## Том 23 Номер 2 (71) Июнь 2017

## РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

## АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

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

МОСКВА: Товарищество научных изданий КМК



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

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

## АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Том 23, № 2 (71), 2017, июнь

Журнал основан в январе 1995 г. Выходит 4 раза в год

<u>Главный редактор</u> доктор биологических наук, профессор 3 Г. Залибеков\*\*

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

#### Редакционная коллегия:

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

#### Редакционный совет

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

Ответственные за выпуск: 3.Г. Залибеков\*\*, А.Б. Биарсланов\*\*

#### Адреса редакции:

\*Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, 3, ИВП РАН Телефон: (499) 135-70-31, (499) 135-70-41. Fax: (499) 135-54-15 E-mail: arid.journal@yandex.ru

\*\*Россия, 367000 Махачкала, ул. Гаджиева, 45, ПИБР ДНЦ РАН Телефон: (872-2) 67-60-66 E-mail: arid\_journal@mail.ru

Москва: Товарищество научных изданий КМК

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

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) eLIBRARY.RU, в базу данных Russian Science Citation Index, размещенную на платформе Web of Science, входит в число реферируемых журналов и Базы данных ВИНИТИ, Google Scholar, AGRICOLA, EBSCO Discovery Service, OCLC, Summon by ProQues и Перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ (2011 и 2016 г.). Сведения о журнале ежегодно поступают в международную справочную систему «Ulrich's Periodicals Directory». Информация о журнале, правила для авторов располагаются на сайте https://aridecosystems.ru/index.php/ru/; архив полнотекстовых статей по адресу http://elibrary.ru/title about.asp?id=8404&code=99990527

## СОДЕРЖАНИЕ

### Том 23, номер 2 (71), 2017 июнь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	
Региональные закономерности распространения почв дельтовых экосистем и возможности их применения на разных континентах	
З.Г. Залибеков, А.Б. Биарсланов, С.А. Мамаев, Д.Б. Асгерова, У.М. Галимова, М.С. Султанахмедов	3-11
Процессы гипсонакопления и изменения порозности почв в южной части Ирана (провинция Фарс)	
Саар Фазели, Али Абтахи, Роза М. Поч, Хаким Аббаслоу	12-23
Зависимость продуктивности пастбищных фитоценозов на различных типах почв Северо-Западного Прикаспия от экологических факторов и ФАР	
Г.Н. Гасанов, Т.А. Асварова, К.М. Гаджиев, З.Н. Ахмедова, А.С. Абдулаева, Р.Р. Баширов	24-28
Геоинформационная система оценки восприимчивости к загрязнению ландшафтов аридных территорий Терско-Кумской низменности	
И.М. Газалиев, И.А. Идрисов, А.М.Ахмедов	29-35
Структура популяций и сообществ мелких млекопитающих в степных экосистемах Северо-Западного Прикаспия и Восточной Монголии	
К.З. Омаров	36-41
ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ	
Об условиях сохранения экологического равновесия на газонефтяных месторождениях	
МП.Б. Айтеков	42-46
Влияние элементного состава почв на репродуктивные органы многолетних культур в зависимости от высотного градиента	
О.К. Власова, Г.Г. Магомедов	47-51
Экстремофильные микробные сообщества засоленных почв и их разнообразие в регионе Прикаспийской низменности	
Э.А. Халилова, С.Ц. Котенко, Э.А. Исламмагомедова, Р.З. Гасанов, А.А. Абакарова, Д.А. Аливердиева	52-56
Сравнительный анализ изменчивости морфометрических признаков и виталитета двух ценопопуляций эндемичного вида наголоватки предкавказской	
Н.А. Магомедова, А.И. Аджиева	57-61
О динамике подвижных форм йода в компонентах аридных экосистем Западного Прикаспия	
Н.Т. Гаджимусиева, А.А Сайдиева	62-67
Влияние микроэлементов почв и водоисточников на здоровье населения равнинной зоны Дагестана	
III.К. Салихов. М.А. Яхияев. С.А. Абусуев. М.М. Исаханова	68-71

#### **——** СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ =

УДК 631.48

# РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЧВ ДЕЛЬТОВЫХ ЭКОСИСТЕМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА РАЗНЫХ КОНТИНЕНТАХ $^{\mathrm{I}}$

