegus*), сорокой (*Pica pica*) и др., присутствие которых негативно скажется на таких зональных птицах как стрепет (*Otis tetrax* L.), степная пустельга (*Falco naumanni* Fleisch.), авдотка (*Burhinus oedicephalus* L.), жаворонки (*Alaudidae*) и пр. (Линдеман и др., 2005, Быков, 2010).

### Заключение

Естественные байрачные леса, произрастающие в прошлом по побережью озерных депрессий северного Прикаспия, ныне полностью утрачены. Их место заняли полидоминантные кустарниковые сообщества из жостера, терна и жимолости.

В естественных условиях такие насаждения адаптированы к воздействию пожаров, что обусловлено как высокой сомкнутостью насаждений, так и способностью ценообразующих пород к порослевому возобновлению. Выпас скота ведет к снижению сомкнутости полидоминантных насаждений и к накоплению в них легко возгораемой органики. Пожароустойчивость таких зарослей снижается. Частые пожары антропогенного происхождения способны полностью уничтожить такие сообщества.

Уже в настоящее время суммарная площадь, занимаемая полидоминантными зарослями, исчезающее мала. Эти насаждения уже утратили свои функции в качестве убежищ для лесных и дендрофильных видов животных. Их исчезновение приведет к исчезновению ряда ценных аборигенных видов и разрушению природных экосистем региона.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Быков А.В. 2010. Значение древесно-кустарниковой растительности для позвоночных животных глинистой полупустыни Заволжья // Аридные экосистемы. Т. 16. №5. С. 90-97.
- Быков А.В., Бухарева О.А., Колесников А.В. 2013. Воздействие пожаров на естественные терновники озерных депрессий Северо-Запада Прикаспийской низменности // Лесоведение. № 2. С. 31-37.
- Быков А.В., Линдеман Г.В., Лопушков В.А. 2006. Степные пожары в Приэльтоне // В кн.: Биоразнообразие и проблемы природопользования в Приэльтоне. Сб. научн. трудов. Волгоград: Изд. «ПринТерра». С. 112-117.
- Динесман Л.Г. 1955. Орнитофауна лесных посадок в северо-западной части Прикаспийской низменности в засушливые годы // Труды Института леса АН СССР. Т.25. С.212-238.
- Динесман Л.Г. 1958. К истории древесно-кустарниковой растительности Урала и Волги // Труды Института леса АН СССР. Т.38. С.171-181.
- Динесман Л.Г. 1960. Изменение природы северо-запада Прикаспийской низменности. М.: Изд. АН СССР. 160 с.
- Доскач А.Г. 1979. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука. 142 с.
- Лесное хозяйство: Терминологический словарь 2002. Под общ. ред. А.Н. Филипчука. М.: ВНИИЛМ. 480 с.
- Линдеман Г.В. 1971. Птицы искусственных лесных насаждений в глинистой полупустыне северного Прикаспия // Животные искусственных лесных насаждений в глинистой полупустыне. М.: Наука. С.120-151.
- Линдеман Г.В., Абатуров Б.Д., Быков А.В., Лопушков В.А. 2005. Динамика населения позвоночных животных Заволжской полупустыни. М.: Наука. 252 с.
- Опарин М.Л., Опарина О.С., Матросов А.Н., Кузнецов А.А. 2010. Динамика фауны млекопитающих степей Волго-Уральского междуречья за последнее столетие // Поволжский экологический журнал. № 1. С. 71-85.
- Роде А.А., Польский М.Н. 1961. Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав. // Труды Почвенного института. Т. 24. Изд-во АН СССР. С. 3-214.
- Ходашова К.С. 1960. Природная среда и животный мир глинистых полупустынь Заволжья. М.: Изд. АН СССР. 140 с.

- Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья-95. 990 с.
- Archibold O.W., Brooks D., Delanoy L. 1997. An investigation of the invasive shrub European Buckthorn, *Rhamnus cathartica* L., near Saskatoon, Saskatchewan // The Canadian Field-Naturalist. Vol. 111. P. 617-621.
- Wyckoff P., Jansen R., Patten R. 2005. The European buckthorn (*Rhamnus cathartica*) invasion in westcentral Minnesota // Skinner LC (ed) Proceedings: symposium on the biology, ecology and management of garlic mustard (*Alliaria petiolata*) and European buckthorn (*Rhamnus cathartica*), St Paul, May 2005 / USDA Forest Service Publication. St. Paul. P. 49-52.
- Knight K.S., Kurylo J.S., Endress A.G., Stewart J. R., Reich P.B. 2007. Ecology and ecosystem impacts of common buckthorn (*Rhamnus cathartica*): a review // Biol Invasions. Vol. 9. P. 925-937.

### CURRENT STATE OF SHRUB VEGETATION OF RAVINE TYPE AREA AROUND THE LAKE ELTON

© 2016. A.V. Bykov, O.A. Bukhareva

*Institute of Forest Science of the Russian Academy of Sciences*

*Russia, 143030 Moscow area, Odintsovskii distr., Uspenskoe, Sovetskaja str., 21. E-mail: buola@yandex.ru*

As a result of anthropogenic influence ravine forests of Volga-Ural interfluvium in the 20th century changed to polydominant shrubberies, the area of which continues to decline. In 2013-2014 a survey for the north-western shore part of the lake Elton was carried out. As a result all natural ravine bush communities were identified in this area and their current state was described. At present, the total area of scrub after fires reduced by 50%, while their fire resistance is constantly decreasing as a result of pasture.

*Keywords:* clay semidesert, steppe fires, polydominant bush communities, *Rhamnus cathartica*, *Prunus spinosa*, *Lonicera tatarica*.

УДК 333.13:634.958

## СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ В СИСТЕМЕ КУРТИННЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В СУХИХ СТЕПЯХ

© 2016 г. К.Н. Кулик, А.М. Пугачёва

*Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт  
Россия, 400062 г. Волгоград, Университетский проспект, 97. E-mail: nir-1@mail.ru*

Поступила 16.04.2015

Рассмотрены видовой состав и эколого-ценотическая структура растительных сообществ 20-летних залежных травянистых ценозов в системе защитных лесных насаждений. Выявлено, что продвинутость сукцессионной динамики находится в зависимости от удаленности территории залежи от куртинных древесных насаждений.

*Ключевые слова:* залежные земли, сукцессия, фитоценоз, видовой состав сообществ, эколого-ценотическая характеристика.

В настоящее время большая часть зональных плакорных степей сильно изменена вследствие хозяйственной деятельности человека. В результате экономических реформ 90-х годов XX века в России из оборота выпало около 28 млн. га сельскохозяйственных угодий (Романовская, 2008), на этих территориях развиваются восстановительные (вторичные) сукцессии. Незначительные уцелевшие целинные участки, также подвергались воздействиям и находятся в состоянии дигрессии. Этим объясняется необходимость детального изучения хода восстановления растительности залежных земель. Совпадая с обобщающими классическими схемами зацелинения, серийный ряд растительных сообществ восстановительных сукцессий имеет специфические особенности, обусловленные зональной и региональной спецификой территории, и тем, как использовалась территория. В результате, в демулационных рядах различаются как количество стадий, их продолжительность, так и видовой состав сообществ. Нередко выпадают отдельные стадии или формируются промежуточные (Дубровский, 2008). Сложный процесс восстановления естественной растительности после определенного периода освоения земель изучен в разных почвенно-климатических зонах (Гусев, 2009, 2012; Казанцева, 2010; Ледовский, 2012 г. и др.). Но изучение восстановления степной растительности на залежных землях в регионе на современном этапе не было предметом специальных исследований. До сих пор нет ответа на вопрос через какое количество лет залежь станет настоящей степью. Классиками степеведения – Г.Н. Высоцким (1915), К.М. Залесским (1918); Е.М. Лавренко (1940) даны обобщающие схемы зацелинения. Они, в целом, состоят из 4-х стадий: 1. Бурьянистая; 2. Корневищная; 3. Рыхлодерновинная; 4. Плотнодерновинная (вторичная целина). Стадии имеют временные периоды: бурьянистая может длиться от 1 года до 5 лет, с 5-го по 10-й год – корневищная (пырейная), следующие 5-7 лет в травостое преобладают степные рыхлодерновинные злаки, последний этап наступает после 15-20 лет с преобладанием степных плотнодерновинных злаков – представителей целинных ценозов.

Цель настоящего исследования – на участке 20-летней залежи, охарактеризовать структуру видového состава растительных сообществ, изменение их эколого-ценотических спектров в зависимости от удаленности от куртинных древесных насаждений и установить стадию восстановительной сукцессии.

### Материалы и методы

Куртинные насаждения из древесных пород и кустарников в системе защитных лесных насаждений (ЗЛН) «Качалинское» заложены в 1982-1986 гг. на площади 135 га, где выращивание долговечных и устойчивых лесных полос сопряжено со значительными трудностями. Проведенное отделом ландшафтного планирования ВНИАЛМИ дешифрирование аэрофотоснимков территорий Волго-Донского междуречья показало, что в среднем на 13% площади присутствуют

микрорельефа и могут быть размещены куртинные насаждения (Рулев, 2014).

Насаждения представляют собой многорядные или групповые посадки древесных пород и кустарников на небольших площадях 0.02-0.03 га круглой или эллипсообразной формы. Посадка проводилась из расчёта предполагаемой лесистости, аэродинамических и противодефляционных характеристик насаждений. Куртины размещались по микрорельефам с целью дополнительного аккумуляирования влаги. Расстояние между ними рассчитывалось с учётом возможности эффективной работы сельскохозяйственных машин и орудий на облесённых участках. На почвах, недостаточно обеспеченных влагой при низком плодородии куртинные насаждения оказывают положительное агроэкологическое воздействие: повышают продуктивность пашни, увеличивают лесистость территории и улучшают экологию природного ландшафта (Сапанов, Сиземская, 2010). Системы защитных лесонасаждений, являясь объектами многофункционального воздействия, смягчают микроклимат, улучшают гидрорежим почв, устраняют возможность возникновения и развития эрозии и дефляции почв, снижают вредоносность засух и суховеев, оптимизируют процессы почвообразования, стимулируют фито- и зооразнообразие, повышают биопродуктивность агроландшафтов.

Породный состав куртинных насаждений представлен разнообразным ассортиментом декоративных, плодовых и селекционно-улучшенных форм деревьев и кустарников. Ассортимент состоит из пирамидальной формы дуба (*Quercus robur* L. var. *Pyramidalis*), морозоустойчивой формы робинии лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* auct. L.), ясеня ланцетного (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), вяза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.), груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.), облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides* L.), черёмухи обыкновенной (*Prunus padus* L.), аронии (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott), смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh), скумпии кожевенной (*Cotinus coggygria* Scop.), сумаха дубильного (*Rhus coriaria* L.), жимолости татарской (*Lonicera tatarica* L.) и др. В настоящее время куртинные защитные насаждения достигли своей проектной высоты, которая составляет 5-7 м в зависимости от породного состава.

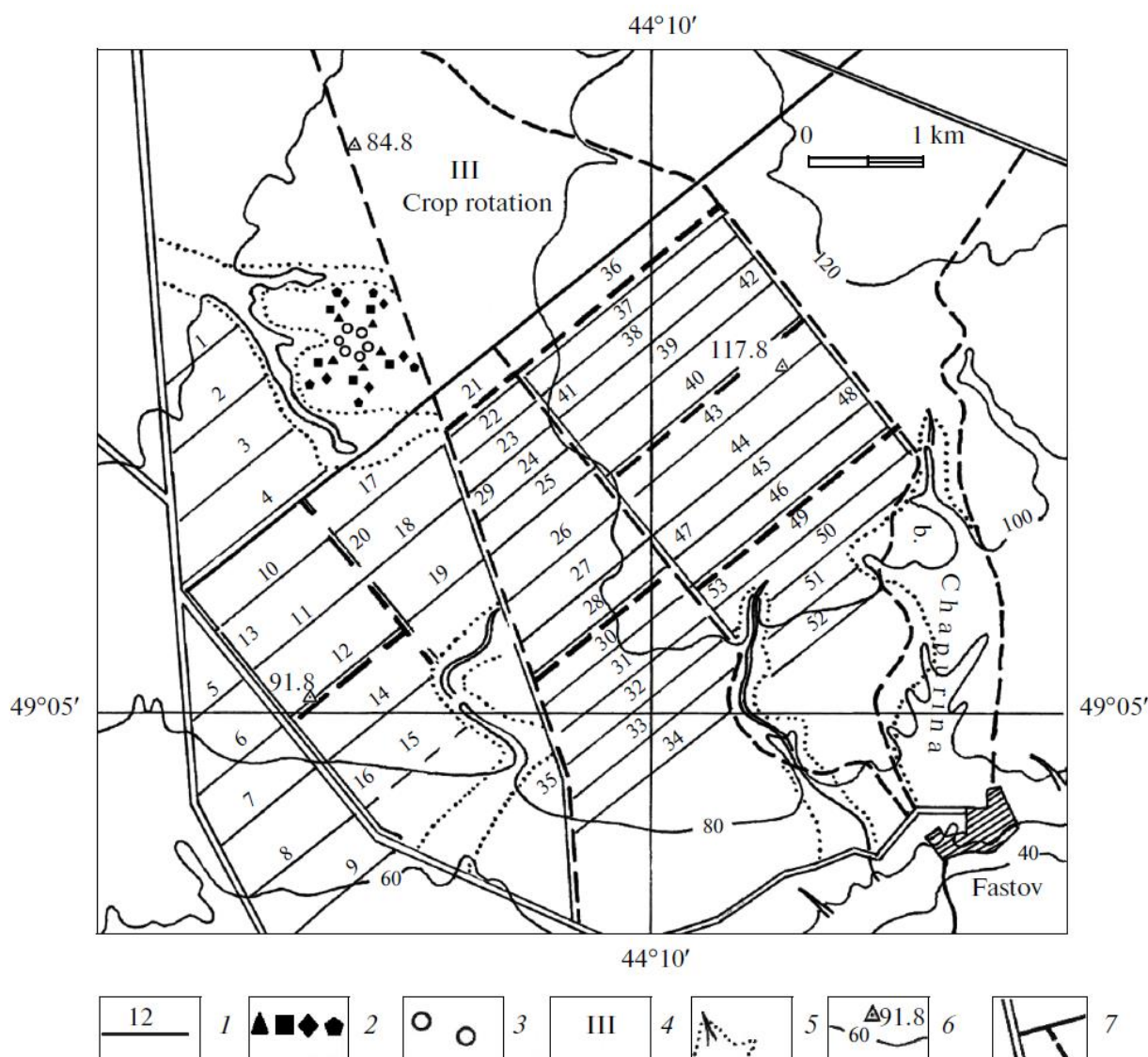
На изучаемой территории до 1994 г. на пространствах между куртинными полезащитными насаждениями возделывали сельскохозяйственные культуры. В течение 10-летнего периода в трёхпольном зернопаровом севообороте осуществлялась обработка почвы, традиционная для степной зоны Волгоградской области: вспашка с оборотом пласта на глубину 25-27 см, культивация и прикатывание почвы. В последующие годы межкуртинные пространства не обрабатывались. Для достижения поставленной цели на разном расстоянии от куртинных насаждений – 5Н; 10Н; 15Н; 20Н (Н – удалённость от куртинных насаждений, равная высоте самого насаждения, м), были заложены пробные площадки размером 10x10 м<sup>2</sup> (по 10 площадок на каждом варианте в 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 гг.) на которых по стандартной методике проводили исследования растительных сообществ (Программа ..., 1974, Методика ..., 1985), рисунок 1. Названия видов сосудистых растений приведены по флористической сводке С.К. Черепанова (1995). Особое внимание уделялось описанию видового состава растений, для каждого вида отмечались: высота и обилие. Обилие особей учитывалось в баллах по шкале Браун-Бланке.

Территория исследуемого участка находится на Юго-западном окончании Приволжской возвышенности, в Иловлинском районе Волгоградской области и относится к степной зоне. Климат района резко континентальный. Амплитуда годовых температур колеблется от -30 °С в январе до +40 °С в июле месяце. Среднеголетняя норма осадков составляет 300-400 мм, испаряемость за вегетационный период превышает количество осадков в 2-2.5 раза. Периоды увлажнения часто сменяются засухой, иногда затяжной и даже катастрофической. За годы исследований самым засушливым был 2012 г. (за период активной вегетации апрель-сентябрь осадков выпало Σ 143.0 мм), засушливыми были 2009 (Σ 202.4 мм), 2010 (Σ 266.9 мм) и 2011 гг. (Σ 216.2 мм). Самым сложным по влагообеспеченности был 2010 г. из-за неравномерного распределения осадков в течении вегетационного периода. Несмотря на достаточное количество влаги за апрель и май месяц (Σ 148.5), в июне осадков выпало всего 3 мм, что привело к полному сгоранию травостоя и переходу его в ветошь уже в начале лета.

Преобладающим типом почв на территории являются каштановые, солонцеватые маломощные различного механического состава. В микрорельефах (западинах) располагаются лугово-каштановые почвы, которые занимают 13% площади. Содержание гумуса в пахотном горизонте до 2%, мощность гумусового горизонта колеблется в пределах 25-30 см. Встречаются



среднемощные разности каштановых почв с гумусовым горизонтом 30-45 см и его содержанием – 2.1%. В естественных условиях на этих почвах господствовали сообщества, как дерновинных злаков (*Agropyron*, *Festuca*, *Koeleria* и др.), так и других жизненных форм – полукустарничков и разнотравья (Сафронова, 2010).



**Условные обозначения:** 1 – лесные полосы и их номера; 2 – пробные площади: 5Н, 10Н, 15Н, 20Н; 3 – куртинные защитные насаждения; 4 – контроль (без лесных полос); 5 – овражно-балочная сеть; 6 – элементы рельефа; 7 – шоссе с покрытием, грунтовые и полевые дороги. **Legend:** 1 – forest belts and their numbers; 2 – sample plot: 5Н, 10Н, 15Н, 20Н; 3 – protective plantation; 4 – control (without forest belts); 5 – ravine-gully system; 6 – elements of relief; 7 – highway, country and field roads.

**Рис. 1.** Картограмма территории исследований. Иловлинский район Волгоградской области. (Карта составлена А.А. Дзугаевым). **Fig. 1.** Map of the area of study. Povlya region Volgograd oblast. (The map was created by Dzugaev A.A.)

### Результаты и их обсуждение

При прекращении пахотного использования территории, на ней развиваются вторичные восстановительные сукцессии (Титлянова и др., 1993).

В ходе изучения травяного покрова в общем видовом составе зафиксировано 114 видов высших сосудистых растений из 26 семейств (табл. 1). Сравнительный анализ показал, что в общем

флористическом списке, в зависимости от числа представленных видов, ведущие места занимают семейства – Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Brassicaceae, Lamiaceae. Общее число видов пяти ведущих семейств изучаемых ценозов составляет 67% от общего количества.

**Таблица 1.** Семейства флоры растительных сообществ на залежи в степной зоне. **Table 1.** Families of plant communities in the fallow lands of steppe zone.

| №  | Семейство        | Число видов | Доля от общего числа видов, % | Число родов |
|----|------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| 1  | Poaceae          | 28          | 24.5                          | 15          |
| 2  | Asteraceae       | 22          | 19.2                          | 16          |
| 3  | Fabaceae         | 11          | 9.6                           | 10          |
| 4  | Brassicaceae     | 10          | 8.7                           | 10          |
| 5  | Lamiaceae        | 6           | 5.2                           | 5           |
| 8  | Caryophyllaceae  | 3           | 2.6                           | 3           |
| 14 | Rubiaceae        | 1           | 0.9                           | 1           |
| 9  | Apiaceae         | 1           | 0.9                           | 1           |
| 10 | Scrophulariaceae | 3           | 2.6                           | 3           |
| 6  | Ranunculaceae    | 2           | 1.8                           | 2           |
| 15 | Umbelliferae     | 1           | 0.9                           | 1           |
| 11 | Cyperaceae       | 1           | 0.9                           | 1           |
| 12 | Euphorbiaceae    | 2           | 1.8                           | 1           |
| 7  | Chenopodiaceae   | 4           | 3.5                           | 3           |
| 16 | Convolvulaceae   | 1           | 0.9                           | 1           |
| 17 | Polygonaceae     | 2           | 1.8                           | 2           |
| 13 | Rosaceae         | 1           | 0.9                           | 1           |
| 18 | Aristolochiaceae | 1           | 0.9                           | 1           |
| 19 | Plantaginaceae   | 2           | 1.8                           | 2           |
| 20 | Dipsacaceae      | 1           | 0.9                           | 1           |
| 21 | Boraginaceae     | 5           | 4.3                           | 4           |
| 22 | Amaranthaceae    | 1           | 0.9                           | 1           |
| 23 | Orobanchaceae    | 1           | 0.9                           | 1           |
| 24 | Liliaceae        | 2           | 1.8                           | 2           |
| 25 | Linaceae         | 1           | 0.9                           | 1           |
| 26 | Plumbaginaceae   | 1           | 0.9                           | 1           |
|    | Всего            | 114         | 100                           | 85          |

В структуре сообщества проявляется неоднородность видового состава в зависимости от удалённости от куртинных защитных насаждений (табл. 2). В сообществе варианта 5Н (30 м от ЗЛН) преобладают полыни и представители разнотравья. В качестве доминантов выступают полыни (7 видов). Наибольшим обилием и покрытием отличаются виды: *Artemisia lerchiana* Web., *Artemisia scoparia* Waldst. Et. Kit. Семейство бобовых представлено видами родов *Trifolium*, *Coronilla* и *Astragalus*. Представители семейства крестоцветных виды: *Sisymbrium altissimum* L., *Allyssum desertorum* (Stap.) F., *Berteroa incana* DC. и др. На участке отмечена бурьянистая стадия зарастания.

В варианте 10Н (удалённость 60 м) преобладает разнотравно-пырейно-полынное сообщество (*[Helichrysum arenarium+Achillea millefolium]+Elytrigia repens+Artemisia lerchiana*). На этом участке в составе травостоя присутствует корневищный злак – пырей ползучий, что свойственно корневищной стадии залежи. Немногочисленно представлены полукустарнички *Artemisia pauciflora*, *Artemisia lerchiana*.

Злаково-разнотравное сообщество наблюдается на участке удалённостью 15Н (90 м от куртинных защитных лесонасаждений) (*[Festuca valesiaca+Agropyron pectinatum]+ Potentilla argentea*). В сообществе преобладают рыхлодерновинные злаки, что соответствует рыхлодерновинной стадии зарастания.

**Таблица 2.** Представленность видов растений в вариантах опыта с разной удаленностью от куртинных насаждений. **Table 2.** Abundance of plant species in plots at different distances from protective plantations.

| Виды растений                                       | Семейства        | Шкала обилия по вариантам опыта* |      |      |      |
|---|------------------|----------------------------------|------|------|------|
|   |                  | 5 Н                              | 10 Н | 15 Н | 20 Н |
| <i>Artemisia lerchiana</i> Web.                     | Asteraceae       | 2                                | 1    | 1    | +    |
| <i>Artemisia scoparia</i> Waldst. et. Kit.          | Asteraceae       | 1                                | +    | +    | +    |
| <i>Artemisia vulgaris</i> L.                        | Asteraceae       | 1                                | 1    | +    | r    |
| <i>Poa bulbosa</i> L.                               | Asteraceae       | 1                                | 1    | +    | +    |
| <i>Trifolium hybridum</i> L.                        | Fabaceae         | 1                                | 1    | +    | +    |
| <i>Coronilla varia</i> L.                           | Fabaceae         | 1                                | +    | +    | +    |
| <i>Linaria vulgaris</i> Mill.                       | Scrophulariaceae | 1                                | +    | -    | -    |
| <i>Allyssum desertorum</i> (Stap) t.                | Brassicaceae     | 1                                | 1    | 1    | 1    |
| <i>Berteroa incana</i> DC.                          | Brassicaceae     | 1                                | +    | -    | -    |
| <i>Pilosella bauhinia</i> (Besser) Arv.-Touv.       | Asteraceae       | 1                                | 1    | +    | +    |
| <i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.             | Euphorbiaceae    | 1                                | 1    | +    | r    |
| <i>Helichrysum arenarium</i> L.                     | Asteraceae       | +                                | 1    | 1    | +    |
| <i>Achillea millefolium</i> L.                      | Asteraceae       | +                                | 1    | 1    | +    |
| <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski                 | Poaceae          | r                                | 2    | 1    | -    |
| <i>Tanacetum vulgare</i> L.                         | Asteraceae       | 1                                | 1    | +    | r    |
| <i>Dianthus campestris</i> M.B.                     | Caryophyllaceae  | +                                | 1    | +    | r    |
| <i>Artemisia pauciflora</i> Web.                    | Asteraceae       | +                                | +    | -    | -    |
| <i>Agropyron pectinatum</i> (Bieb.) Beauv.          | Poaceae          | -                                | r    | 2    | 1    |
| <i>Barbarea vulgaris</i> R. Br.                     | Brassicaceae     | 1                                | 1    | +    | r    |
| <i>Eringium campestre</i> L.                        | Erygium          | r                                | r    | -    | -    |
| <i>Festuca valesiaca</i> L.                         | Poaceae          | -                                | -    | +    | 2    |
| <i>Potentilla argentea</i> L.                       | Rosaceae         | +                                | +    | 1    | +    |
| <i>Festuca sulcata</i> (Hack.) Nym. p.              | Poaceae          | -                                | -    | +    | 1    |
| <i>Eremopyrum triticeum</i> Laub.                   | Poaceae          | -                                | -    | 1    | 1    |
| <i>Tripleurospermum perforatum</i> (Merat) M. Lainz | Asteraceae       | +                                | +    | 1    | 1    |
| <i>Bromopsis inermis</i> (Leys.) Holub              | Poaceae          | -                                | -    | +    | 1    |
| <i>Stipa capillata</i> L.                           | Poaceae          | -                                | -    | r    | 1    |
| <i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr.             | Poaceae          | -                                | -    | +    | 2    |
| <i>Koeleria gracilis</i> Pers.                      | Poaceae          | -                                | r    | 1    | 1    |
| <i>Eremopyrum triticeum</i> Laub.                   | Poaceae          | -                                | -    | 1    | 1    |
| <i>Nonea pulla</i> DC.                              | Boraginaceae     | r                                | r    | r    | r    |
| <i>Pilosella bauhinia</i> (Besser) Arv.-Touv.       | Asteraceae       | +                                | +    | 1    | 1    |
| <i>Myosotis micrantha</i> Pall. ex Lehm.            | Boraginaceae     | +                                | +    | +    | r    |
| <i>Eringium campestre</i> L.                        | Umbelliferae     | -                                | -    | +    | 1    |
| <i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.                     | Apiaceae         | -                                | -    | +    | 1    |
| Видовая насыщенность на 100 м <sup>2</sup>          |                  | 86                               | 89   | 75   | 68   |

\***Примечание:** шкала обилия дана по Браун-Бланке: «r» – вид чрезвычайно редок, покрытие незначительное; «+» – вид редок, имеет малое проективное покрытие; «1» – особей вида много, но покрытие невелико или особи разрежены, но покрытие большое; «2» – число особей вида велико, проективное покрытие от 5% до 25%; «3» – число особей вида любое, проективное покрытие от 25% до 50% территории, «4» – число особей вида любое, проективное покрытие 50-75%; «5» – число особей вида любое, проективное покрытие больше 75%. \***Note:** the abundance of species was recorded according to Braun-Blanquet: «r» – extremely rare species, insignificant projective cover; «+» – rare species, low projective cover; «1» – species with high abundance but small cover or rare species with big projective cover; «2» – species with high abundance, projective cover from 5 to 25%; «3» – species with any abundance, projective cover from 25 to 50%; «4» – species with any abundance, projective cover from 50 to 75%; «5» – species with any abundance, projective cover above 75%.

**Таблица 3.** Хозяйственные группы видов травостоя на залежи. **Table 3.** Domestic groups of grass species in fallow lands according to their economic value

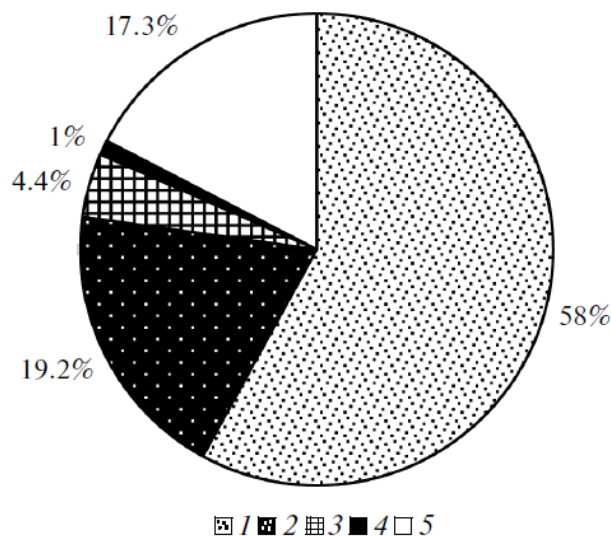
| Русское название   | Латинское название                               |
|--|--|
| Злаки – 27 видов (23.7%), в том числе:                       |  |
| Житняк гребневидный  | <i>Agropyron pectinatum</i> (Bieb.) Beauv.       |
| Овсяница валлиская (типчак)                                  | <i>Festuca valesiaca</i> L.                      |
| Овсяница бороздчатая   | <i>Festuca sulcata</i> (Hack.) Nym. p.           |
| Мятлик узколистный   | <i>Poa angustifolia</i> L.                       |
| Мятлик луковичный  | <i>Poa bulbosa</i> L.                            |
| Костёр кровельный  | <i>Bromus tectorum</i> L.                        |
| Костёр безостый  | <i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub          |
| Ковыль Лессинга  | <i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr.          |
| Ковыль волосовидный  | <i>Stipa capillata</i> L.                        |
| Тонконог стройный  | <i>Koeleria gracilis</i> Pers.                   |
| Мортук пшеничный   | <i>Eremopyrum triticeum</i> Laub.                |
| Бобовые – 12 видов (10.5%), в том числе                      |  |
| Горошек мышиный  | <i>Vicia cracca</i> L.                           |
| Люцерна серповидная  | <i>Medicago falcata</i> L.                       |
| Клевер луговой   | <i>Trifolium pratense</i> L.                     |
| Вязель пёстрый   | <i>Coronilla varia</i> L.                        |
| Эспарцет песчаный  | <i>Onobrychis arenaria</i> (Kit. ex. Willd.) DC. |
| Лядвенец рогатый   | <i>Lotus corniculatus</i> L.                     |
| Разнотравье и полукустарнички – 54 вида (47.4%), в том числе |  |
| Гвоздика полевая или степная                                 | <i>Dianthus campestris</i> M.B.                  |
| Подмаренник настоящий  | <i>Galium verum</i> L.                           |
| Шалфей сухостепной   | <i>Salvia tesquicola</i> L.                      |
| Чистец прямой  | <i>Stachys recta</i> L.                          |
| Резак обыкновенный   | <i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.                  |
| Синеголовник полевой   | <i>Eringium campestre</i> L.                     |
| Полынь белая, Лерха  | <i>Artemisia lerchiana</i> Web.                  |
| Полынь веничная (метельчатая)                                | <i>Artemisia scoparia</i> Waldst. et. Kit.       |
| Полынь горькая   | <i>Artemisia absinthium</i> L.                   |
| Полынь малоцветковая (чёрная)                                | <i>Artemisia pauciflora</i> Web.                 |
| Осока чёрноколосковая  | <i>Carex melanostachya</i> M. Bieb. ex Willd.    |
| Пижма обыкновенная   | <i>Tanacetum vulgare</i> L.                      |
| Ромашка ободранная   | <i>Chamomilla recutita</i> (L.) Rauch            |
| Тысячелистник обыкновенный                                   | <i>Achillea millefolium</i> L.                   |
| Цмин песчаный  | <i>Helichrysum arenarium</i> L.                  |
| Молокан татарский  | <i>Mulgedium tataricum</i> L.                    |
| Гулявник высокий   | <i>Sisymbrium altissimum</i> L.                  |
| Лапчатка серебристая   | <i>Potentilla argentea</i> L.                    |
| Будра плющевидная  | <i>Glechoma hederaceae</i> L.                    |
| Козлобородник подольский                                     | <i>Tragopogon podolicum</i> (DC.) S. Nikit       |
| Осоки – 1 вид (0.9%)   |  |
| Осока черноколосковая  | <i>Carex melanostachya</i> M. Bieb. Ex Willd.    |

В варианте 20Н (120 м от ЗЛН) рыхлодерновинные сочетаются с плотнодерновинными злаками. Особенностью этого варианта является наличие в травостое плотнодерновинных злаков, ведущее место в которых занимают роды *Stipa* и *Festuca*. Такой вид как *S. pennata* L., являясь представителем первичных ценозов, занесен в Красную книгу Волгоградской области и относится к категории уязвимых. Из рыхлодерновинных злаков в травостое доминируют *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. Плотнодерновинные злаки составляют 40% от общего проективного покрытия. На участке

наблюдается переходная стадия зарастания от рыхлодерновинных к плотнодерновинным злакам. На одном участке ценоза встречался *Tulipa gesneriana* L. (*T. schrenkii* Regel) – редкий вид, занесённый в Красную книгу Волгоградской области. Видовой состав травостоя по хозяйственным группам исследуемого залежного ценоза представлен в таблице 3.

Сорные растения, обладают высокой энергией прорастания, дружным ростом и экологической пластичностью, продолжают встречаться в структуре залежи. Всего выявлено 20 сорных видов, что составляет 17.5% от общего списка. При большом разнообразии видов, доля в надземной биомассе не высокая. По результатам исследований она не превышает 6% и изменяется по годам исследований в зависимости от климатических характеристик. Наибольшую встречаемость имели виды: *Sonchys arvensis* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Euphorbia waldsteinii* (Soyak) Czer, *Ceratocarpus arenarius* L., *Polygonum aviculare* L., *Atriplex patula* L., *Helianthus lenticularis* L., *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prante, *Echinochloa crusgalli* (L.) Bearue, *Chenopodium album* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik, *Lamium amplexicaule* L., *Linaria vulgaris* Mill.

Ведущее место в эколого-ценотическом спектре растительных сообществ залежных участков занимают представители степной группы – 58%, что характеризует незавершенную восстановительную сукцессию участков (рис. 2). Сорные и лугово-степные виды имеют практически одинаковую долю, лесные и луговые представлены единичными особями и наименьшей долей – от 1 до 5%. Ценотический спектр объектов с разной удаленностью от насаждений, позволяет выявить индивидуальные особенности. По мере удаления от насаждений объектов 5Н → 20Н доля участия степной группы увеличивается с 52 до 72 процентов. Наряду с этим уменьшается присутствие сорной группы с 21 до 8.8%, а виды лесной группы, составляющие долю в 1% встречаются лишь вблизи куртинных насаждений (5Н). По мере удаленности от насаждений изменяется также доля луговой группы от 5.8 до 1.5%.



Условные обозначения: Эколого-фитоценотические группы: 1 – степная; 2 – лугово-степная; 3 – луговая; 4 – лесная; 5 – сорная.  
Legend: 1 – steppe; 2 – meadow-steppe; 3 – meadow; 4 – forest; 5 – weedy.

Рис. 2. Флороценотический спектр.  
Fig. 2. Coenotic structure of studied area.

В целом, выявленные группы видов относятся к индикаторам состояния залежных фитоценозов, по их соотношению в травостое можно определить не только возраст залежи, но и позиции в стадии восстановления. Наличие общих правил в динамике восстановления залежной растительности не исключает индивидуальных особенностей развития ценоза, зависящих от внешних воздействий. Расположение залежного ценоза в системе защитных куртинных лесных насаждений сказалось как на соотношении видов в сообществах, так и на продолжительности восстановительных стадий под воздействием внешних факторов. Это связано с гидрологическим режимом почв, их неоднородностью и микроклиматическими контрастами. С увеличением удаленности от куртинных насаждений, в варианте 15-20Н (то есть на расстоянии меньшего воздействия или вне действия куртинных насаждений), сообщества находятся на переходной стадии зарастания – с преобладанием рыхлодерновинных злаков и присутствием плотнодерновинных. То есть можно предположить, что сообщество приближается к зональной стадии, завершающей процесс восстановления залежей – представляет собой плотнодерновинную залежь. Вблизи куртинных насаждений, из-за аккумуляции

дополнительной влаги и под влиянием древесных насаждений стадии восстановления растительности растянуты во времени и в сообществах на всех стадиях присутствуют виды более ранних стадий сукцессии.

### Выводы

Куртинные защитные лесные насаждения оказывают влияние на формирование видового состава вторичных растительных сообществ на залежи. По мере удаленности объектов исследований от ЗЛН, несмотря на одинаковый по продолжительности период восстановления, стадии зарастания различаются продвинутостью в направлении восстановления – от корневищной (10 Н) до рыхлодерновинной переходящую в плотнодерновинную (20 Н). Более удаленные сообщества (20 Н-140 м от ЗЛН) по видовому составу приближаются к зональным сообществам и находятся на плотнодерновинной стадии зарастания. В травостое преобладают рыхлодерновинные злаки (до 50%) и присутствуют плотнодерновинные (до 40%) от общего проективного покрытия.

Анализируя общий список растений на залежи, можно отметить преимущество видов степной ценотической группы, составляющей до 58% от общего числа. Рассмотрение ценотического спектра сообществ выявило увеличение доли участия степной группы по мере удаления от насаждений: 5 Н – 52%, 20 Н – 72%. Также наблюдается уменьшение доли участия сорной группы с 21 до 8.8% и луговой с 6 до 1.5%.