© 2017 г. З.Г. Залибеков\*, А.Б. Биарсланов\*\*, С.А. Мамаев\*, Д.Б. Асгерова\*\*, У.М. Галимова\*\*\*, М.С. Султанахмедов\*\*\*\*

\*Институт геологии ДНЦ РАН
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, д. 75. E-mail: dangeo@mail.ru
\*\*Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45. E-mail: axa73@mail.ru
\*\*\*Дагестанский государственный университет
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М.Гаджиева, д. 43а. E-mail: bfdgu@mail.ru
\*\*\*\*Отдел математики и информатики ДНЦ РАН
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45. E-mail: sultanakhmedov@gmail.com

#### Поступила 14.04.2015

Разработаны новые подходы оценки влияния высотных отметок бессточных равнин дельтовых экосистем на разнообразие почв с применением математических подходов. Это позволило учесть влияние положительных элементов равнинного дельтового рельефа, расположенного ниже нулевых отметок и способствующего образованию локального дренажа. Модели составлены по градиентам отметок на примере Терско-Кумской низменности с применением метода наименьших квадратов. Предложенным методом выявлено разнообразие почв и их пространственные показатели, характерные дельтово-аллювиальным приморским равнинам распространенных на различных континентах мира.

*Ключевые слова*: моделирование, высотные отметки, опустынивание, ареалы, засоление, локальный дренаж, стационарное состояние, континент, дельтовая равнина микрорельеф.

Цель работы — разработать модели распространения ареалов почв по градиентам отметок микрорельефа дельтовых равнин, описать параметры, связанные с воспроизводством природного разнообразия почв в условиях аридизации и опустынивания.

Особенности почвообразования, динамика развития процессов засоленных, солонцеватых почв на разных этапах эволюции пустынных экосистем изучены подробно (Акимцев, 1959; Баламирзоев, 1977; Новикова и др., 2010). Значительный объем исследований проведен по пространственновременной изменчивости почв, характеристике состава, структуры почвенного покрова и закономерностей развития (Горелик, 1977; Крыщенко и др., 2008). Однако, изменения, происходящие в пространственных показателях и разнообразии почв в зависимости от различий высотных отметок микрорельефа приморских дельтовых равнин, их влияние на окружающую среду, остаются до настоящего времени недостаточно изученными. Кроме того, исследования почвенных процессов, возникающих в условиях изменяющегося режима увлажнения морских равнин, проводятся в ограниченных масштабах.

#### Объект и методы исследования

Исследования проведены в типичных условиях дельтовых равнин на примере Терско-Кумской низменности, где рельеф представлен равниной, расположенной ниже уровня океана. Выбор данного региона как объекта исследования связан с динамичностью, изменчивостью свойств почв, обусловленных влиянием уровенного режима Каспия и спецификой аридной деградации

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН 1.21. «Биологическое разнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».

компонентов окружающей среды.

Регион расположен в пределах высотных отметок от минус 27 метров до минус 10 метров между 44°50'-44°59' северной широты и 45°07'-45°16' восточной долготы. На севере граничит с Республикой Калмыкия, на юге — полосой, прилегающей к прорве Суллу-Чубутлы дельты Терека. Западная граница простирается до Прикумского вала, отделяясь от него слабоволнистым понижением. На востоке, начиная от правобережья реки Кумы до Кизлярского залива, граница проходит по береговой линии Каспийского моря, представляя равнину, где происходит смена выпуклых и вогнутых элементов микрорельефа на общем фоне минусовых абсолютных отметок. Колебание отметок и их волнообразное смещение с запада на восток образуют комплексы замкнутых ложбин и блюдцеобразных понижений, характерных дельтово-аллювиальным равнинам в планетарном масштабе.

Роль высотных отметок в формировании почвенного покрова проявляется в последовательной смене типов почв, закономерная смена которых является одной из главных особенностей распространения почв горных и равнинных территорий (Докучаев, 1951; Добровольский, 1966). Различия высотных отметок отдельных типов почв в одноименных экспозициях горного рельефа составляет 200-300 м, где изменения высот <1 м не оказывает существенного влияния на разнообразие почв. В то же время, аналогичные различия в высотных отметках микрорельефа дельтовых равнин вносят радикальные изменения в составе почв и занимаемых ими ареалах (Зонн и др., 1934; Крыщенко, 2008).