В вариантах вблизи куртинных насаждений присутствуют виды более ранних стадий сукцессии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Высоцкий Г.Н.* 1915. Ергеня, культурно-фитологический очерк // Труды Бюро по прикладной ботанике. Т. 8. № 10-11 (84). С. 1113-1443.
- Гусев А.П.* 2009. Особенности начальных стадий восстановительной сукцессии в антропогенном ландшафте (на примере юго-востока Белоруссии) / Экология. №3. С 174-179.
- Гусев А.П.* 2012. Особенности сукцессий растительности в ландшафтах, нарушенных деятельностью человека (на примере юго-востока Белоруссии) / Сибирский экологический журнал. № 2. С. 231-236.
- Дубровский Н.Г.* 2008. Степные и залежные фитосистемы Тувы: структурно-функциональная организация и оптимизация природопользования. Автореф. дис. ...доктора биол. наук. Улан-Удэ. Бурятский гос. ун-т. 46 с.
- Залесский К.М.* 1918. Залежная и пастбищная растительность Донской области. Ростов-на-Дону: Изд-во Сенного отдела Донского областного продовольственного управления. 84 с.
- Казанцева Т.Н., Бобровкая Н.И., Тищенко В.В.* 2010. Особенности восстановления залежной растительности луговых степей Центрального Черноземья (Воронежская область) / Аридные экосистемы. Т. 16. № 2 (42). С. 76-86.
- Лавренко Е.М.* 1940. Степи СССР // Растительность СССР. М.– Л.: Изд-во АН СССР. Т. 2. С. 1-265.
- Ледовский Н.В., Абаимов В.Ф., Ходячих И.Н.* 2012. Геоботаническая характеристика залежной растительности сухостепной зоны Южного Урала / Известия Оренбургского ГАУ. № 5 (37). С. 22-24.
- Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов. 1985. М.: ВАСХНИЛ. 112 с.
- Программа и методика биоценотических исследований. 1974. / Под ред. Д.Ф. Дылиса. М.: Наука. 403 с.
- Раменский Л.Г.* 1971. Избранные работы: Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л.: Наука. 334 с.
- Рулев А.С., Пугачёва А.М.* 2014. Почвенно-геоморфологические исследования ландшафтов Юга Прикаспийской возвышенности / Аграрный научный журнал. № 12. С. 30-33.
- Романовская А.А.* 2008. Основы мониторинга антропогенных эмиссий и стоков парниковых газов (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) в животноводстве, при сельскохозяйственном землепользовании и изменении землепользования в России. Автореферат дис. ... докт. биол. наук: М.: Институт глобального климата и экологии. 41 с.
- Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Колесников А.В., Цзяо Ц., У Ц., Лю Г.* 2010. Экологические особенности лесовыращивания в аридных регионах России и Китая // Поволжский экологический журнал. № 2. С. 195-203.
- Сафронова И.Н.* 2008. Еще раз к вопросу о границе между степной и пустынной зонами в Нижнем Поволжье / Поволжский экологический журнал. № 4. С. 334-343.

- Титлянова А.А., Афанасьев Н.А., Наумова Н.Б., Андриевский В.С., Артамонова В.С., Булавко Г.И., Гантимурова Н.И., Косинова Л.Ю., Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Мордкович Г.Д., Наумов А.В., Напрасникова Е.В., Половинко Г.П., Стебаева С.К., Якутин М.В. 1993. Сукцессии и биологический круговорот. Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма. 157 с.
- Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья. 992 с.

## THE STRUCTURE OF PLANT COMMUNITIES OF FALLOW LAND IN THE SYSTEM OF PROTECTIVE FOREST PLANTATIONS IN DRY STEPPES

© 2016. K.N. Kulik, A.M. Pugacheva

*All-Russian Scientific-Research Agroforest Reclamation Institute  
Russia, 400062 Volgograd, Universitetsky av., 97. E-mail: nir-1@mail.ru*

The article presents data on the species composition and coenotic structure of the plant communities of 20-year-old fallow grasslands in the system of protective forest plantations. It was found that the speed of successional dynamics depends on the distance from protective forest plantations.

*Keywords:* fallow lands, succession, phytocoenosis, species composition of communities, ecological-coenotic characteristics

УДК 631.416.8(9)

## ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ И ПОДВИЖНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ПОЙМЫ РЕКИ ДОН<sup>1</sup>

© 2016 г. Т.М. Минкина, Ю.А. Федоров, Д.Г. Невидомская, С.С. Манджиева, М.Н. Козлова

*Южный федеральный университет  
Россия, 344090 г. Ростов-на-Дону, просп. Стачки, д. 194/1.  
E-mail: tminkina@mail.ru, dnevidomskaya@mail.ru*

Поступила 30.04.2015

В основных типах почв поймы устьевой области р. Дон исследованы валовые содержания тяжелых металлов, в составе которых впервые определено соотношение прочно и непрочно связанных с почвенными компонентами элементов. Установлено, что геохимические особенности закрепления и распределения элементов по формам соединений в исследованных почвах обусловлены буферной способностью почв, химическими свойствами самих элементов и сопряженностью с источниками техногенной эмиссии.

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, почвы, валовое содержание, непрочно связанные соединения, подвижность, загрязнение.

Пойма устьевой области р. Дон расположена в семиаридном климате. Это уникальная по своей продуктивности территория, характеризующаяся исключительно благоприятными природными условиями. Высокое плодородие почв и гидрологический режим р. Дон обеспечили формирование высокопродуктивных луговых биоценозов пойменных и дельтовых ландшафтов, которые служат нерестилищами для ценных пород рыб. В настоящее время данная территория подвержена активному техногенному воздействию. Наиболее значительным по своим последствиям явилось зарегулирование стока р. Дон. Устьевые экосистемы выполняют роль природных барьеров, где аккумулируются привнесенные водой вещества, в том числе и загрязняющие. В устьевой области р. Дон расположены города Ростов-на-Дону, Новочеркасск, Азов, Батайск, где находятся крупные промышленные предприятия, выбрасывающие большие объемы загрязняющих веществ в атмосферу. Выбросы филиала ОАО «ОГК-2» «Новочеркасская» ГРЭС составляют до 1% общего объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух России, от 35% до 50% аэрозольных выбросов в Южном федеральном округе и Ростовской области (Экология Новочеркасска, 2001). Учитывая расположение основных источников загрязнения атмосферы, а также преобладающее направление ветров, значительная часть выпадений осаждается в пределах поймы устьевой области реки (Федоров и др., 2012).

Исследования, связанные с изучением концентрации и миграции химических элементов в почвах поймы и их влиянием на урожайность сельскохозяйственных культур, велись ранее и ведутся в настоящее время. Значительное число работ посвящено геохимии тяжелых металлов (ТМ) в исследуемом регионе: В.А. Алексеенко (2002), Т.М. Минкина с соавторами (2008а, 2008б, 2009, 2013), Ю.А. Федоров с соавторами (2012), и др. Несмотря на накопленный материал, многие вопросы аккумуляции, распределения и трансформации соединений ТМ в почвенном покрове устьевой области р. Дон остаются неразрешенными, что и определяет актуальность настоящей работы.

Цель настоящей работы – исследовать особенности накопления и распределения валового содержания и подвижных форм ТМ в почвах устьевых экосистем пойменных и дельтовых ландшафтов р. Дон.

---

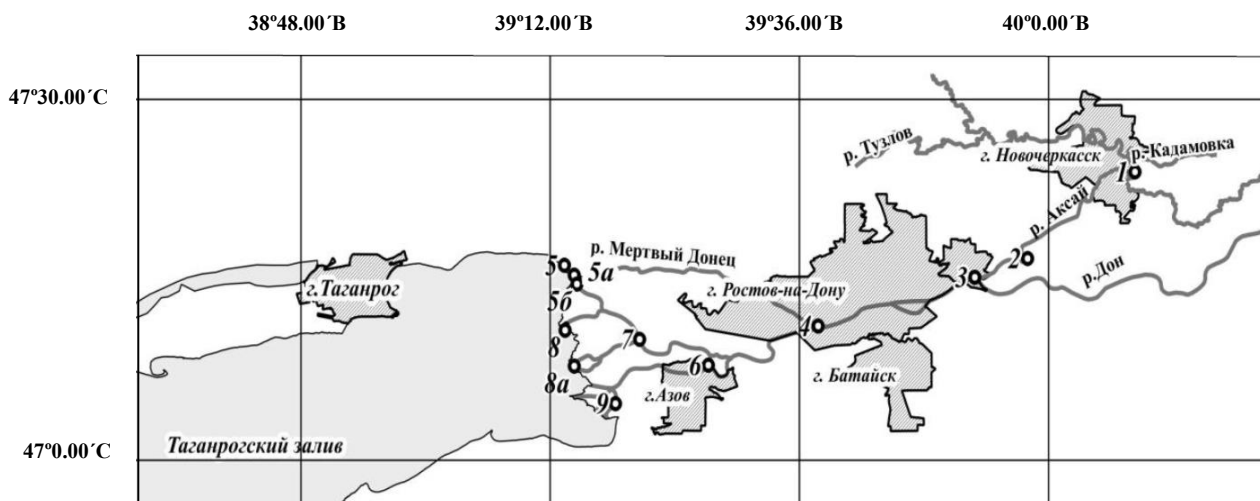
<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 14-05-00586 А и Министерства образования и науки РФ № 5.885.2014/К.



### Объекты и методы

В геоморфологическом отношении исследуемая территория приурочена к пойме реки Дон, а в гидрологическом – располагается в пределах её современной устьевой области, верхняя граница которой проходит в створе станицы Раздорской (Гарькуша и Федоров, 2010). В свою очередь дельта является частью устьевой области реки Дон, в пойме которой, главным образом, и выполнялось изучение почв.

Для исследования особенностей геохимического состояния почвенного покрова в ландшафтах поймы устьевой области были заложены станции мониторинга (рис. 1). Почвенный покров на исследуемых станциях представлен луговыми, аллювиально-луговыми насыщенными и аллювиально-слоистыми насыщенными почвами, подстилаемыми аллювиальными отложениями.



**Рис. 1.** Расположение станций мониторинга в пойме и дельте р. Дон. **Fig. 1.** Location of monitoring stations in the floodplain and delta of the river Don.

Структура почвенного покрова на станциях мониторинга: 1 – слияние реки Тузлов и реки Аксай, аллювиально-луговая насыщенная малогумусная легкосуглинистая на аллювиальных отложениях (АЛ), 2 – излучина реки Аксай, луговая аллювиально-намытая насыщенная слабогумусированная легкосуглинистая на аллювиальных отложениях (Л), 3 – впадение реки Аксай в реку Дон, аллювиально-луговая насыщенная малогумусная тяжелосуглинистая на аллювиальных отложениях (АЛ), 4 – несудоходный рукав р. Дон – Мертвый Донец, аллювиально-слоистая насыщенная слабогумусированная песчаная на аллювиальных отложениях (АС) 5 – впадение рукава Мертвый Донец в Таганрогский залив, аллювиально-луговая насыщенная слабогумусированная песчаная на аллювиальных отложениях (АЛ), 5а – впадение протоки рукава Мертвый Донец в Таганрогский залив, аллювиально-луговая насыщенная слабогумусированная легкосуглинистая на аллювиальных отложениях (АЛ), 5б – впадение протоки рукава Мертвый Донец в Таганрогский залив, аллювиально-луговая насыщенная слабогумусированная легкосуглинистая на аллювиальных отложениях (АЛ), 6 – разветвление р. Дон на рукава: Большая Каланча и Старый Дон, аллювиально-луговая насыщенная слабогумусированная легкосуглинистая на аллювиальных отложениях (АЛ), 7 – разветвление рукавов р. Дон: Большая Кутерьма и Мокрая Каланча, аллювиально-луговая насыщенная слабогумусированная супесчаная на аллювиальных отложениях (АЛ), 8 – впадение рукава Большая Кутерьма в Таганрогский залив, аллювиально-луговая насыщенная слабогумусированная легкосуглинистая на аллювиальных отложениях (АЛ), 8а – впадение рукава Мокрая Каланча в Таганрогский залив, аллювиально-луговая насыщенная слабогумусированная супесчаная на аллювиальных отложениях (АЛ), 9 – впадение рукава Старый Дон в Таганрогский залив, аллювиально-луговая насыщенная малогумусная легкосуглинистая на аллювиальных отложениях (АЛ).

Почвенные образцы отбирались с глубины 0-20 см. В соответствии с указаниями (Агрохимические методы..., 1975) были определены основные физико-химические свойства почв: гранулометрический состав почв, содержание органического вещества, карбонатов, обменных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , pH и плотный остаток водной вытяжки.

Оценку экологического состояния исследованных почв проводили по величине валового содержания химических элементов в почвах и по показателям прочности удерживания металлов и металлоидов почвами. Валовое содержание Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd и As в почвах определяли рентген-флюоресцентным методом и выражали в мг/кг.

При анализе состава соединений металлов основное внимание уделено соотношению соединений металлов, прочно и непрочно связанных с почвенными компонентами, которые определяют экологические последствия загрязнения почв металлами и обуславливают прикладной интерес при разработке различных механизмов детоксикации металлов в почвах. Это обусловлено тем, что отдельные твердые минеральные и органические фазы почвы обладают высокой буферной способностью в отношении большого спектра загрязняющих почву веществ, тем самым обеспечивая защитную функцию почвы (Минкина и др., 2009).

Непрочными соединениями металлов называют те соединения, которые представлены внешнесферными комплексами металлов с участием разнообразных функциональных групп твердых фаз почв. К прочно связанным соединениям металлов относят те, которые являются результатом образования внутрисферных комплексов с твердыми фазами, а также входящие в состав невыветрелых исходных минералов. Содержание непрочных соединений ТМ в почве предлагается нами в качестве интегрального показателя подвижности металлов, способности их участвовать в процессах массопереноса (Манджиева и др., 2014).

Непрочные соединения ТМ в почвах включают обменные, комплексные и специфически сорбированные соединения, содержание которых в почве тесно связано с их содержанием в растениях (Минкина и др., 2009). Соединения ТМ, отнесенные к группе непрочных связанных, переведены в раствор параллельными экстракциями с использованием реагентов (Минкина и др., 2013):

1) 1 н. аммонийно-ацетатный буфер ( $\text{NH}_4\text{Ac}$ ) с pH 4.8 (соотношение почва:раствор 1:10, время экстракции 18 ч), способный переводить в раствор обменные формы металлов, характеризующие их "актуальную" подвижность;

2) 1%-ный раствор ЭДТА в  $\text{NH}_4\text{Ac}$ , с pH 4.8 (соотношение почва:раствор 1:10, время экстракции 18 ч), который предположительно наряду с обменными формами металлов переводит в раствор их комплексные соединения;

По разнице между содержанием металлов в вытяжках ЭДТА в  $\text{NH}_4\text{Ac}$  и  $\text{NH}_4\text{Ac}$  было рассчитано содержание металлов, находящихся в составе комплексных соединений (Носовская и др., 2001; Протасова, Горбунова, 2006);

3) кислоторастворимые соединения металлов, извлекаемые раствором 1 н.  $\text{HCl}$  (соотношение почва:раствор 1:10, время экстракции 18 ч), характеризуют потенциальный запас подвижных соединений металлов в почве. Они предположительно представлены способными к обмену ионами металлов и специфически сорбированными соединениями, включая удерживаемые аморфными оксидами Fe и Mn, а также карбонатами.

По разнице между содержанием металлов в вытяжках  $\text{HCl}$  и  $\text{NH}_4\text{Ac}$  рассчитано количество специфически сорбированных соединений металлов. Аддитивность вытяжек доказана экспериментально (Минкина и др., 2014). Содержание металлов в вытяжках из почв определено методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (ААС).

Содержание ТМ в составе прочно связанных соединений определяли по разности между валовым содержанием металлов в почве и содержанием их непрочно связанных соединений.

### Результаты и их обсуждение

Сравнение результатов химических анализов луговых, аллювиально-луговых и аллювиально-слоистых насыщенных почв на исследуемых станциях мониторинга (табл. 1) показывает, что гранулометрический состав почв достаточно пестрый и, в основном, представлен песчаными, супесчаными и легкосуглинистыми разновидностями. Фракции мелкого и среднего песка являются преобладающими. Исследуемые почвы имеют нейтральную, слабощелочную или сильнощелочную

**Таблица 1.** Физико-химические свойства почв станций мониторинга устьевых экосистем поймы и дельты р. Дон (слой 0-20 см). **Table 1.** The physicochemical properties of soil monitoring stations estuarine ecosystem of the floodplain and delta of the river Don (layer 0-20 cm).