Для выявления закономерностей формирования разнообразия и дифференциации ареалов почв принято за основу положение, утверждающее ведущую роль высотных отметок в изменении занимаемых площадей и смены типов почв. Влияние грунтовых вод, гранулометрического состава проявляется в рамках изменений, обусловленных различиями в высотных отметках.

При моделировании площадей почв, исходные данные представляются в виде векторов:

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ \cdots \\ x_N \end{pmatrix}$$
 — высотные отметки,  $Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \cdots \\ y_N \end{pmatrix}$  — площадь почвенного контура по соответствующим высотным отметкам.

Предполагаемая непрерывная функция  $\mathbf{Y} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$  зависимости площади от высоты может быть приближенно найдена из матричного уравнения (Щенк, 1982):

$$A_n\omega = Y$$

rge - Y – непрерывная функция зависимости площади от высоты;

 $A_n$  – матрица *i*-тая, строка которая содержит степени высотной отметки х от 0 до n;

 $\omega$  – вектор неизвестных коэффициентов.

Искомый вектор  $\omega$  вычисляется с помощью метода наименьших квадратов (МНК) (Голованов и др., 2006; Справочник ..., 1986), где распределение площадей по высотным отметкам графически изображено аппроксимирующими полиномами по основным типам почв. Совокупная выборка данных, осуществленная в работе, подчиняется закону нормального распределения, для которого принята оптимальность МНК.

Влияние различий, связанных с пестротой высоты микрорельефа местности, привело к появлению признаков высокого уровня взаимодействия новых направлений и смене лугового процесса солончаковым, степного — полупустынным. Максимальные различия в свойствах почв и высокий уровень пестроты в аридных условиях отмечаются при переходе гидроморфного почвообразования к автоморфному (Зонн, 1980; Залибеков, 2010).

Основным параметром, характеризующим изменчивость природной среды, является коэффициент разнообразия (КР), отражающий зависимость генетических разновидностей почв от форм и элементов микрорельефа, отличающихся высотными отметками. проведен условно и используется для определения количества и площадей элементарных почвенных ареалов, единицу площади на 1000 га.

Одним из определяющих процессов является локальный дренаж, проявление которого отмечается на отдельных участках при изменении гранулометрического состава почвообразующих пород. Однако, различия относительных высот элементов микрорельефа обуславливают изменения

на высоком уровне в рамке, которого укладываются различия, обусловленные с содержанием различных фракций в почвенной массе. Влияние слоистости породы, сложенной легкосуглинистыми, супесчаными и песчаными отложениями, сводятся к выносу солей, иллюстрируя дифференциацию в зависимости от различий элементов микрорельефа, выполняющего роль фактора сохранения разнообразия.

Площади отдельных типов почв определены по полосам, расположенным между минусовыми отметками с градацией различий в пределах стандартного шага вертикального сечения 2 м. Выделенные полосы по топографической карте масштаба 1:50000 накладываются на электронную почвенную карту того же масштаба, где определены площади основных типов почв, с применением ГИС программы ArcGis 9.0.

#### Результаты и обсуждение

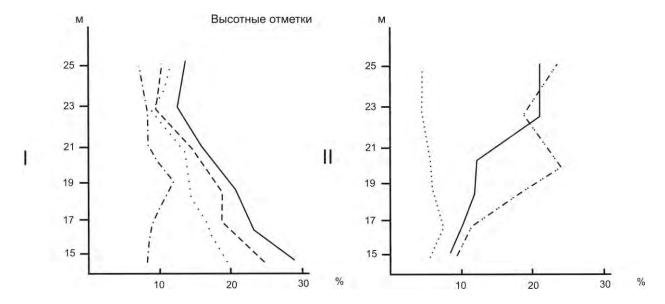
Дренирующее влияние положительных элементов микрорельефа морских равнин и их роль в формировании водно-солевого режима почв, состава и структуры выступают в качестве главных критериев дифференциации разнообразия почв дельтовых экосистем разных континентов в современных условиях. Общая значимость этих явлений не ограничивается изменением отдельных свойств почв и процессов (Залибеков, 2011). Для распознавания динамики и закономерностей развития почвенных процессов и вскрытия новых направлений составлены модели дифференциации ареалов почв региона. Выбранный спектр высотных отметок имеет преобладающее распространение, охватывая многообразие элементов микрорельефа дельтовых экосистем Прикаспийской, Приаральской, Приазовской низменностей. Разнообразие их изучено по пространственным показателям основных типов почв, распространенных в различных элементах микрорельефа (табл. 1).