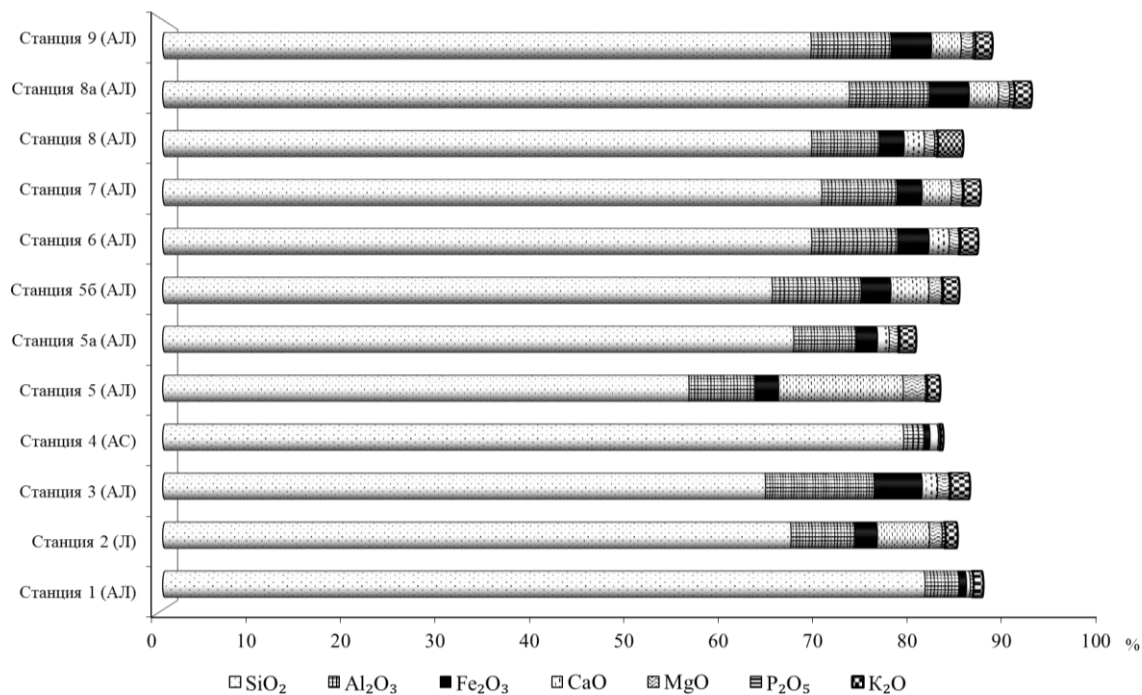
| № станции мониторинга | Почва | Гумус, % | рН   | СаСО <sub>3</sub> , % | Плотный остаток, % | Обменные основания, ммоль(+)/100 г |                  | Размер (мм) и содержание (%) гранулометрических фракций |       |   |
|-----------------------|-------|----------|------|-----------------------|--------------------|------------------------------------|------------------|---|-------|---|
|                       |       |          |      |                       |                    | Са <sup>2+</sup>                   | Мg <sup>2+</sup> | <0.001  | <0.01 | Название по гранулометрическому составу |
| 1                     | АЛ    | 3.03     | 7.78 | 2.80                  | 0.045              | 27.1                               | 2.1              | 9.71  | 29.02 | легкий суглинок                         |
| 2                     | Л     | 1.88     | 7.67 | 4.43                  | 0.086              | 16.0                               | 3.0              | 13.90   | 26.40 | легкий суглинок                         |
| 3                     | АЛ    | 2.30     | 7.93 | 0.18                  | 0.035              | 33.0                               | 6.0              | 27.00   | 47.70 | тяжелый суглинок                        |
| 4                     | АС    | 0.22     | 8.00 | 0.18                  | 0.002              | 1.00                               | 0.5              | 0.10  | 0.30  | песок рыхлый                            |
| 5                     | АЛ    | 1.23     | 7.60 | 8.70                  | 0.184              | 17.0                               | 3.0              | 0.20  | 6.30  | песок связный                           |
| 6                     | АЛ    | 0.43     | 7.42 | 0.32                  | 0.138              | 30.0                               | 6.0              | 10.90   | 23.40 | легкий суглинок                         |
| 7                     | АЛ    | 1.30     | 7.76 | 0.02                  | 0.034              | 17.0                               | 3.0              | 7.60  | 14.00 | супесь                                  |
| 8                     | АЛ    | 1.66     | 7.25 | 0.43                  | 0.040              | 27.0                               | 2.0              | 11.00   | 24.70 | легкий суглинок                         |
| 8a                    | АЛ    | 0.40     | 8.06 | 0.64                  | 0.081              | 34.0                               | 7.1              | 7.40  | 14.00 | супесь                                  |
| 9                     | АЛ    | 2.14     | 8.91 | 0.47                  | 0.075              | 18.0                               | 3.0              | 2 1.50  | 29.10 | легкий суглинок                         |

реакцию среды (7.3-8.9), низкое содержание гумуса – 0.2-3.7%, обусловленное в основном качественным составом привносимого и переотложенного материала, слагающего намывные и погребенные верхние горизонты. В подавляющем большинстве исследуемые почвы не засолены (величина плотного остатка не превышает 0.15%). Высокое содержание карбонатов с поверхности почв некоторых станций связано с наличием биогенного кальцита в намывных горизонтах. В составе поглощающего комплекса доминирует кальций (табл. 1).

Валовой анализ почв позволяет проследить изменения химического состава наиболее стабильной части почв – минеральной. Макроэлементный анализ почв показал, что на станциях 1, 4, 5, 7, 8a с облегченным гранулометрическим составом повышено содержание SiO<sub>2</sub> относительно количества R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и других оксидов, содержащих первостепенные элементы питания – СаО, МgО, К<sub>2</sub>О (рис. 2).

Накопление и распределение ТМ в почвах определяется внешними и внутренними факторами. Внешние факторы обусловлены физико-химическими свойствами почв, геоморфологическими особенностями исследуемой территории и сопряженностью с источниками техногенной эмиссии. Внутренние факторы связаны со свойствами атомов химических элементов и их соединений (Минкина и др., 2009; Sparks, 2003; Violante et al., 2007). Комплекс физико-химических параметров напрямую выполняет протекторные функции почв. Для их выявления необходимо проводить оценку защитных возможностей (буферной способности) почв по отношению к ТМ.

В соответствии с методикой В.Б. Ильина (1995) была выполнена оценка буферной способности исследуемых почв поймы р. Дон, которая базируется на учете инактивационной способности свойств почв: гумуса, физической глины, карбонатов, полуторных оксидов, рН.



**Рис. 2.** Содержание оксидов макроэлементов в почвах станций мониторинга в пойме и дельте р. Дон.  
**Fig. 2.** Concentration of macroelements oxides in soils of test stations in the floodplain and delta of the river Don.

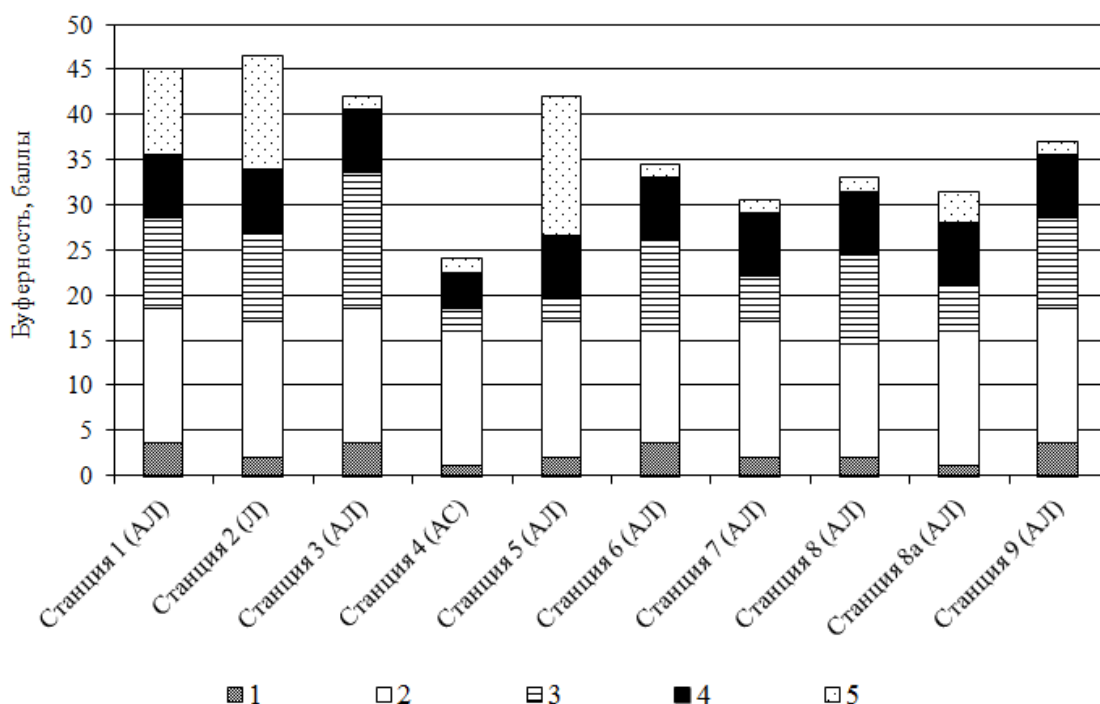
Оценка буферной способности почв показала, что она несколько различается в исследуемых почвах (рис. 3). Ведущими факторами в формировании буферности исследуемых почв по отношению к ТМ, являются физическая глина, карбонаты и гумус. Вклад рН и полуторных оксидов практически постоянен по исследуемым объектам. Согласно градации буферной способности почв по отношению к ТМ, аллювиально-слоистая песчаная почва (станция № 4) и аллювиально-луговые супесчаные почвы (станции № 7, 8a) имеют среднюю степень данного параметра, а самым высоким показателем буферной способности характеризуется луговая легкосуглинистая почва (станция № 2). По величине буферной способности по отношению к ТМ исследуемые почвы можно расположить в следующий убывающий ряд: луговая аллювиально-намытая легкосуглинистая  $\geq$  аллювиально-луговая легкосуглинистая > аллювиально-луговая тяжелосуглинистая > аллювиально-луговая песчаная и супесчаная > аллювиально-слоистая песчаная.

Интенсивность накопления и распределение ТМ в почвах напрямую обусловлена экологическими условиями формирования почв и их буферными свойствами. Высокие величины содержания гумуса и илстых частиц в почве способствуют активной аккумуляции металлов (станции № 1, 3, 8, 9). В супесчаных и песчаных аллювиально-луговых насыщенных и аллювиально-слоистых насыщенных почвах (станции № 4, 5, 7, 8a) первостепенное значение приобретают процессы гидрогенной аккумуляции, но содержание ТМ в таких почвах низкое из-за слабой гумусированности почв, низкого содержания поглощенных катионов, илстых частиц и других факторов (табл. 1, рис. 3).

Ниже рассмотрим распределение валового содержания ТМ в почвах станций мониторинга, которое представлено на рисунке 4.

*Марганец.* В почвах станций мониторинга содержание Mn изменяется от 469.8 до 1910.0 мг/кг (рис. 4). В работе И.Ф. Черкашиной и др. (2001) установлено, что содержание Mn в почвообразующих породах и почвах поймы и дельты варьирует ещё в более широких пределах от 100 до 2000 мг/кг. При этом максимальное содержание Mn приурочено к почвам с доминированием фракции 0.005-0.05 мм и высоким содержанием органического вещества. Проявляется также отчетливая связь концентрации Mn с рельефом ландшафта – относительно низкие содержания (200-300 мг/кг) приурочены к «песчаным» грифам, в то время как в межгрядных понижениях концентрация элемента возрастает до 600-800 мг/кг. В среднем содержание Mn в почвообразующих

породах поймы и дельты составляют 300 и 400 мг/кг (Лукьянченко и др., 2001). Наибольшая концентрация— Mn приурочена к луговой почве поймы (станция № 2). При этом наблюдается превышение кларка и ПДК Mn, равного 850 мг/к и 1500 мг/кг, соответственно (Виноградов, 1957).

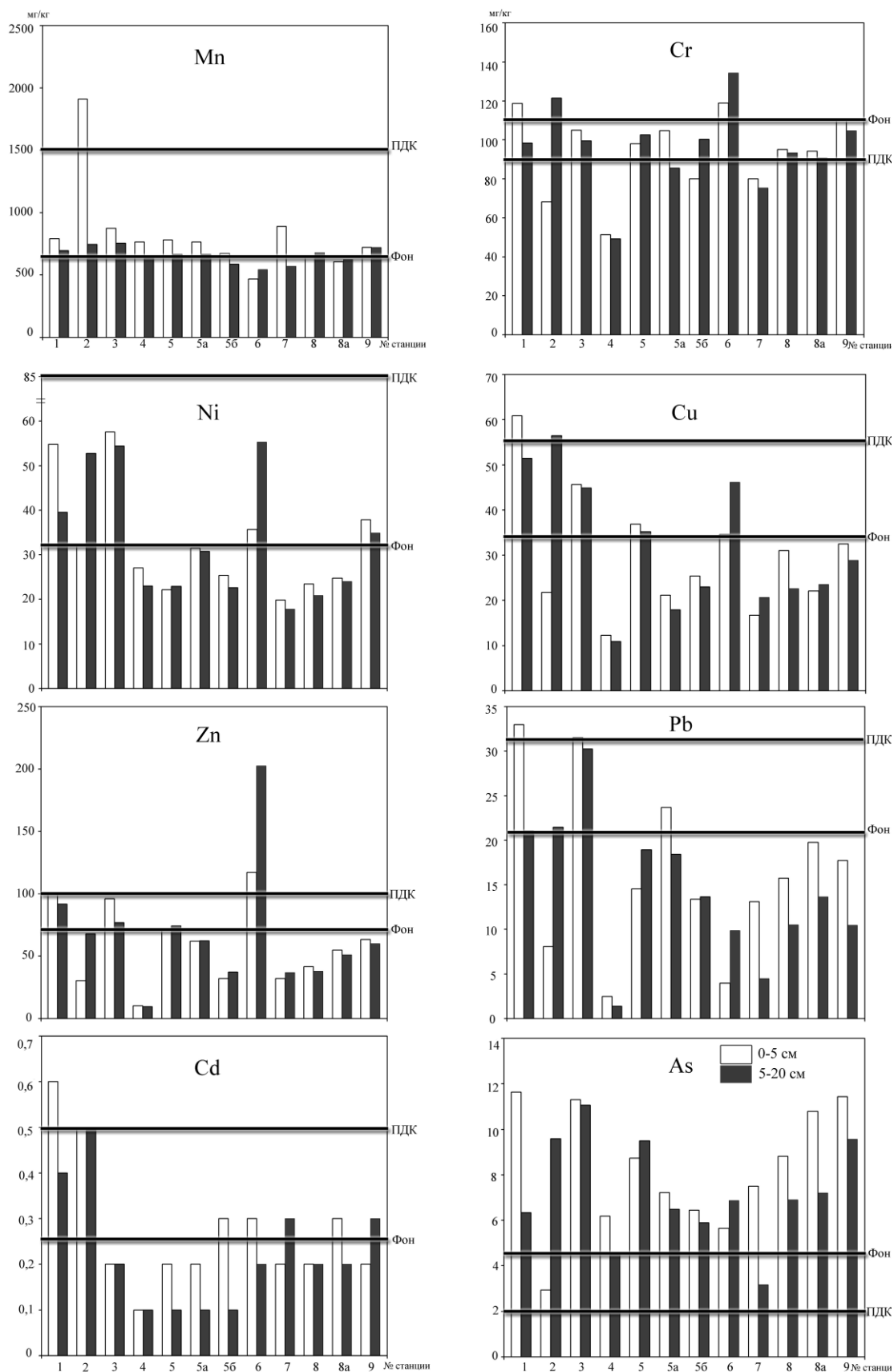


**Рисунок 3.** Буферная способность почв поймы р. Дон по отношению к тяжелым металлам. Баллы, полученные за счет: 1 – гумуса, 2 – рН, 3 – физической глины, 4 – R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5 – CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. **Figure 3.** The buffering capacity of soils floodplain of the river Don in relation to heavy metals. Points obtained by 1 – humus, 2 – pH, 3 – physical clay, 4 – R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5 – CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

*Хром.* Величины содержания Cr варьируют от 51.2 до 121.4 мг/кг почвы. В почвообразующих породах поймы и дельты Дона содержание Cr составляет 69 мг/кг и 97 мг/кг, соответственно. На многих станциях наблюдается превышение не только фоновых значений, но и ПДК данного элемента (рис. 4). В почвах Cr разновалентен с преобладанием малорастворимых соединений. Большая часть Cr в почвах присутствует в виде Cr<sup>3+</sup>, который входит в состав минералов или образует различные оксиды, при этом обнаруживая сродство с железосодержащими фазами в почвах. Значительная часть состава тяжелой фракции почв поймы и дельты р. Дон приходится на сидерит (38-76%) и гидроокислы железа (15-25%) (Лукьянченко и др., 2001).

*Никель.* Количество Ni в почвах дельтовых ландшафтов находится ниже уровня кларковых значений литосферы – 41.8 мг/кг и ПДК. Однако в почвах пойменных ландшафтов содержание Ni достигает 45.6-60.9 мг/кг, что превышает концентрации Ni в почвообразующих породах поймы (16 мг/кг) и дельты (37 мг/кг). Никель преимущественно удерживается гидрооксидами и оксидами железа и марганца (Минкина и др., 2013).

*Медь.* Медь характеризуется высокой органомфильностью и относится к числу сильных комплексообразователей, закрепляясь в почве в виде прочных органических хелатов. Количество Cu в органогенном слое исследуемых почв варьирует от 12.3 до 60.9 мг/кг (рис. 4). Почвообразующие породы поймы и дельты р. Дон содержат 21 мг/кг и 41 мг/кг данного элемента. Содержание Cu в



**Рис. 4.** Валовое содержание тяжелых металлов в почвах исследуемых станций мониторинга устьевых экосистем поймы р. Дон по слоям, мг/кг. **Fig. 4.** The total content of heavy metals in the soils monitoring stations estuarine ecosystem floodplain of the river Don by layers, mg/kg.

почвах станций, расположенных в пойме р. Дон, отличается достаточно высокими значениями, в некоторых случаях превышающими ПДК (рис. 4).

*Цинк.* В почвообразующих породах поймы и дельты содержание Zn составляет 49 мг/кг и 84 мг/кг, что соответствует и даже превышает кларк литосферы (по Виноградову (1957) кларк Zn равен 50.0 мг/кг породы), фон (72 мг/кг) и ПДК (100 мг/кг). Высоким содержанием Zn характеризуются наиболее гумусированные почвы станций № 6, № 1 и № 3, отражая биогенную аккумуляцию металла в гумусовых горизонтах.

*Свинец.* В почвообразующих породах поймы Pb составляет в среднем 14.0 мг/кг, а в породах дельты – 35.0 мг/кг, что выше кларка элемента, равного 10 мг/кг. В почвах исследованных объектов доля Pb находится в широком диапазоне – от 2.5 до 33.0 мг/кг. Максимальные концентрации металла отмечены на станциях мониторинга № 1, № 3, № 5, № 5а.

*Кадмий.* В природе Cd обнаруживается в виде мелких частиц в районе плавильных предприятий, откуда попадает в атмосферу, почву и воду. Кадмий не обнаружен в почвообразующих породах (Лукьянченко и др., 2001). Небольшое его количество зафиксировано в верхнем слое почвы, в среднем – 0.4 мг/кг. По-видимому, это можно объяснить аэрогенным загрязнением пойменных и дельтовых ландшафтов Cd.

*Мышьяк.* Основной вклад в поступление As в экосистемы пойменных и дельтовых ландшафтов р. Дон обусловлен продуктами сгорания угля, отходами металлургической промышленности и использованием мышьяксодержащих пестицидов. В почвах станций доля As изменяется в диапазоне 6.2-11.6 мг/кг, что в разы превышает ПДК и фоновые значения (рис. 4). Степень загрязнения As в исследуемых почвах колеблется от слабой до сильной. При этом, накопление мышьяка помимо внешних факторов (наличие источников загрязнения) может быть вызвано его химическими свойствами, возможностью изменять аллотропную форму при колебаниях окислительно-восстановительных условий. Фоновое содержание (4.8 мг/кг) и кларк As (5.0 мг/кг) в почве превышает ПДК в 2.5 раза.