**Таблица 1.** Спектр минусовых отметок, обусловливающих разнообразие основных типов почв Терско-Кумской низменности.

Высотные минусовые отметки, м	Почвы	Площадь,	Гранулометри- ческий состав	Тип рельефа	Коэффици ент разно- образия
>-15	Светло-каштановые солонцеватые	16.7	Средне- суглинистые	Слабонаклонная равнина	6.5
(-15) – (-17)	Светло-каштановые солончаковатые	19.5	Средне- суглинистые	Слабонаклонная равнина с микроповышениями	12.0
(-17) – (-19)	Лугово-каштановые карбонатные	12.4	Легко- суглинистые	Депрессионная равнина со слабозаметной волнистостью	12.7
(-19) – (-21)	Луговые сильнозасоленные	10.7	Тяжело- суглинистые	Равнина с микропонижениями	10.3
(-21) – (-23)	Солончаки луговые	19.0	Тяжело- суглинистые	Депрессионная равнина	9.8
(-23) – (-25)	Лугово-болотные солончаковые	20.1	Глинистые	Слабонаклонная с понижениями равнина	18.0
(-25) – (-27)	Лугово-болотные карбонатные (слаборазвитые)	23.5	Тяжело- суглинистые	Депрессионная равнина с замкнутыми понижениями	18.1
< -27	Заболоченные участки	48.4	Глинистые	Депрессионная слабоволнистая равнина	18.9

**Примечание к таблице 1.** Приводимые типы почв являются ведущими в пределах указанных отметок.

Уменьшение разнообразия по засолению и солонцеватости характерно светло-каштановой АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 2 (71) солонцеватой почве (Кр=6.5), связанное влиянием слабонаклонного элемента равнинного рельефа и однородного гранулометрического состава почвообразующей породы. Относительно учетной площади полигона, рассматриваемая почва занимает максимальную площадь (25.2%), территории иллюстрируя реакцию почвенных процессов к увеличению высотных отметок от минус 10 до минус 15 м. С понижением рельефа местности ареалы светло-каштановой солончаковой, лугово-каштановой слабосолонцеватой почв подвергаются уменьшению при одновременном возрастании коэффициента их разнообразия. Резкое увеличение разнообразия отмечается при переходе к почвам, расположенным в береговой полосе Каспия с формированием луговых слабозасоленных почв (Кр=18.0) и солончаков луговых (Кр=16.5). Но почвенное разнообразие и площади отдельных типов почв характеризуются закономерным увеличением в условиях бессточного рельефа при отметках минус 24-27 м. Показатели разнообразия почв, определяемое коэффициентом (Кр), коррелируется с изменчивостью условий, свидетельствуя о наличии в дельтовых экосистемах неизученного общерегионального континентального механизма формирования почвенного покрова (рис. 1)



**Рис. 1.** Кривые распределения площадей почв и непочвенные образования по высотным отметкам. *Условные обозначения*:

I	II	
Светло-каштановая карбонатная	Луговая карбонатная	
Светло-каштановая слабосолончаковатая	 Лугово-солончаковая	<b>—</b> · · · <b>–</b>
Лугово-каштановая слабосолончаковатая	 Техногенный покров	
Лугово-каштановая солончаковая		

При минимальных площадях луговых сильнозасоленных почв долевого содержания — 10.7% заметному уменьшению подвергаются коэффициент разнообразия KP=10.3. При дальнейшем понижении рельефа в северном направлении формируются лугово-болотные солончаковые глинистые почвы (Endosalic Gleysols Sodic), иллюстрируя закономерное изменение площадей и коэффициента разнообразия в разрезе внутритиповых подразделений. Коэффициент разнообразия у них заметно увеличивается (KP=18.0), характеризуя проявление разной степени засоления, заболачивания, олуговения, остепнения.