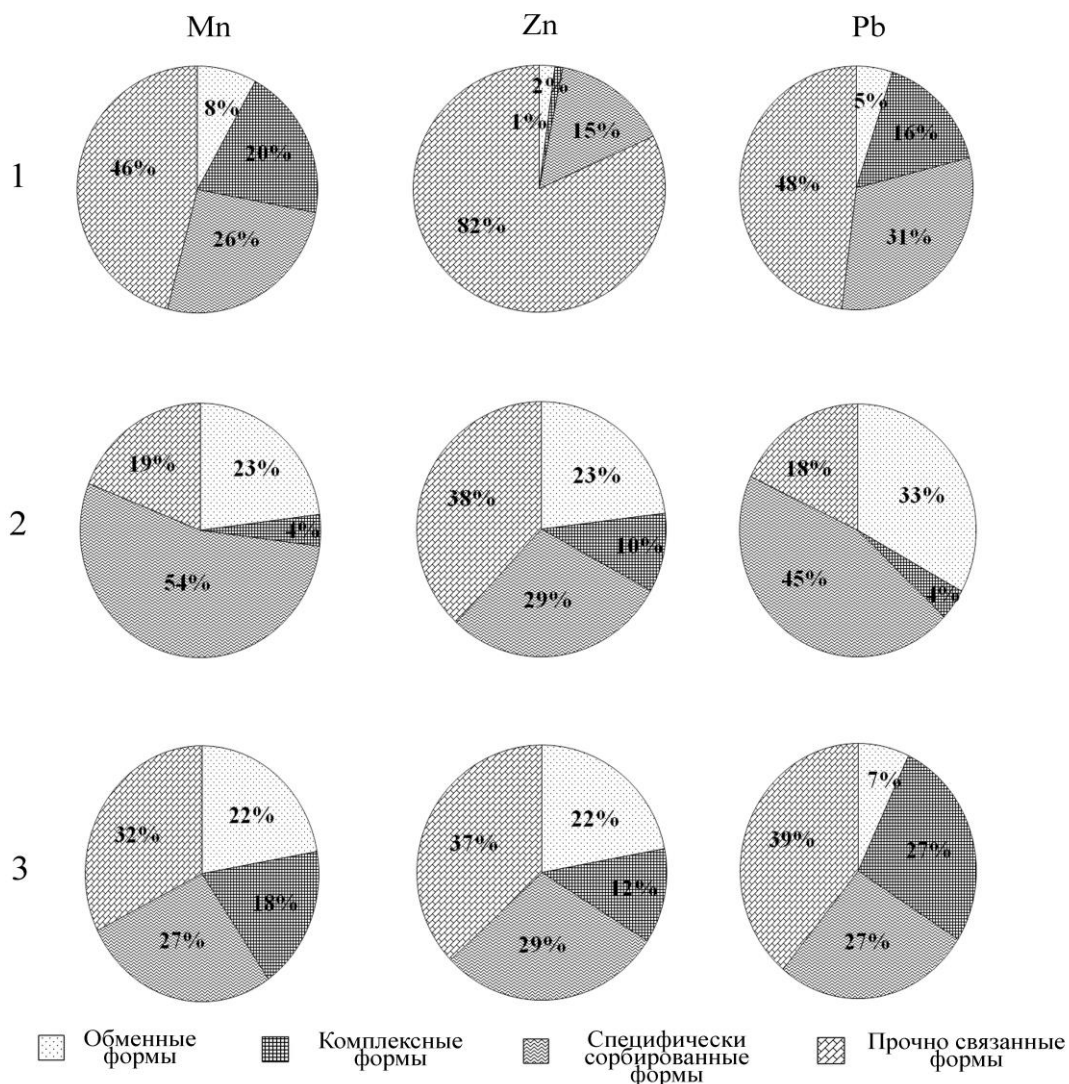
Исследуемые ТМ по валовому содержанию в почвах станций мониторинга пойменных и дельтовых ландшафтов устьевых экосистем р. Дон можно представить в виде последовательно убывающего ряда: Mn > Cr > Zn > Ni > Cu > Pb > As > Cd.

Оценка загрязненности почв по валовому содержанию металлов не позволяет определить их подвижность, способность переходить в сопредельные среды, прежде всего, в растения и природные воды. Более информативным является содержание непрочно связанных соединений ТМ в почве (Минкина и др., 2013). Количество непрочно связанных форм ТМ варьирует от 18% в луговой почве до 81% в аллювиально-слоистой почве в зависимости от металла (рис. 5). В почвах пойменных ландшафтов содержание непрочно связанных соединений составляет в среднем 30-83% от общего содержания, что сильно отличает их от зональных черноземов обыкновенных, в которых непрочно связанные соединения составляют всего 10-20% (табл. 3). Доля непрочно связанных соединений ТМ самая высокая в песчаной почве станции № 4, что связано с низким содержанием гумуса и илистых частиц, способных прочно связывать ТМ (рис. 5, табл. 1). Таким образом, с уменьшением буферной способности почв возрастает доля непрочно связанных соединений металлов, т.е. увеличивается их подвижность.

Доля прочно связанных соединений ТМ сильно варьирует (от 18% до 82%) в зависимости от исследуемых почв станций мониторинга (рис. 5), и лимитируется в основном содержанием тонкодисперсной фракции. На долю металлов, находящихся в структуре силикатов приходится 69-74% от всего запаса прочно связанных соединений ТМ в почвах. На увеличение непрочно связанных соединений металлов оказывает влияние уровень загрязнения, поскольку в загрязненных почвах наблюдается образование дополнительных количеств подвижных форм металлов (Манджиева и др., 2014).

По содержанию непрочно связанных соединений в исследуемых почвах металлы образуют следующий возрастающий ряд (% от общего содержания): Cd > Pb > Mn > Zn > Cu > Ni. Доля непрочно связанных соединений ТМ наибольшая в почвах станций мониторинга № 1, 4, 5, 6. Как отмечает Ю.А. Мажайский с соавторами (2003), при больших объемах выбросов степень подвижности может достигать 73-83%. Региональные особенности поведения ТМ в почвах поймы и дельты Нижнего Дона заключаются в том, что непрочно связанные соединения Cd, Pb, Mn, Zn, Cu, Ni

в основном представлены специфически сорбированными формами на карбонатах и Fe-Mn гидроксидах.



**Рис. 5.** Содержание непрочно связанных соединений (обменных, комплексных, специфически сорбированных) и прочно связанных соединений Mn, Zn и Pb в почвах поймы и дельты р. Дон, % от общего содержания: 1 – луговая почва (станция № 2); 2 – аллювиально-слоистая почва (станция № 4); 3 – аллювиально-луговая почва (станция № 6). **Fig. 5.** The content of loosely bound compounds (exchangeable, complex, specifically sorbed) and strongly bound compounds Mn, Zn and Pb in soils of the floodplain and delta of the river Don, % of the total: 1 – meadow soil (station № 2); 2 – alluvial-stratified soil (station № 4); 3 – alluvial meadow soil (station № 6).

Содержание наиболее мобильных обменных форм достаточно неоднородно от 1% до 63% в исследуемых почвах и напрямую зависит от их буферных свойств и свойств химических элементов (табл. 2, рис. 5).

Отмечается очень широкий диапазон в содержании обменных форм Zn в почвах исследуемых станций (до 30 раз). Небольшое превышение ПДК подвижными (обменными) соединениями Zn установлено для почв станций мониторинга № 1 и 6 (табл. 2, рис. 5).



**Таблица 2.** Содержание обменных, комплексных и специфически сорбированных форм Mn, Ni, Cu, Zn, Pb и Cd в 0-20 см слое почв поймы и дельты р. Дон, мг/кг. **Table 2.** The content of the exchangeable, complex and specifically sorbed forms of Mn, Ni, Cu, Zn, Pb and Cd in the 0-20 cm soil layer of the floodplain and delta of the river Don mg/kg.

| № станции мониторинга | Почва | Mn       |             |                            | Ni       |             |                            | Cu       |             |                            | Zn       |             |                            | Pb       |             |                            | Cd       |             |                            |
|-----------------------|-------|----------|-------------|----------------------------|----------|-------------|----------------------------|----------|-------------|----------------------------|----------|-------------|----------------------------|----------|-------------|----------------------------|----------|-------------|----------------------------|
|                       |       | Обменные | Комплексные | Специфически сорбированные | Обменные | Комплексные | Специфически сорбированные | Обменные | Комплексные | Специфически сорбированные | Обменные | Комплексные | Специфически сорбированные | Обменные | Комплексные | Специфически сорбированные | Обменные | Комплексные | Специфически сорбированные |
| 1                     | АЛ    | 133.8    | 165.0       | 231.4                      | 1.7      | 5.3         | 12.4                       | 3.2      | 4.6         | 10.7                       | 23.6     | 3.9         | 23.7                       | 3.1      | 3.6         | 5.7                        | 0.09     | 0.08        | 0.2                        |
| 2                     | Л     | 106.3    | 265.5       | 341.7                      | 1.1      | 2.3         | 5.3                        | 0.6      | 2.2         | 8.1                        | 1.2      | 0.6         | 7.5                        | 0.8      | 2.4         | 4.5                        | 0.08     | 0.02        | 0.1                        |
| 3                     | АЛ    | 118.3    | 33.6        | 121.8                      | 1.7      | 4.1         | 5.6                        | 0.8      | 3.6         | 9.5                        | 5.8      | 2.1         | 13.9                       | 2.1      | 3.7         | 4.1                        | 0.09     | 0.02        | 0.09                       |
| 4                     | АС    | 13.6     | 2.5         | 32.2                       | 0.7      | 0.4         | 1.0                        | 0.4      | 1.0         | 5.2                        | 2.3      | 1.0         | 2.9                        | 1.5      | 0.2         | 2.0                        | 0.01     | 0.01        | 0.01                       |
| 5                     | АЛ    | 90.2     | 72.0        | 147.7                      | 1.2      | 0.8         | 1.7                        | 0.8      | 2.6         | 7.8                        | 13.0     | 7.9         | 17.8                       | 1.6      | 2.5         | 4.7                        | 0.18     | 0.01        | 0.1                        |
| 5а                    | АЛ    | 34.7     | 56.0        | 143.4                      | 0.7      | 0.9         | 2.9                        | 1.3      | 3.8         | 5.9                        | 2.4      | 6.6         | 13.0                       | 1.2      | 1.9         | 3.6                        | 0.01     | 0.01        | 0.04                       |
| 5б                    | АЛ    | 40.0     | 51.5        | 63.9                       | 0.9      | 0.9         | 4.4                        | 1.1      | 5.2         | 5.8                        | 5.7      | 2.3         | 7.8                        | 0.8      | 2.5         | 3.9                        | 0.03     | 0.04        | 0.07                       |
| 6                     | АЛ    | 113.6    | 88.8        | 139.1                      | 1.0      | 1.8         | 3.9                        | 1.0      | 9.5         | 14.2                       | 37.6     | 20.0        | 49.2                       | 0.8      | 2.9         | 3.0                        | 0.38     | 0.02        | 0.1                        |
| 7                     | АЛ    | 34.5     | 56.7        | 99.0                       | 1.0      | 1.9         | 5.2                        | 0.4      | 2.7         | 9.3                        | 3.0      | 2.1         | 11.0                       | 1.9      | 3.0         | 3.32                       | 0.07     | 0.05        | 0.07                       |
| 8                     | АЛ    | 48.5     | 54.2        | 123.9                      | 1.3      | 1.0         | 3.1                        | 0.7      | 1.3         | 8.4                        | 5.6      | 3.2         | 8.7                        | 1.3      | 3.9         | 4.1                        | 0.04     | 0.03        | 0.06                       |
| 8а                    | АЛ    | 65.9     | 67.3        | 156.2                      | 1.2      | 1.2         | 4.7                        | 0.7      | 4.3         | 10.1                       | 5.1      | 3.7         | 15.1                       | 2.5      | 3.8         | 4.5                        | 0.04     | 0.02        | 0.02                       |
| 9                     | АЛ    | 67.0     | 76.9        | 120.4                      | 2.0      | 3.3         | 4.3                        | 0.6      | 2.8         | 4.6                        | 3.7      | 5.1         | 10.1                       | 1.0      | 3.8         | 4.1                        | 0.04     | 0.07        | 0.12                       |
| НСР <sub>05</sub>     |       | 4.0      | 3.5         | 4.5                        | 0.1      | 0.2         | 0.2                        | 0.1      | 0.5         | 0.3                        | 0.8      | 0.9         | 19                         | 0.2      | 0.4         | 0.2                        | 0.05     | 0.01        | 0.04                       |
| ПДК                   |       | 700.0    |             |                            | 4.0      |             |                            | 3.0      |             |                            | 23.0     |             |                            | 6.0      |             |                            | 0.05     |             |                            |

**Примечание.** АЛ – аллювиально-луговая почва, Л – луговая почва, АС – аллювиально-слоистая почва. **Note:** АЛ – alluvial meadow soil, Л – meadow soil, the АС – alluvial stratified soil.

Количество обменных форм Cu также незначительно и не превышает ПДК, за исключением наиболее загрязненной станции мониторинга № 1, расположенной в пойме по генеральному направлению от НчГРЭС и находящейся под воздействием выбросов.

Количество обменных форм Pb в почвах станций составляет от 5 до 33% от общего содержания. Более высокое относительное содержание  $Pb^{2+}$  связано с близостью его ионного радиуса с ионным радиусом  $Ca^{2+}$ , что играет важную роль в ионообменных взаимодействиях (Минкина, 2008).

Обменные формы Cd, как и общее их содержание, превышают ПДК в почвах многих станций мониторинга (табл. 2). Наиболее высокая экстрагируемость Cd ацетатно-аммонийным буфером находит подтверждение в работах исследователей (Плеханова и др., 2001; Фатеев и др., 2001; Химия..., 1985 и др.). Авторы приводят долю Cd, переходящего в данную вытяжку, которая колеблется от 22 до 60% от общего его содержания.

По содержанию обменных форм Mn все исследованные участки являются незагрязненными (табл. 2, рис. 5), однако наблюдается варьирование содержания данного металла от 2,5 до 10 раз в зависимости от свойств почв (станции № 1, 2).

По относительному содержанию обменных форм в исследуемых почвах ТМ образуют ряд (% от общего содержания):  $Cd > Pb \geq Mn > Zn \geq Ni > Cu$ .

Содержание исследуемых ТМ в комплексных формах в большинстве случаев больше, чем в обменных (табл. 2, рис. 5). По содержанию комплексных форм ТМ в почвах образуют ряд (% от общего содержания):  $Pb \geq Cu > Mn > Cd > Zn > Ni$ .

Относительное содержание комплексных форм Zn и Ni в исследуемых почвах составляет всего 1-12% от общего содержания. Это объясняется слабой комплексообразующей способностью Zn и Ni с органическим веществом (Piccolo, Stevenson, 1982). При этом, доля комплексных форм Pb может достигать 1/3 от общего содержания металла в почве.

Наиболее высокое содержание подвижных соединений металлов представлено их специфически сорбированными формами, что составляет потенциальный запас элементов. В аллювиально-луговых насыщенных почвах, сформированных на карбонатных отложениях и обладающих слабощелочной реакцией в иммобилизации ТМ возрастает роль гидроксидов железа и марганца, а также карбонатов в процессах специфической сорбции металлов.

В исследуемых почвах содержание специфически сорбированных форм металлов располагалось в следующей последовательности (% от общего содержания):  $Mn \geq Cu > Pb > Zn > Ni > Cd$ .

### Заключение

Доказана информативность использованного в работе подхода, базирующегося на ранжировании соединений металлов на прочно и непрочно связанные в почвах. Полученные результаты позволили выявить региональные особенности в формировании соединений ТМ в почвах поймы устьевой области р. Дон и их изменение при загрязнении почв, а также выявить влияние на трансформацию соединений металлов в почвах различных факторов и дать им экологическую оценку.

Показано, что распределение валового содержания ТМ в исследуемых почвах обусловлено, прежде всего, их содержанием в почвообразующих породах поймы р. Дон, а также почвенными факторами: содержанием органического вещества, гранулометрическим составом. В исследуемых почвах система соединений химических элементов формирует такое соотношение различных групп соединений, при котором доминируют прочно связанные формы металлов. По способности прочно удерживать Cd, Pb, Mn, Zn, Cu, Ni почвы образуют ряд: аллювиально-луговая тяжелосуглинистая > аллювиально-луговая легкосуглинистая > луговая аллювиально-намытая легкосуглинистая > аллювиально-луговая песчаная и супесчаная > аллювиально-слоистая песчаная. Данный ряд полностью соответствует уменьшению их буферной способности по отношению к ТМ.

Среди непрочно связанных соединений исследуемых металлов преобладают специфически сорбированные формы. На некоторых станциях мониторинга установлено загрязнение обменными формами Cu, Zn и Cd, что говорит о техногенном накоплении ТМ. В целом, закономерности по распределению в почвах подвижных форм ТМ повторяют закономерности, установленные по распределению их валового содержания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агафонов Е.В.* 1994. Тяжелые металлы в черноземах Ростовской области // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. М.: Изда-во Агрэколас. С. 22-26.
- Агрехимические методы исследования почв. 1975. М.: Наука. 656 с.
- Алексеев В.А.* 2002. Тяжелые металлы в окружающей среде. Почвы геохимических ландшафтов Ростовской области. М.: Логос. 312 с.
- Виноградов А.П.* 1957. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР. 239 с.
- Владимиров А.Х., Ушаков И.И.* 1962. Влияние микроудобрений на урожайность сельскохозяйственных культур на южных черноземах Ростовской области. // Микроэлементы и естественная радиактивность почв. Ростов н/Д: РГУ. С. 72-75.
- Гарькуша Д.Н., Федоров Ю.А.* 2010. Метан в устьевой области реки Дон. Ростов-на-Дону–Москва: ЗАО «Ростиздат». 181 с.
- Ильин В.Б.* 1995. Оценка буферности почв по отношению к тяжёлым металлам // Агрехимия. № 10. С. 109-113.
- Лукьянченко А.Д., Федоров Ю.А., Хованский А.Д., Остробородько Н.П.* 2001. Миграция некоторых элементов в почвах природных периодически увлажняемых ландшафтов // Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды. Вып. 5. Ростов-на-Дону. С. 31-32.
- Мажайский Ю.А., Тобратов С.А., Дубенок Н.Н., Пожогин Ю.П.* 2003. Агрэкология техногенно загрязненных ландшафтов. Смоленск: Изд-во Манжента. 384 с.
- Манджиева С.С., Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Головатый С.Е., Мирошниченко Н.Н., Лукашенко Н.К., Фатеев А.И.* 2014. Фракционно-групповой состав соединений цинка и свинца как показатель экологического состояния почв // Почвоведение. № 5. С. 632-640
- Минкина Т.М., Солдатов А.В., Мотузова Г.В., Подковырина Ю.С., Невидомская Д.Г.* 2013. Молекулярно-структурный анализ иона Cu (II) в черноземе обыкновенном с применением спектроскопии XANES и методов молекулярной динамики // Доклады Академии Наук. Т. 449. № 5. С. 570-573.
- Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г., Крыщенко В.С., Манджиева С.С.* 2008а. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах степной зоны // Почвоведение. № 7. С. 810-818.
- Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г., Крыщенко В.С., Манджиева С.С.* 2008б. Комбинированный прием фракционирования почвенных соединений металлов и его информативность // Почвоведение. № 11. С. 40-49.
- Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г.* 2009. Состав соединений тяжелых металлов в почвах. Ростов-на-Дону: Изд-во «Эверест». 208 с.
- Молодкин П.Ф.* 1995. Антропогенная геоморфология. СПб: Изд-во РГУ. 58 с.
- Носовская И.И., Соловьев Г.А., Егоров В.С.* 2001. Влияние длительного систематического применения различных форм минеральных удобрений и навоза на накопление в почве и хозяйственный баланс Pb, Cd, Ni и Cr // Агрехимия. № 1. С. 82–91.
- Плеханова И.О., Кленова О.В., Кутукова Ю.Д.* 2001. Влияние осадков сточных вод на содержание и фракционный состав тяжелых металлов в супесчаных дерново-подзолистых почвах // Почвоведение. № 4. С. 496-503.
- Практикум по агрохимии. 1989 / Под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во Моск. ун-та. 304 с.
- Протасова Н.А., Горбунова Н.С.* 2006. Формы соединений никеля, свинца и кадмия в черноземах Центрально-черноземного региона // Агрехимия. № 8. С. 68-76.
- Фатеев А.И., Мирошниченко Н.Н., Самохвалова В.Л.* 2001. Миграция, транслокация и фитотоксичность тяжелых металлов при полиэлементном загрязнении почвы // Агрехимия. № 36. С. 57-61.
- Федоров Ю.А., Михайленко А.В., Доценко И.В.* 2012. Биогеохимические условия и их роль в массопереносе тяжелых металлов в аквальных ландшафтах // Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А. Глазовской). Доклады Всероссийской научной конференции. М.: МГУ. С. 332-334.
- Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. 1985. М.: Изд-во МГУ. 208 с.