В полосе, расположенной между отметками минус 15 минус 17 м на относительно повышенном рельефе распространены светло-каштановые солонцеватые, светло-каштановые солончаковатые разности (Haplic Kastanozems Sodic), формирующиеся в условиях естественного дренажа и залегания на легкосуглинистых породах с глубины 150-200 см. Соотношение площадей у светло-каштановых солонцеватых солончаковатых почв (Haplic Kastanozems Sodic) к общей территории в полосе указанных отметок составляет 16.7-19.5% (табл. 2).

Различия в характере изменения площадей светло-каштановых солонцеватых и солончаковых разностей объясняется формированием на породах различного гранулометрического состава: солонцеватых — на средне- тяжелосуглинистых отложениях, солончаковых — на слоистых породах. Общим признаком площадей, занимаемых подтипом светло-каштановых почв является уменьшение ареалов ниже отметок 17-20 м. При переходе к лугово-каштановым почвам наблюдается обратная картина со стабилизацией их площадей с понижением высотных отметок. Характерным является так же волнообразное изменение размера контуров при понижении высотных отметок от минус 16 до минус 25 м. Экспериментально доказано, что закономерное чередование различий в размерах выделенных контуров лугово-каштановых почв зависит от наличия слоев легкого гранулометрического состава на различных глубинах (слоя 0-200 см).

				Почвы				
Высотные отметки, м	Светло- каштановые солонцеватые	Светло- каштановые солончаковатые	Лугово- каштановые карбонатные	Луговые сильно засоленные	Солончаки луговые	Лугово- болотные солончаковые	Лугово- болотные карбонатные слаборазвитые	Заболоченные участки
>-15	28.7	24.1	20.5	-	-	-	-	-
(-15) – (-17)	22.3	20.5	16.8	8.5	-	-	-	-
(-17) – (-19)	19.8	18.4	12.5	12.0	12.1	-	-	-
(-19) – (-21)	14.5	15.0	14.7	10.7	12.5	18.1	5.3	-
(-21) – (-23)	-	-	10.5	11.0	24.3	19.2	4.5	-
(-23) - (-25)	-	-	-	9.9	24.1	26.8	3.1	6.1
(-25) - (-27)	-	-	-	-	-	-	5.5	48.4
<-27	_		_	_	_	_	-	>90.0

Таблица 2. Изменение площадей отдельных типов почв в зависимости от высотных отметок, %.

**Примечание к таблице 2.** Непочвенные образования включают выходы мелкоземистых отложений и техногенный покров.

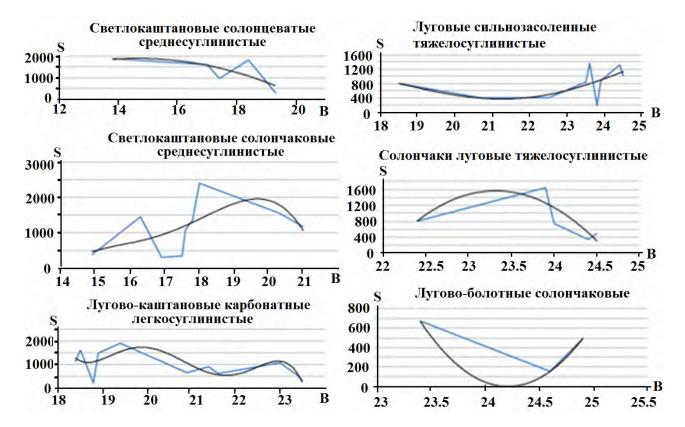
Относительно луговых сильнозасоленных почв можно отметить скачкообразный характер и неравномерное изменение площадей в зависимости от высотных отметок. Общая тенденция изменения площадей сохраняется для всех градаций высот, подчеркивая их влияние и значимость в формировании разнообразия почв дельтовых экосистем (Добровольский, 1996; Залибеков, 2011). Изменения площадей луговых почв по приведенным моделям имеет вид вогнутой линии с сохранением площадей в диапазоне высот минус 18-26 м (рис. 2). Модель солончаков луговых характеризуется выпуклой кривой с максимальной площадью, приуроченной к депрессионным элементам рельефа с отметками минус 23-27 м. Условия формирования отличаются застойным режимом грунтовых вод и средне- тяжелосуглинистым гранулометрическим составом.

У лугово-болотных почв модель изменения площадей представляет вогнутую линию, отражающую максимальные площади в пределах отметок минус 23.0-23.5 м. Специфической особенностью у них является расширение площадей при небольшом изменении отметок — до минус 24.5-25.5 м.

Важной характеристикой влияния высоты местности в диапазоне отметок микрорельефа, как фактора, определяющего закономерностей развития почв являются непочвенные образования — осущенные участки озер, выходы мелкоземлистых отложений и техногенный покров - дороги, строительные объекты, линии электропередач и др. С приближением к морскому берегу и уменьшением абсолютной высоты местности сокращаются площади непочвенных образований, свидетельствуя об экологической роли дополнительного поверхностного и грунтового, увлажнения, обусловленного уровенным режимом морских акваторий.

При анализе моделей выявляются неизученные параметры в виде трендовых кривых, определяющих закономерные изменения разнообразии почв представляющие значительный интерес в определении водно-солевых процессов параметры, которых необходимы при обосновании рационального землепользования. Увеличение высоты местности на каждые 2-м привело к 2-кратному расширению площадей лугово-каштановых почв по сравнению с показателями луговых сильнозасоленных почв участков, расположенных ниже отметок минус 17-19 м.

Представленными кривыми, выделяются градации высот, определяющие смену типов почв, как развивающихся биологических объектов: количество генетических единиц на определенной территории, пропорциональная зависимость площадей сообществ растений от степени и характера засоления почв; степень чувствительности, и пределы отклонений от стационарного состояния почв. В условиях засоления формируется новый показатель лимитирования разнообразия и миграционная динамика водно-растворимых соединений (Засоленные почвы России, 2006), где регуляторную роль наряду с высотными отметками выполняют аридный климатический режим.



**Рис. 2.** Модели изменения площадей типов почв в зависимости от высотных отметок, га/м. *Условные обозначения*: —— – тренд; В – высотная отметка минусовая; S – площадь полигона, га.

Кривые моделей, характеризующие изменения площадей отдельных типов почв показывают роль высотных отметок и динамический характер миграционной динамики солей. Увеличение пестроты и развитие пространственной неоднородности согласуются с формами рельефа, где формирующиеся различия в почвах укладываются в рамке подтиповых различий. В береговой полосе по мере приближения к акватории под влиянием минерализованных грунтовых вод наблюдается стадийное развитие почвенных процессов: солончаковое-солончаковатое-солонцеватое.

Анализ состава почвенного покрова в пределах отметок минус 15.0-27.0 м отражает разнообразие почв, обусловленное концентрацией и распределением легкорастворимых солей в почвенных горизонтах. Трендовыми кривыми изменения площадей контуров почв по разным высотам показано, что миграция хлоридов и сульфатов в вертикальном профиле выступает как фактор развития галогенного направления разнообразия почв дельтовых экосистем. Пик увеличения солей в солончаках луговых образуется за счет накопления хлоридов натрия и калия, что свидетельствует об

изменении химизма под влиянием грунтовых вод, почвообразующей породы и условий микрорельефа.

При сопоставлении морфологических признаков и химизма засоления выявляются параметры коррелирующие с разнообразием почв и дренирующим действием различий в условиях микрорельефа. Различия, создаваемые между величинами поступаемой и испаряемой влаги определяются степенью соответствия модельных данных по следующим критериям: изменением местоположения пиков накопления солей в результате испарения влаги и проявления ответной реакции почв на миграционные процессы.

Несовпадение пиковых значений по площадям определенных типов почв и трендов разнообразия объясняется наличием конкурентных отношений существующих между нисходящими и восходящими токами влаги, формирующимися в условиях современного климатического потепления. Конкуренция слагается между процессами подтяжки легкорастворимых солей в депрессиях и выщелачиванием их на повышенных элементах рельефа с тенденцией усиления нисходящих токов влаги. Периодические изменения водно — солевого режима приводят к смене сообществ: луговых — лугово — степными, полупустынных — пустынными.