- Черкашина И.Ф., Долженко Г.П., Федоров Ю.А. 2001. О роли геоморфологической дифференциации ландшафта в распределении тяжелых металлов в почвах (на примере распределения Mn в пойме нижнего Дона) // Охрана труда и окружающей среды. Вып. 2. Ростов-на-Дону: РГАСХМ. С. 74-76.
- Экология Новочеркасска. Проблемы, пути решения. 2001 / Под ред. Н.В. Белоусовой. Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ. 393 с.
- Piccolo A., Stevenson F.J. 1982. Infrared spectra of Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup> and Ca<sup>2+</sup> complexes of soil humic substances // Geoderma. Vol. 27. No. 3 P. 195-208.
- Sparks D.L. 2003. Environmental soil chemistry. Second Edition. Academic press. USA. 352 p.
- Violante A., Krishnamurti G.S.R., Pigna M. 2007. Factors of effecting the sorption-desorption of trace elements in soil environments // Biophysico-chemical processes of heavy metals and metalloids in soil environments / Eds.: A. Violante, P.M. Huang, G.M. Gadd. Wiley IUPAC Series Biophysico-Chemical Processes in Environmental Systems. P. 169-214.

#### **SPECIFIC FEATURES OF CONTENT AND MOBILITY OF HEAVY METALS IN SOILS OF FLOODPLAIN OF THE DON RIVER**

© 2016. T.M. Minkina, Yu.A. Fedorov, D.G. Nevidomskaya, S.S. Mandzhieva, M.N. Kozlova

*Southern Federal University*

*Russia, 344090 Rostov-on-Don, pr. Stachki, 194/1. E-mail: tminkina@mail.ru; dnevidomskaya@mail.ru*

The gross heavy metal contents were studied in the main soil types of the floodplain of the estuarine segment of the Don River. The ratio of elements strongly bound to soil components to those that are weakly bound was determined for the first time. It was established that geochemical features of the fixation and distribution of elements in compound forms in the studied soils are determined by the soil buffering capacity, the chemical properties of the elements themselves, and their association with sources of anthropogenic emission.

*Keywords:* heavy metals, soils, gross content, weakly bound compounds, mobility, pollution.

УДК 911.7

## СИСТЕМА ИНДИКАТОРОВ И ОЦЕНКА ОПУСТЫНИВАНИЯ В МОНГОЛИИ

© 2016 г. Н. Мандах\*, Ж. Цогтбаатар\*, Д. Даш\*, С. Хөдөлмөр\*\*

\* Институт географии и геоэкологии Академии наук Монголии

\*\* Информационно-исследовательский Институт метеорологии, гидрологии и окружающей среды Монголия, 15170 Уланбаатар, ул. Барун Сэлбэ 15. Email: taaggi@yahoo.com, n.mandakh@gmail.com

Поступила 03.09.2015

Проблема опустынивания считается одной из главных экологических угроз на территории Монголии, которая сопоставима по своим масштабам и последствиям с такими проблемами как изменение климата, потеря биологического разнообразия, загрязнение среды и т.д. Поэтому оценка и картографирование процесса опустынивания на территории Монголии были проведены несколько раз с использованием методик, разработанных в разные периоды с разной трактовкой понятия данного процесса. В 2013 г. была проведена четвертая национальная оценка степени опустынивания в стране, в ходе которой авторы сделали попытку составления комплексной карты нарушенности земель под влиянием природных и антропогенных факторов с использованием мониторинговых и спутниковых данных. Особенностью методики этой оценки является использование пространственных моделей с целью выявления индивидуальных процессов деградации: эрозия почв, дигрессия растительного покрова и др. По результатам данной оценки, около 77.8% территории страны опустынено, причем на 16.7% территории процессы деградации земель проявились сильно и очень сильно. Сравнительный анализ тематических карт деградации позволил выявить территориальное распределение преобладающих процессов или факторов, ведущих к той или иной степени опустынивания. Результаты этой работы могут быть использованы в научных, учебных и просветительских целях для повышения осведомленности населения об опустынивании. Также они являются основой для принятия решений в проведении работ по осуществлению национальной программы по борьбе с опустыниванием на региональном и локальном уровнях.

*Ключевые слова:* деградация земель, опустынивание, эрозия почв, картирование, оценка.

Конвенция Организации Объединенных наций по Борьбе с опустыниванием определяет опустынивание как “деградацию земель в аридных, семиаридных и сухих субгумидных районах в результате действия различных факторов, в том числе изменения климата и деятельности человека” (UNCCD, 1994). В широком смысле оно может пониматься как “процесс, когда плодородная земля превращается в пустыни из-за нерационального использования природных ресурсов в уязвимых землях, воздействия последовательных засух в результате глобального изменения климата, что влияет на социально-экономическую деятельность”. С этой точки зрения, проблемы, связанные с деградацией земель, опустыниванием и засухой становятся глобальными наряду с проблемой изменения климата, и должны оцениваться с учетом как природных, так и социально-экономических факторов.

Изменения климата на территории Монголии усугубляют процессы деградации земель, что негативно сказывается на источниках средств существования общества и экономики (Харин, Нацаг, 1992; Баасан, Даш, Сарантуяа, 1992). Поэтому сокращение деградированных территорий и борьба с опустыниванием посредством разномасштабных мероприятий, включая меры по осведомлению населения о проблеме опустынивания, является важным для страны. Целевые мероприятия по смягчению последствий и борьбе с опустыниванием должны основываться на результатах научных открытий и новых технологиях, которые направлены на продвижение концепции рационального использования природных ресурсов. Таким образом, изучение основных природных показателей и определение причин засух, опустынивания и деградации земель, и картографическое отображения

данных процессов является важным источником в планировании, реализации и оценке мер по борьбе с опустыниванием и сокращению эрозии почв.

Начиная с 1990-х годов, в Монголии предпринимались попытки оценки степени и масштаба опустынивания по разным методикам, апробированным как на региональном, так и на глобальном уровнях. Однако результаты этих исследований не ответили на вопрос о том, какие факторы преимущественно влияют на ухудшение качества земель. Цель данной работы заключается в разработке методики оценки индивидуальных факторов деградации земель и обоснование методов их картирования для их последующего использования в детальной оценке опустынивания в стране.

### Материалы и методы

Работы выполнены по следующим семи этапам:

1. Анализ основных форм проявления деградации земель на территории Монголии, которые прямо или косвенно ведут к обострению опустынивания.
2. Определение потенциальных природных и социально-экономических показателей, определяющих тот или иной тип процесса деградации.
3. Определение места выбранных показателей в системе аспектов рассматриваемой проблемы.
4. Фактическое описание всех выбранных показателей с обоснованием выбора и возможности методов их определения и создание базы данных.
5. Выбор возможных методик определения индивидуальных и комплексных показателей.
6. Проведение расчётов и создание серии тематических карт деградации земель с использованием выбранных показателей.
7. Разработка комплексной карты опустынивания на основе тематических карт деградации земель.

#### *Методика выбора основных показателей*

Следующие критерии были использованы при выборе показателей, используемых в комплексной оценке и картировании процесса опустынивания:

1. Наличие данных в национальной базе данных об окружающей среде.
2. Длина временного ряда.
3. Частота полученных данных за интересующий отрезок времени.
4. Тип данных (числовой, текстовый, картографический и т. д.).
5. Масштаб картографических данных.
6. Единицы измерения.
7. Наличие географической привязки.

Приоритетность выбранных показателей определялась в соответствии с концептуальной схемой DPSIR (Driving force – Pressure – State – Impact - Response), что позволило оптимизировать выбор показателей для оценки и картографирования состояния деградации земель и опустынивания.

#### *Методы разработки тематических карт деградации земель*

Аридность климата на территории Монголии оценивалась с помощью коэффициента увлажнения Мезенцева с использованием данных о температуре и осадках за период 1966-2005 гг. (Мезенцев, 1958) по следующей формуле:

$$MI = \frac{P}{(0.2 \sum T_{>10^{\circ}} + 306)}, \quad (1)$$

где,  $P$  сумма годовых осадков в мм,  $T_{>10^{\circ}}$  сумма температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  за год.

Нормализованный разностный индекс засухи (NDDI, Normalized Drought Difference Index) рассчитывался по MODIS (MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer) данным, полученным со спутника Terra за период 2000-2010 гг. Формула NDDI записывается так (Gu et. al., 2007):

$$NDDI = \frac{(NDVI - NDWI)}{(NDVI + NDWI)} \quad (2)$$

Здесь,  $NDVI$  – нормализованный разностный вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index) Он вычисляется как:  $NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$ , где  $NIR$  - отражение в ближней инфракрасной области спектра и  $R$  - отражение в красной области спектра.  $NDWI$  – нормализованный разностный водный индекс (Normalized Difference Water Index), определяемый по формуле  $NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$ , где  $NIR$  - отражение в ближней инфракрасной области спектра и  $SWIR$  - отражение в коротковолновой инфракрасной области спектра. Значения  $NDWI$  меняются в диапазоне 0-100, характеризуя изменение засушливых условий.

Водная эрозия почв определялась по модифицированному универсальному уравнению потери почвы (Revised Universal Soil Loss Equation – RUSLE). Модель RUSLE (Renard et al., 1997) является эмпирическим уравнением, основанном на универсальном уравнении потери почвы, разработанном в Департаменте Сельского Хозяйства США (Wischmeier, Smith, 1978).

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (3)$$

Где,  $A$  – количество потерянной почвы на единицу площади за год (т/(га·год)),  $R$  – эрозионная характеристика дождя (МДж·мм/(га·ч·год)),  $K$  – подверженность почв к эрозии (т·ч/(МДж·мм)),  $L$  – длина склона (безразмерный параметр),  $S$  – угол наклона склона (безразмерный параметр),  $C$  – состояние растительного покрова (безразмерный параметр),  $P$  – противоэрозионные меры (безразмерный параметр).

Оценка ветровой эрозии получена по универсальному уравнению ветровой эрозии (Universal Wind Erosion Equation) (Woodruff, Siddoway, 1965). Уравнение имеет вид:

$$E = f(I, K, C, L, V), \quad (4)$$

где  $E$  – средний объем потери почвы (т/(га·год));  $I$  – индекс подверженности почвы эрозии (т/(га·год));  $K$  – шероховатость почв (безразмерный параметр);  $C$  – климатический фактор (безразмерный параметр);  $L$  – длина открытой местности (м);  $V$  – фактор растительного покрова.

Дигрессия пастбищ оценивалась методом сезонной корреляции Манн-Кендалл (Mann-Kendall test) данных 16-дневной композиции  $NDVI$  MODIS со спутника Terra за период 2001-2011 гг. Цифровая информация платформы MODIS/Terra насчитывает более 30 параметров, включая данные по усовершенствованному вегетационному индексу (Enhanced Vegetation Index, EVI), и  $NDVI$  с пространственным разрешением в 250 м, Эти данные считаются наиболее надежными (Huete et al., 1999). Анализ временных рядов был проведен с помощью статистической программы R (R Development Core Team, 2008).

Социально-экономическая составляющая процесса опустынивания оценивалась по двум условным показателям: плотность скота и плотность населения. Регрессионный анализ временных рядов этих показателей был проведен с целью выявления пространственно-временной динамики социально-экономической составляющей. Для более реального отображения плотности населения и скота нами был использован метод дозиметрического картографирования (Eicher, Brewer, 2001).

#### *Методика разработки комплексной карты опустынивания*

Для определения районов подверженных опустыниванию нами был выбран метод обобщения данных окружающей среды и социально-экономических параметров предусмотренный проектом MEDALUS (Mediterranean Desertification And Land Use project) (Kosmas et al., 1999), в котором было предложено использовать геометрическое среднее всех выбранных параметров.

$$DA = (MI \cdot NDDI \cdot A \cdot E \cdot V_c \cdot D_{live} \cdot D_{pop})^{1/7}, \quad (5)$$

где,  $DA$  - индекс степени опустынивания;  $MI$  – изменение аридности;  $NDDI$  - изменение интенсивности (магнитуды) засух;  $A$  – изменение водной эрозии почв,  $E$  – изменение ветровой эрозии почвы;  $V_c$  - изменение растительного покрова;  $D_{live}$  - изменение плотности скота;  $D_{pop}$  - изменение плотности населения. Классификация параметров для определения степени опустынивания приведена в таблице 1.

**Таблица 1.** Классификационная система индикаторов для определения степени опустынивания.  
**Table 1.** The classification of indicators to define degree of desertification.

| Параметры                           | 0    | 1       | 2         | 3         | 4            |
|-------------------------------------|------|---------|-----------|-----------|--------------|
|                                     | Нет  | Слабо   | Средне    | Сильно    | Очень сильно |
| Аридность                           | < 1  | 0.4 - 1 | 0.3 - 0.4 | 0.2 - 0.3 | 0.2 <        |
| Магнитуда засух                     | -1   | 0       | 0.25      | 0.5       | 1            |
| Частота засух (год)                 | < 2  | 3 - 4   | 5 - 6     | 7 - 8     | 9-11         |
| Изменение водной эрозии (%)         | < 20 | 21 - 40 | 41 - 60   | 61 - 80   | 81 <         |
| Изменение ветровой эрозии (%)       | < 20 | 21 - 40 | 41 - 60   | 61 - 80   | 81 <         |
| Изменение растительного покрова (%) | < 20 | 21 - 40 | 41 - 60   | 61 - 80   | 81 <         |
| Изменение плотности скота (%)       | < 1  | 1 - 40  | 41 - 60   | 61 - 80   | 81 <         |
| Изменение плотности населения (%)   | < 1  | 1 - 40  | 41 - 60   | 61 - 80   | 81 <         |

### Результаты и их обсуждение

#### *Выбор показателей для оценки опустынивания Монголии*

Ранее экспертами было выбрано 29 показателей, которых необходимо учитывать при проведении национальной оценки степени деградации и опустынивания земель. Эти показатели были выбраны из предложенной программой LADA (Land Degradation Assessment in Drylands) FAO системы показателей для локальной и национальной оценки. Нами был проведен более обширный анализ системы показателей с учетом выше представленных критериев и международной тенденции в сфере диагностической оценки процесса опустынивания с применением системы показателей.

Для более детального рассмотрения общей картины процесса опустынивания LADA FAO предлагает систему индикаторов или показателей в концептуальной схеме DPSIR. Для этого нами были проанализированы отчеты и информация об инвентаризации сельско-хозяйственных земель, проводящейся каждые 5 лет на всей территории страны. Анализ показал, что для Монголии характерны следующие типы деградации земель как на локальном, так и на региональном уровнях:

- *Водная эрозия:*
  - Сплошной смыв
  - Развитие овражно-балочной системы
- *Ветровая эрозия:*
  - Транспортировка и аккумуляция песчанного покрова
- *Химическая деградация почв:*
  - Загрязнения почв
  - Засоление
- *Физическая деградация почв:*
  - Ухудшение био-продуктивного потенциала
- *Деградация растительного покрова:*
  - Разрежение растительного покрова
  - Ухудшение видового состава
  - Уменьшение биомассы
- *Изменения водной среды:*
  - Уменьшение почвенной влаги
  - Загрязнения вод
  - Сокращение водных ресурсов.



В результате были предложены 60 показателей для учета всех аспектов оценки процессов опустынивания, которые были классифицированы в систему DPSIR (табл. 2).

**Таблица 2.** Предлагаемая система показателей оценки опустынивания в системе DPSIR. **Table 2.** The proposed system of indicators for assessing desertification with the DPSIR system.

| Процессы деградации                                    | DPSIR                              |  |  |   |
|--|------------------------------------|--|--|---|
|  | Движущая сила                      | Давление   | Состояние                                  | Воздействие                               |
| Аридизация   | изменение температуры и осадков    | тепловой стресс  | индекс аридности                           | засухи                                    |
| Развитие овражно-балочной системы                      | интенсивность осадков              | подверженность эрозии и наклон рельефа                 | расчленение рельефа                        | площади потери почв за счет водной эрозии |
| Транспортировка и аккумуляция песчаного покрова ветром | сила и скорость ветров             | текстура почв  | аккумуляция                                | площадь опесчаненной поверхности          |
| Засоление  | индекс аридности                   | тип почв   | уровень засоления                          | площади засоленных почв                   |
| Разрежение растительного покрова                       | частота засух                      | типы земель (land cover)                               | изменения зеленого покрова                 | тенденции изменения растительного покрова |
|  | количество выпасаемого скота       | численность населения                                  | -  | -   |
| Уменьшение биомассы                                    | частота засух                      | типы земель (land cover)                               | изменение продуктивности (NPP)             | тенденции изменения продуктивности        |
|  | количество выпасаемого скота       | численность населения                                  | -  | -   |
| Уменьшение почвенной влаги                             | интенсивность и количество осадков | водоудерживающий потенциал почв                        | количественные изменения влажности почв    | тенденции изменения влажности почв        |
| Уменьшение обеспечивающих экосистемных услуг           | виды землепользования              | безработица  | изменение урожайности                      | тенденции изменения урожайности           |
|  | количество скота                   | -  | изменение в ВВП на душу населения          | тенденции                                 |
|  | рост населения                     | уровень благосостояния страны/индекс развития человека | уровень нищеты/возрастной индекс населения | миграция населения                        |
| Ухудшение биопродуктивного потенциала                  | виды землепользования              | интенсивность землепользования                         | изменение в плодородии почв                | изменение типов земель (LCC)              |
|  | -                                  | -  | изменение урожайности                      | -   |

Продолжение таблицы 2

|                                  |                                   |   |   |  |
|----------------------------------|-----------------------------------|---|---|--|
| Ухудшение<br>видового<br>состава | интенсивность<br>землепользования | индекс аридности                                | биогенный<br>потенциал  | тенденции<br>изменения<br>качества пастбищ |
|                                  | количество скота                  | -   | -   | -  |
| Загрязнение<br>почв              | плотность населения               | уровень<br>урбанизации                          | уровень<br>загрязнения почв                                     | тенденции уровня<br>загрязнения почв       |
|                                  | уровень<br>индустриализации       | безработица                                     | -и  | Изменение типов<br>земель (LCC)            |
| Загрязнение<br>вод               | плотность населения               | годовой и сезонный<br>сток поверхностных<br>вод | уровень<br>загрязнения вод                                      | дефицит чистой<br>воды                     |
|                                  | уровень<br>индустриализации       | -   | -   | -  |
| Сокращение<br>водных<br>ресурсов | изменения типов<br>земель (LCC)   | индекс аридности                                | изменения в<br>годовом и<br>сезонном стоке<br>поверхностных вод | дефицит воды                               |

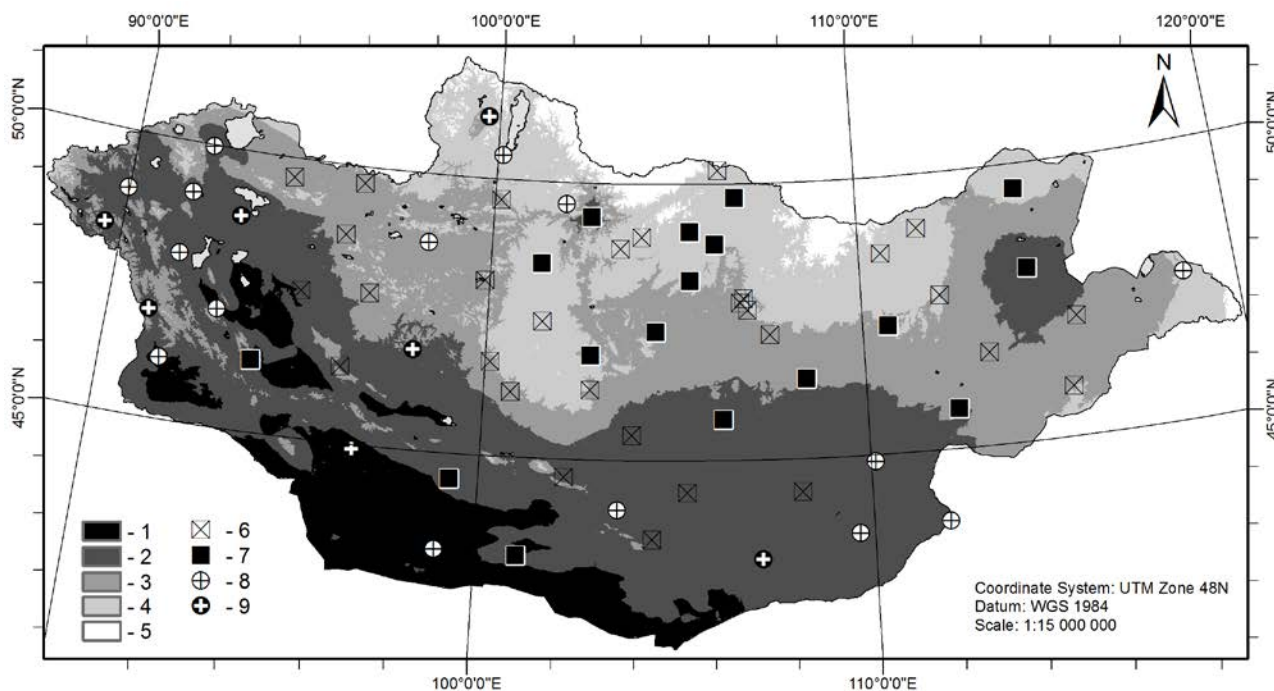
Таким образом, система учета качества земель или степени опустынивания должна рассматриваться как интегральная система, объединяющая или учитывающая взаимосвязь между выше указанными показателями. На данный момент система мониторинга или отслеживания индивидуальных процессов или показателей деградации земель практически отсутствует. Методологический аспект мониторинга также полностью не разработан. Поэтому нами была проведена оценка состояния опустынивания с учетом более 30 показателей, характеризующих в той или иной степени такие процессы, которые прямо или косвенно можно считать факторами ведущими к опустыниванию.

В дальнейшем целесообразно создание информационной базы данных с включением количественных и качественных характеристик этих показателей, что могло бы не только повлиять на качество оценок состояния среды, но и на уровень планирования мер по предотвращению опустынивания на локальном уровне.

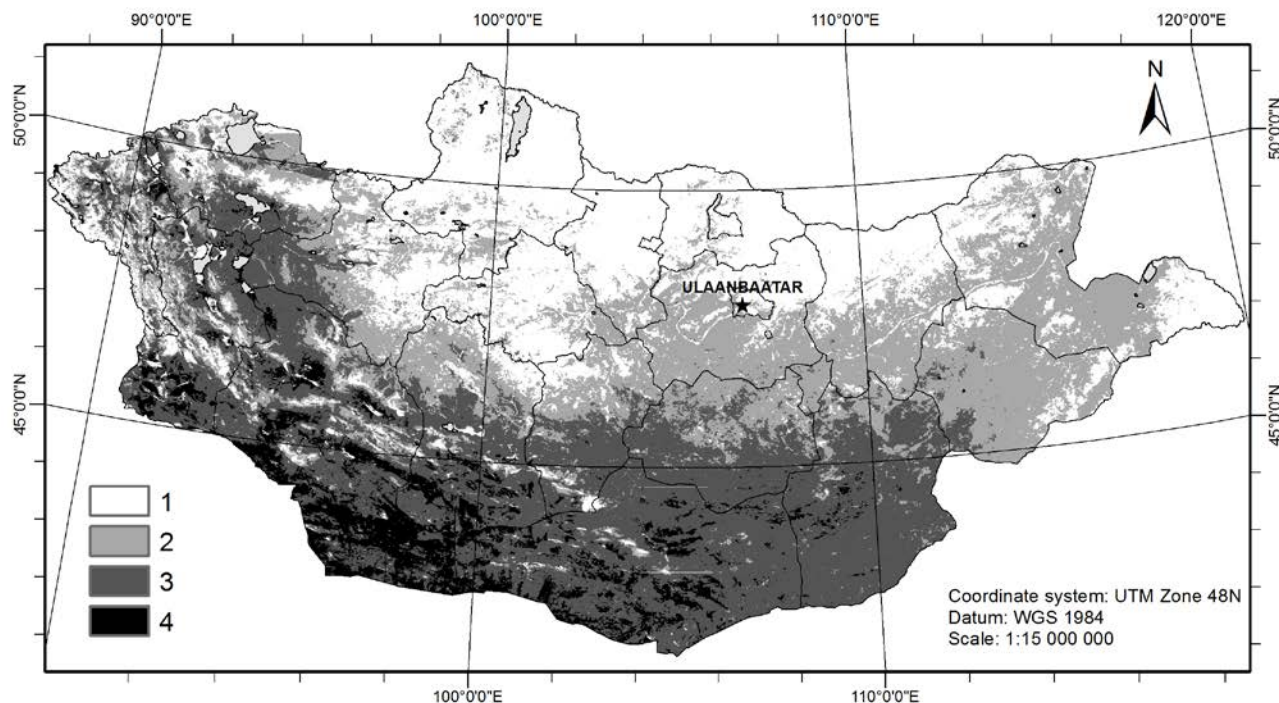
#### *Оценка и картографирование опустынивания*

Оценка опустынивания была проведена на основе 17 показателей, отражающих выбранные процессы деградации, а именно аридизация, засуха, эрозия почвы под воздействием воды и ветра, деградация растительности и социально-экономических изменений. Все процессы были сопоставлены и использованы для построения интегральной карты опустынивания Монголии.

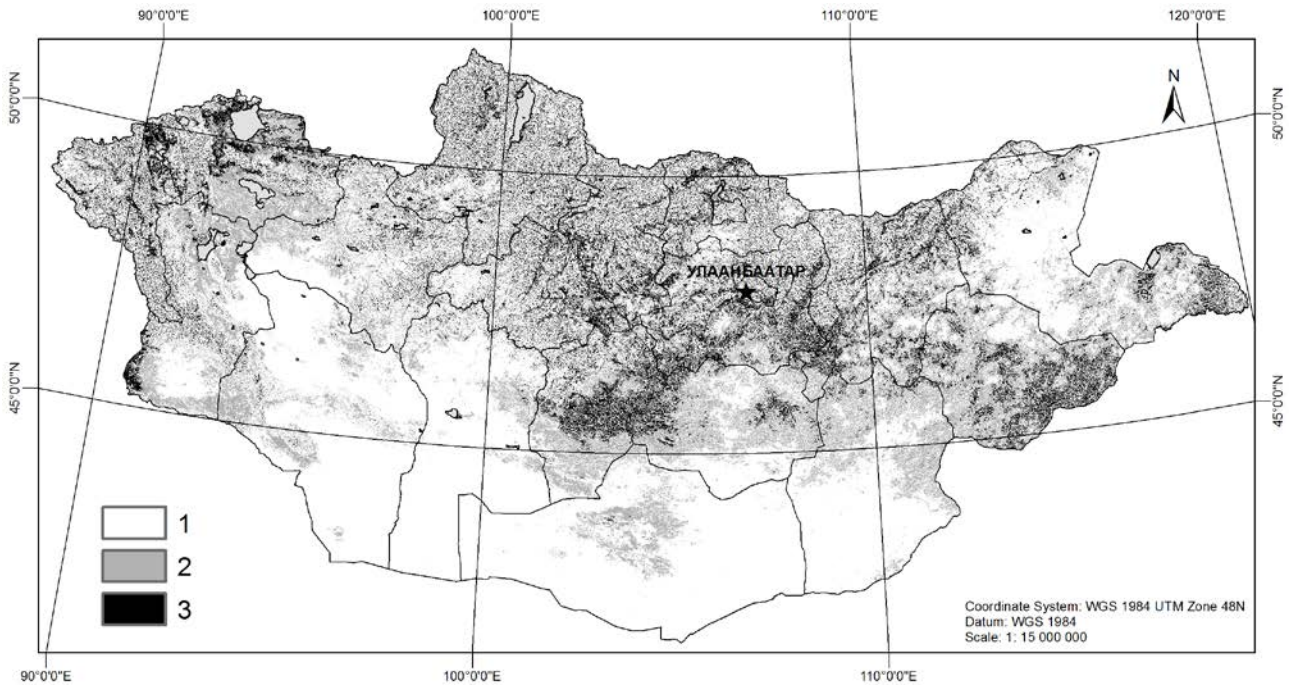
Аридность климата оценивалась с помощью индекса увлажненности Мезенцева, который на территории Монголии колеблется от 0.02 до 0.6. Только в северной части территории вблизи границы Монголии и РФ индекс приближается к 1.0. Усредненное значение индекса по всем метеорологическим станциям показывает его снижение к концу периода. Таким образом, наблюдается увеличение экстрааридных, аридных и семиаридных территорий на фоне уменьшения субгумидных. На рис. 1 представлена карта индекса увлажненности Монголии, по которой можно судить о масштабе территории, потенциально затрагиваемой процессами деградации или опустынивания. Тренды индекса аридности, наблюдаемые за период 1960-2010 гг на станциях, указывают на изменение пространственной динамики данного процесса, что соответствует выводам о взаимосвязи изменений почвенно-растительного покрова и регионального климата (Золотокрылин, 2003; Xue Y., Shukla, 1993; Xue, 1996; Gomboluudev, Natsagdorj, 2004).



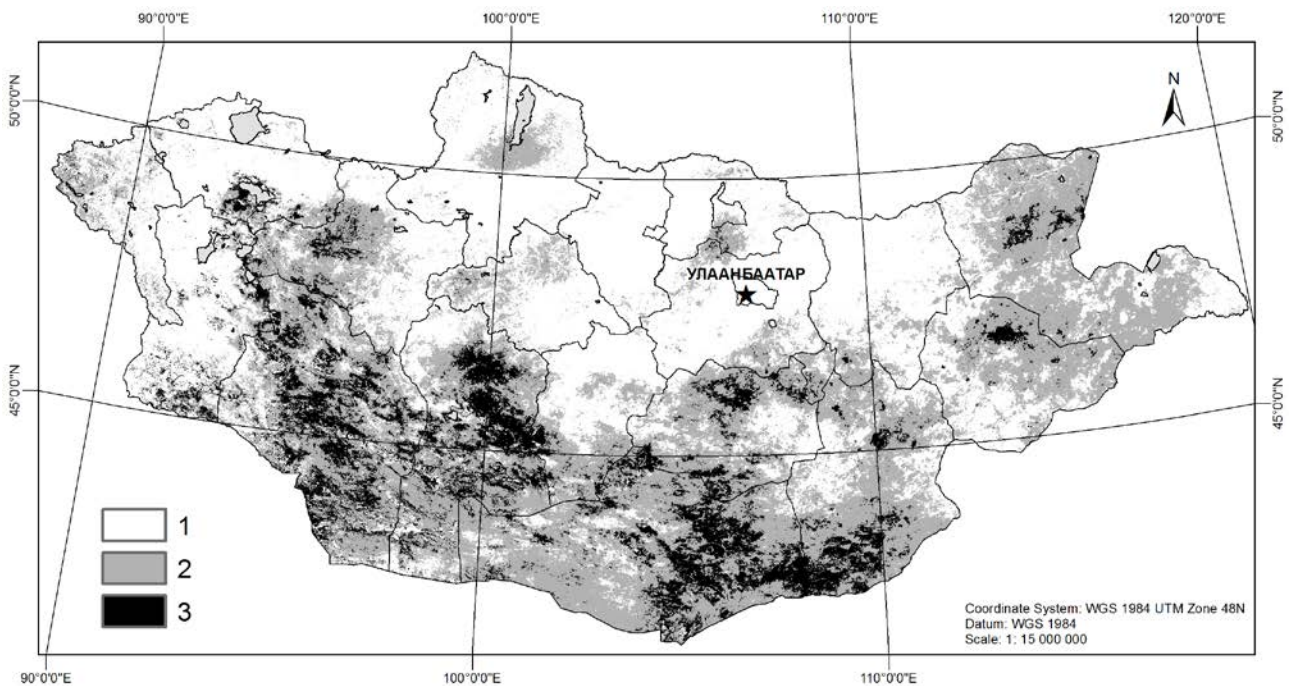
**Рис. 1.** Карта увлажнения территории и тренды. Условные обозначения: Типы увлажнения: 1 – аридный; 2 – полусухой; 3 – сухой; 4 – субгумидный; 5 – гумидный. Тренды аридизации по метеостанциям: 6 – негативный; 7 – статистически значимый негативный ( $p < 0.005$ ); 8 – позитивный; 9 – статистически значимый позитивный ( $p < 0.005$ ). **Fig. 1.** Map of humidity and trends. Legend: Humidity classes: 1 – arid; 2 – semi-arid; 3 – dry; 4 – sub-humid; 5 – humid. Aridity trend at the meteo-stations: 6 – negative; 7 – significant negative ( $p < 0.005$ ); 8 – positive; 9 – significant positive ( $p < 0.005$ ).



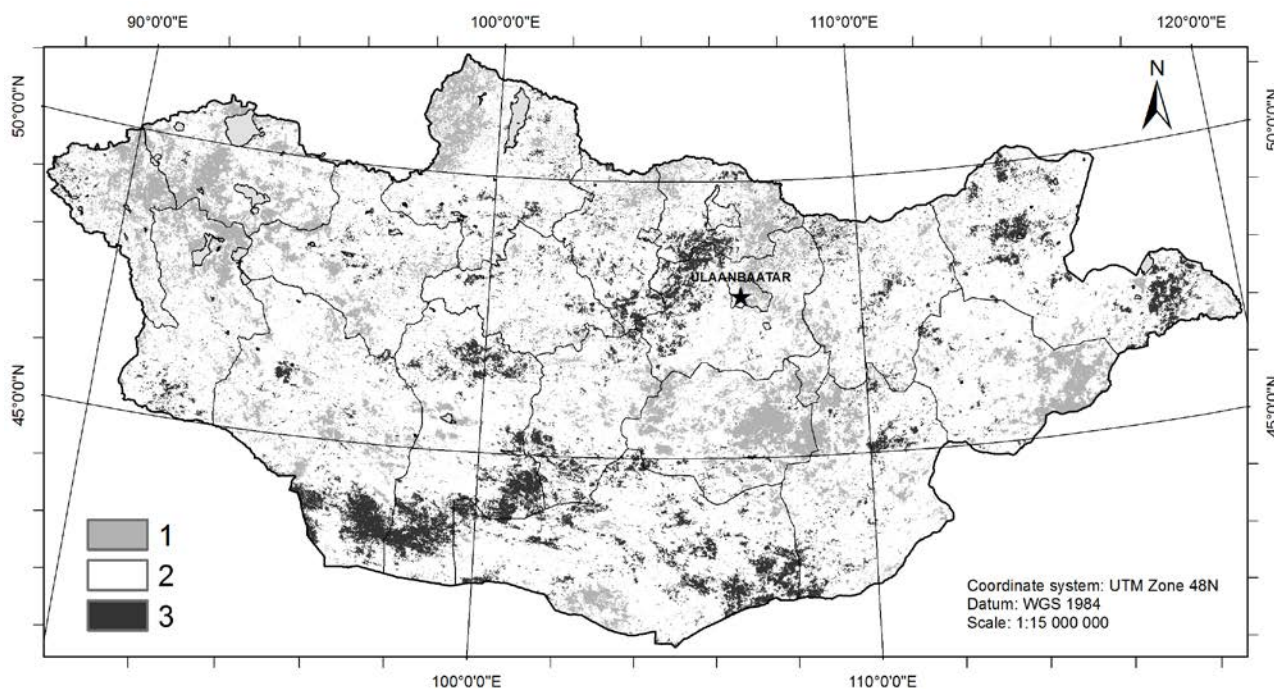
**Рис. 2.** Карта степени засух на период 2000-2010. Условные обозначения: Степень засух: 1 – незначительные засухи ( $NDDI > 40$ ); 2 – засухи средней степени ( $NDDI = 41-60$ ); 3 – сильные засухи ( $NDDI = 61-80$ ); 4 – очень сильные засухи ( $NDDI < 81$ ). **Fig. 2.** Map of the drought severity during 2000-2010. Legend: Severity degrees: 1 – insignificant droughts ( $NDDI > 40$ ); 2 – moderate drought ( $NDDI = 41-60$ ); 3 – severe drought ( $NDDI = 61-80$ ); 4 – very severe drought ( $NDDI < 81$ ).



**Рис. 3.** Карта территорий, подверженных водной эрозии почв по сравнению с 2000 г. Условные обозначения: Степень подверженности: 1 – незначительные изменения; 2 – изменения от слабого к среднему степени; 3 – изменения от среднего к сильному степени. **Fig. 3.** Map of areas newly affected by water erosion comparing to 2000. Legend: Degree of change: 1 – insignificant changes; 2 – slight to moderate changes; 3 – moderate to heavy changes.



**Рис. 4.** Карта территории подверженных ветровой эрозии почв по сравнению с 2000 г. Условные обозначения: Степень подверженности: 1 – незначительные изменения; 2 – изменения от слабого к среднему степени; 3 – изменения от среднего к сильному степени. **Fig. 4.** Map of areas newly affected by wind erosion comparing to 2000. Legend: Degree of change: 1 – insignificant changes; 2 – slight to moderate changes; 3 – moderate to heavy changes.