Взаимосвязь профильной и пространственной динамики легкорастворимых солей с периодической сменой направлений миграционных процессов подчеркивает о необходимости выявления короткопериодной единицы почвенного разнообразия, зависящая от степени формирования хлоридного, сульфатно-хлоридного, содового типов засоления. С этих позиций современную миграционную динамику солей следует рассматривать в качестве процесса, способствующего образованию короткопериодной единицы почвенного разнообразия дельтовых экосистем. Изменение видового состава растений и его зависимость от почвенных свойств связано с вариабельностью условий современного соленакопления. Отклонение процессов засоления-рассоления от параметров, установленных для высотных отметок, наблюдается при формировании почв на породах различного гранулометрического состава. В этой связи, эффективность оценки факторов разнообразия обеспечивается введением коэффициента чувствительности (К4) почв к местному дренажу, глубине залегания грунтовых вод и гранулометрическому составу засоленных почв в разной степени.

Географические понятия – элементы микрорельефа, высотные отметки, горизонтали являются постоянными измерительными категориями, изменение которых оказывает влияние на природную среду отдельных регионов, стран и континентов. Экстраполяция данных характеризующее влияние высотных отметок формирования почв дельтовых равнин в качестве моделей приведена в схеме морфологии микрорельефа на примере регионов Прикаспийской низменности. Приведенные модели рекомендуются использовать при определении состава почвенного покрова дельтово-аллювиальных равнин, формирующихся в аналогичных условиях Приаральской, Причерноморскаой и других регионов. Применение пространственных параметров почв по высотным отметкам означает перенос влияния различий характерных морским равнинам одного континента к другому, используя поправочные коэффициенты атмосферного увлажнения, глубины залегания грунтовых вод и гранулометрического состава почвообразующих пород. Взаимосвязь высотных микрорельефа дельт с составом почвенного покрова выступает в качестве общей закономерности, имеющей широкое распространение в разных континентах мира. Динамическая гетерогенность среды дифференцирует функции почв по поддержанию и воспроизводству ресурсов растительных сообществ. Экспериментально доказано, отдельные виды растений кермек Мейера Limonium meyeri T., костер береговой Bromus riparius U., бескильница гигантская Puccinelia gigantea A., сохраняя разнообразия при увеличении легкорастворимых солей развивают листовую поверхность, способствуя использованию ресурсов питательных элементов (Яруллина, 1983). Учет этого фактора имеет важное значение при оценке разнообразия почв и их ресурсов. При оценке разнообразия, положительное значение имеет так же установленная закономерность динамики ярусной структуры галофитной растительности формирующейся под влиянием легкорастворимых солей, накапливаемых в корнеобитаемом слое. Изменение качественного состава солей при высокой степени засоления (1.5-2.0% остатка) приводит к образованию на поверхности солончаков, сильнозасоленных почв горизонтального разнообразия – чередованию пятен с белым налетом легкорастворимых солей с фрагментами контуров почв с галофитной растительностью.

#### Заключение

Впервые разработаны закономерности дифференциации ареалов почв с определением действующих факторов, получивших распространение в дельтовых экосистемах различных континентов. Обоснована роль высотного положения элементов микрорельефа и параметров их изменчивости и взаимодействия. Установлены закономерности влияния высоты местности бессточных морских равнин, расположенных ниже уровня нулевых отметок.

Для выявления закономерностей формирования разнообразия почв и новых явлений использованы модели, составленные с применением наименьших квадратов выравнивания трендовых изменений. Моделированием определена динамика теистического разнообразия почв и признаков конкурентной стратегии развития новых направлений почвообразования, характеризующего степень изменчивости почв на единицу площади. Осуществлена оценка значимости различий высотных условий микрорельефа ниже нулевых отметок, являющихся ведущими при формировании генетического разнообразия. Выявлено увеличение коэффициента разнообразия с уплотнением контуров на единицу площади по засолению, солонцеватости. Увеличение дренирующей роли территории, расположенной в диапазоне минусовых отметок 15-19 м и выше привело к образованию светло-каштановых, лугово-каштановых почв с рассолением профиля и проявлением признаков солонцеватости. В переходной полосе с понижением рельефа местности до минус 23-25 м ослабляется местный дренаж и развиваются застойные явления в состоянии грунтовых и поверхностных вод.