**Рис. 5.** Карта тенденции изменения растительного покрова по значениям NDVI за период с 2000 по 2010. Условные обозначения: Тип тренда: 1 – негативный; 2 – стабильный; 3 – позитивный. **Fig. 5.** Map of vegetation cover trend using NDVI from 2000 to 2010. Legend: Observed trends: 1 – negative; 2 – stable; 3 – positive.

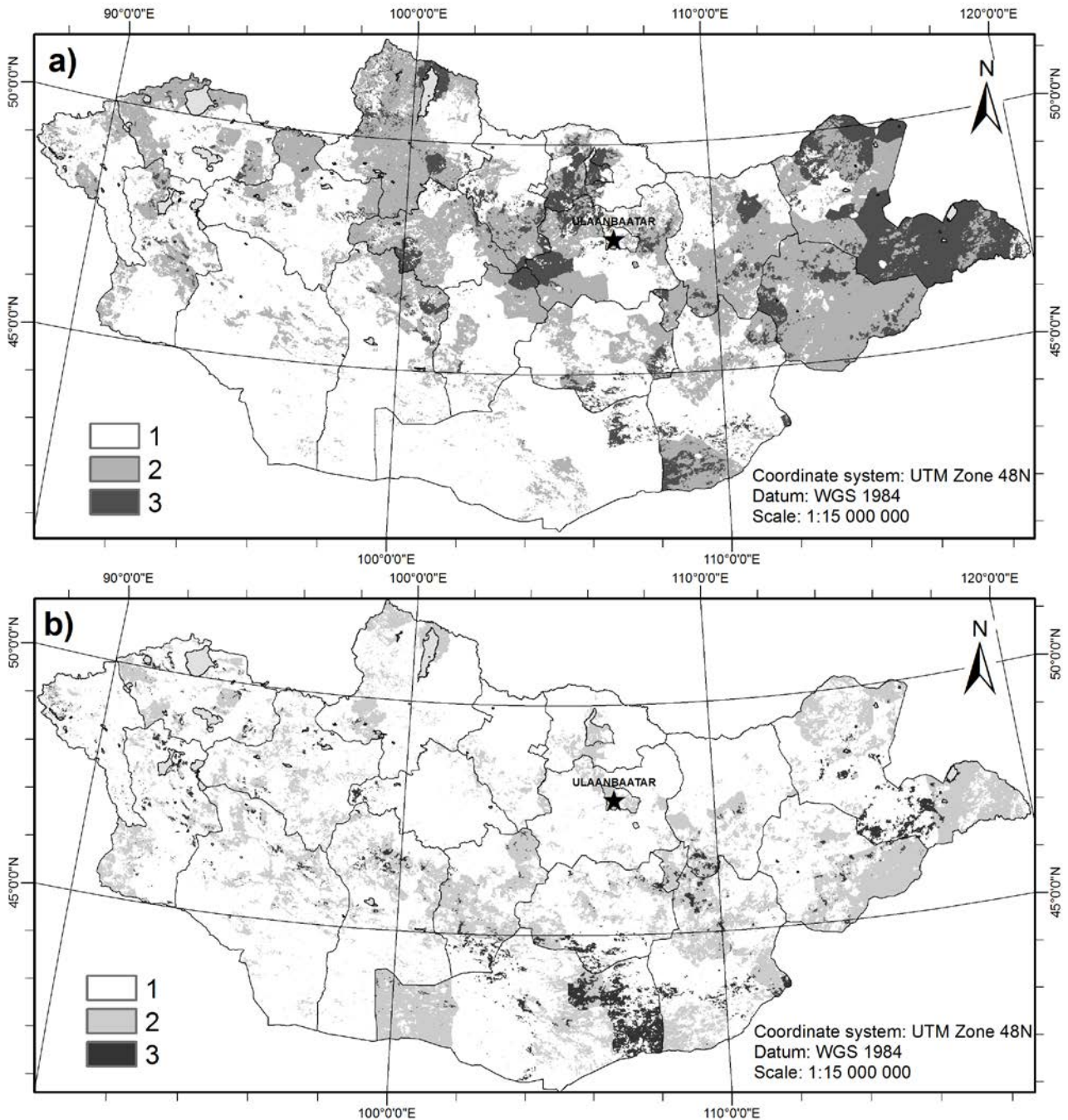
Магнитуда и частота засух на территории Монголии была оценена с использованием спутниковых данных за период 2000-2010 гг. Результаты показывают, что большая часть территории подвержена засухе каждые 2-3 года в течение десятилетнего периода. В южных районах Гоби и бассейне реки Хэрлэн засухи наблюдались каждые 4-5 лет в течение данного периода, а в районах Котловины Больших Озер и Долины Озер каждые 8-10 лет или почти каждый год (рис. 2). Общая картина распределения засух на территории страны за последние 10 лет практически повторяют динамику индекса аридности или увлажнения.

Результаты оценки водной эрозии почв показали, что примерно 300-400 тонн почвы в год теряется из-за активного воздействия вод. Сравнение результатов за годы с 2000 по 2010 год выявлено, что водная эрозия в среднем возросла и составляет около 500-600 т/га в год. Из этого следует, что водная эрозия может влиять на процессы деградации земель и опустынивания в стране. Пространственное распределение водной эрозии выявило усиление эрозии в горах и в предгорьях Монгольского и Гобийского Алтая, а также в южных частях Хангайского нагорья. Умеренная эрозия наблюдается в центральных районах страны, занимающих огромные площади пастбищных угодий и речных бассейнов. Временной анализ показал, что в течение последних десяти лет, водная эрозия почвы увеличилась в северной части страны, которая определяется, вероятно, повышением интенсивности осадков и уменьшением растительного покрова (рис. 3).

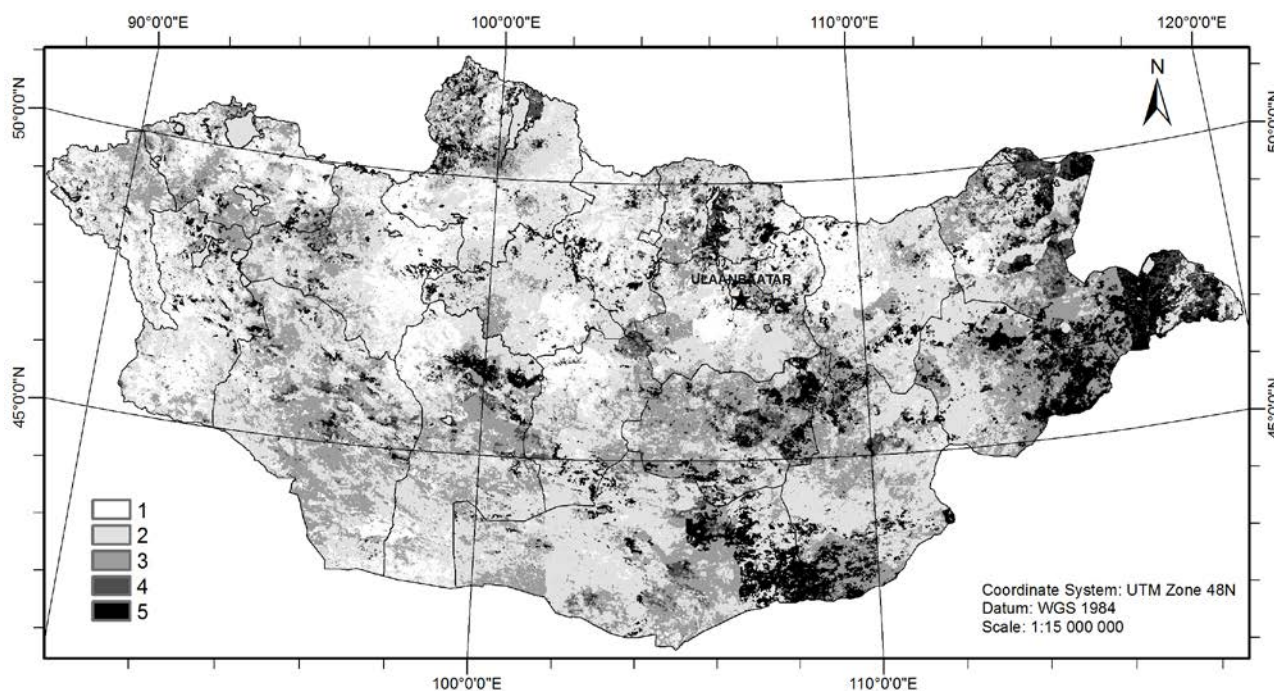
Оценки ветровой эрозии почв показали, что ее интенсивность на территории Монголии колеблется в среднем от 2.7 до 27.5 т/га в год). Максимальные оценки составляют 15-27 т/га в год), большинство из которых встречается в пустынных и полупустынных регионах. Районы с высокой ветровой эрозией сосредоточены в южной части страны. В основном это плоские, вытянутые и возвышенные равнины, разделенные горными хребтами с относительными высотами 1000-1500 м. Эти районы локализируются в Заалтайской Гоби, Северной и Южной пустынях. Изменения ветровой эрозии четко наблюдаются в южных частях Гоби, в частности, в долинных и котловинных районах. Оценки показали, что 165.7 т/га почвы было потеряно ветром в течение последнего десятилетия (рис. 4).

Значение NDVI в Монголии имеет зональное распределение: в пустынях и полупустынях Гоби оно составляет 0.05-0.18, в степи и лесостепи – 0.2-0.35, а в лесной зоне – 0.4-0.5. Рисунок 5 иллюстрирует тенденции MODIS NDVI с 2000 по 2011 год. Положительные тенденции или АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2016, том 22, № 1 (66)

территории, где растительный покров улучшается, наблюдаются в центральных, восточных и южных частях Монголии. Негативные тенденции, проявляются в центре Монголии, на западе страны, и в окрестностях столицы, Улан-Батор. На карте показаны тенденции в пределах порогового значения  $\pm 0.5$ , которые считаются стабильными.



**Рис. 6.** а) Изменение плотности скота с 2000 по 2010 год; б) Изменение плотности населения с 2000 по 2010 год. Условные обозначения: Наблюдаемые изменения в %: 1 – нет изменений (< 20); 2 – незначительные изменения (20-40); 3 – значительные изменения (< 50%). **Fig. 6.** a) Map of the changes in the livestock density from 2000 to 2010; b) Map of the changes in population density from 2000 to 2010. Legend: Observed changes in %: 1 – no changes (< 20); 2 – insignificant changes (20-40); 3 – significant changes (< 50%).



**Рис. 7.** Карта опустынивания Монголии. Условные обозначения: Степень опустынивания: 1 – не опустыненные; 2 – слабое; 3 – среднее; 4 – сильное; 5 – очень сильное. **Fig. 7.** Map of desertification of Mongolia. Legend: Desertification rate: 1 – no desertification; 2 – slight; 3 – moderate; 4 – heavy; 5 – very heavy.

Если сопоставить тренды аридизации (рис. 1) с трендами NDVI (рис. 5), можно сделать вывод о том, что разрежение растительного покрова имеет прямое отношение к увеличению аридности в степных и лесостепных районах. По-видимому, здесь мы наблюдаем обратную связь между климатом и подстилающей поверхностью, которая ведет к развитию климатического опустынивания.

Социально-экономический аспект процесса опустынивания оценивался с учётом двух косвенных показателей: плотность скота и плотность населения.

Из рисунка ба можно сделать вывод, что количество и плотность скота на территории Монголии наблюдаются практически во всех регионах. Повышенная нагрузка плотности скота имеется в центральных и восточных регионах, где деградация земель, можно полагать, идет от прямого воздействия поголовья скота (рис. ба). Общая картина расселения и плотности населения практически не изменилась за рассматриваемый период (рис. бб). В связи с развитием горнодобывающей промышленности наблюдается высокая концентрация населения в регионах, где эта отрасль широко развивается. Сравнение карты плотности населения с картой плотности скота свидетельствует, что увеличение населения не повлияло на динамику поголовья скота и процессы землепользования. Однако, горнодобывающая отрасль само по себе ведет к разным процессам деградации.

На основе анализа вышеуказанных процессов был оценен уровень опустынивания, а также выявлены преобладающие факторы деградации почв на 2010 г. В результате этих исследований было определено, что 77.8% от общей территории подвержено опустыниванию, из которых 35.3% являются слабо, 25.9% – умеренно, 6.7% – сильно и 9.9% – очень сильно опустыненными (рис. 7). Сравнивая результаты с предыдущей оценкой, можно сделать вывод, что общая картина опустынивания не изменилась. Пространственное распределение деградированных или опустыненных земель осталось в прежнем состоянии, хотя увеличились территории со слабой и очень сильной степенью опустынивания на 12.3 и 4.9%, соответственно. Особенно много появилось новых мест, где экстремальные ситуации деградации сформированы недавно.

### Выводы

Разработка системы показателей оценки опустынивания имеет важное значение для развития национальной системы мониторинга качества земель. Из выбранных 60 показателей на данный

момент менее половины не рассчитывается, поэтому в ближайшем будущем необходима разработка методик мониторинга и системы хранения и передачи данных. На данный момент имеется Национальная база данных об окружающей среде, где интегрированы результаты нынешних работ.

Процесс опустынивания на территории Монголии является одной из важных экологических проблем, последствия которой сказываются на состоянии не только природной среды, но и социально-экономического развития страны. Поэтому своевременная оценка с целью осведомления населения и поддержки принятия решения являются неотъемлемой частью реализации Национальной программы по борьбе с опустыниванием.

Общая картина аридности климата на территории страны дает возможность сделать вывод о том, что на более 90% территории процессы деградации должны рассматриваться в контексте опустынивания. По результатам оценки опустынивания на 2010 год, около 77.8% от общей территории подвержено опустыниванию. Критическое состояние насчитывают 16.7% земель, где степень опустынивания сильная и очень сильная. Эти территории располагаются в степной, сухостепной и отчасти лесостепной зонах, где за последние десятилетия произошли изменения как климата, так и социально-экономических условий (увеличение поголовья скота, уменьшение мобильности населения и др.). Для этих территорий необходимы меры по реставрации земель с разработкой технологий по озеленению и рациональному использованию земельных ресурсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баасан Т., Даш, Д., Сарантуяа Н. и др.* 1992. Из результатов исследования опустынивания в аридных территориях Монголии // Тезисы докладов конференции «Глобальные изменения пустыни Гоби». Улаанбаатар.
- Золотокрылин А.Н.* 2003. Климатическое опустынивание. М.: Наука. 246 с.
- Мезенцев В.С.* 1958. Некоторые данные исследований условий увлажнения Западной Сибири // Изв. Новосибир. отд. Географ. об-ва СССР. Вып. 2.
- Харин Н.Г., Нацаг Ж.* 1992. Итоги изучения опустынивания аридных территорий Монголии // Проблемы освоения пустынь. № 5. С. 52-56
- Eicher C.L., Brewer C.A.* 2001. Dasytetric mapping and areal interpolation: implementation and evaluation // Cartography and Geographic Information Science. Vol. 28 (2). P. 125-138.
- Gomboluudev P., Natsagdorj L.* 2004. The impact of desertification on Mongolian climate and its numerical study using regional climate model (RegCM3) // International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia. Tsukuba. Accessed at [http://www.ied.tsukuba.ac.jp/wordpress/wp-content/uploads/pdf\\_papers/tercbull05s/t5supple\\_112.pdf](http://www.ied.tsukuba.ac.jp/wordpress/wp-content/uploads/pdf_papers/tercbull05s/t5supple_112.pdf)
- Gu Y., Brown J.F., Verdin J.P., Wardlow B.* 2007. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States // Geophysical Research Letters. N 34, L06407. <http://dx.doi.org/10.1029/2006GL029127>.
- Huete A., Justice C., Van Leeuwen W.* 1999. MODIS Vegetation Index: Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). Version 3.0. [http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod13.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf).
- Kosmas C., Kirkby M., Geeson N.* 1999. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. // MEDALUS Project Report EUR 18882, European Commission: Brussels. 94 p.
- R Development Core Team, 2008. R: a Language and Environment for Statistical Computing. // R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Renard K.G., Freimund J.R.* 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R factor in the revised USLE // Journal of Hydrology. Vol. 157. P. 287-306.
- United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), 1994. United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa: Text with Annexes. Nairobi: UNEP. 95 p.
- Wischmeier W.H., Smith D.D.* 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide for conservation planning // Agriculture Handbook. Vol. 537. USDA, Washington DC. 101 p.
- Woodruff N.P., Siddoway F.H.* 1965. A wind erosion equation // Soil Science Society of America Proceedings. Vol. 29. P. 602-608.
- Xue Y., Shukla J.* 1993. The influence of land surface properties on Sahel climate. Part I: Desertification // J. Climate. Vol. 6. P. 2232-2245
- Xue Y.* 1996. The impact of desertification in the Mongolian and the Inner Mongolian grassland on the Regional Climate // J. Climate Vol. 9. P. 2173-2189.



**THE SYSTEM OF INDICATORS AND ASSESSMENT OF DESERTIFICATION IN MONGOLIA****© 2016. N. Mandakh\*, J. Tsogtbaatar\*, D. Dash\*, S. Khudulmur\*\****\* Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences**\*\* Research and Information Institute for Meteorology, Hydrology and Environment**Mongolia, 15170, Ulaanbaatar, Baruun Selbe 15. Email: maaggi@yahoo.com, n.mandakh@gmail.com*

The problem of desertification is considered as one of the major environmental threats in the territory of Mongolia, which is comparable by its scale and consequences with problems related to climate change, loss of biological diversity, pollution and so on. The assessment and mapping of desertification in Mongolia, therefore, were conducted several times using techniques developed in different periods of time and with different interpretation of the term land degradation/desertification. In 2013, the fourth nation-wide assessment and mapping of desertification is implemented, in which the authors made an attempt to compile a comprehensive map of land disturbance under the influence of natural and anthropogenic factors using data from the land monitoring and remote sensing. The peculiarity of the method used in this evaluation was in use of spatial models to identify individual degradation processes like erosion, the degradation of the vegetation cover, etc., which reflected in this paper. The results of this assessment showed that, approximately 77.8% of the country considered as desertified, of which 16.7% are areas where the processes of land degradation happen with heavy and severe forms. Also to determine factors influencing on degradation/desertification of the lands a comparative analysis of thematic degradation maps showing the spatial extent of the dominant processes or factors have been produced. The results of this work can be used in scientific, educational and public communication purposes to improve public awareness on desertification issue. Moreover, there are useful as a decision support while planning, implementing and designing actions, reflected in the National Programme to Combat Desertification at the regional and local levels.

*Keywords:* land degradation, desertification, soil erosion, mapping, assessment.

ISSN 1993-3916

**ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2016. Т. 22. № 1 (66)**

**JOURNAL ARID ECOSYSTEMS 2016. Vol. 22. № 1 (66)**

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

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



ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ КМК

Формат 60x 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>

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»)**