Выявлены параметры в виде трендовых кривых определяющих закономерные изменения разнообразии почв: увеличение количества и площадей, новых для данной местности разновидностей почв и их развитие в зависимости от миграционной динамики легкорастворимых солей. Критерием дифференциации ареалов выступает здесь солончаковый процесс, где коэффициентом вариации по степени засоления определяется пространственное распределение почв. Пик увеличения солей при гидроморфном режиме формируется за счет накопления хлоридов характерных формированию почв в условиях минусовых отметок 25-26 м. Несовпадение пиковых значений по площадям отдельных типов почв в моделях и полученных данных в полевых условиях объясняется консервативностью конкурентных отношений существующих между нисходящими и восходящими токами влаги. Для отклонений в Прикаспийской низменности разработан учета пиковых чувствительности почв к миграционным процессам, позволяющим определить гидроморфных условий, характерных почвам дельтовых экосистем. Различия в распределении кривых изменения площадей почв и модели их разнообразия раскрывают новые закономерности отражающие смену почв разного таксономического уровня - при изменении высотных отметок элементов микрорельефа бессточных дельтово-аллювиальных равнин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акимцев В.В. 1959. Почвы Прикаспийской низменности Кавказа. Ростов-па Дону. Изд. Ростовского госуниверситета. 380 с.

*Баламирзоев М.А.* 1977. Качественная оценка почв Прикаспийской низменности Дагестана // Экологические проблемы Прикаспийской низменности. Махачкала. Вып. II. С. 35-49.

Голованов Л.И., Сотнева П.И. 2006. Использование математического моделирования водно-солевых процессов для обоснования рационального землепользования в Северном Прикаспии // Материалы V ссъезда Всероссийского общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Ростов-на-Дону. С. 299.

Горелик А.Л., Скрипник В.А. 1977. Методы распознавания. М. Высшая школа. 224 с.

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

Докучаев В.В. 1951. К учению о зонах природы. Горизонтальные и вертикальные зоны почв. Соч. Т. VI М: Изд. АН СССР. С. 171-194.

*Залибеков З.Г.* 2011. Аридные земли мира и их динамика в условиях современного климатического потепления // Аридные экосистемы. Т. 17 № 1. С. 1-14.

*Залибеков 3.Г.* 2010. О закономерностях высотной организации почв горных территорий // Известия ВУЗов. Северокавказский регион. Естественные науки. № 3. С. 71-74.

Засоленные почвы России. 2006. / Ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панковай. М.: ИКЦ. Академкнига. 856 с.

Зонн С.В., Банасевич Н.Н., Казьмина Т.Н., Маккавеев Н.И. 1934. Процессы засоления и расслоения почв в связи с грунтовыми водами, их засолением и влиянием Каспийского моря. М: ВАСХНИЛ. 127 с.

*Зонн С.В.* 1980. Процессы опустынивания на различных континентах // Современные проблемы генезиса и географии почв. М: Наука. 272 с.

*КрыщенкоВ.С., Самохин А.П.* 2008. Матричная закономерность в топографии почв. Ростов-на-Дону. 350 с. *Новикова А.Ф., Кошошкова М.В., Новикова Н.М., Климанов А.В., Вышивкин А.А.* 2010. Засоление почв и растительность солонцовых комплексов Северной Калмыкии // Аридные экосистемы. Т. 16. № 1. С. 51-65. *Яруллина Н.А.* 1983. Первичная биологическая продуктивность почв дельты Терека. М.: Наука. 96 с.

#### = СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ =

#### ПРОЦЕССЫ ГИПСОНАКОПЛЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ ПОРОЗНОСТИ ПОЧВ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ИРАНА (ПРОВИНЦИЯ ФАРС)

© 2017 г. С. Фазели\*, А. Абтахи\*, Р.М. Поч\*\*, Х. Аббаслоу\*\*\*

\*Ширазский университет Иран, 71946-84471, г. Шираз, Эрам скв. Email:sahar.faz@gmail.com, abtahi@shirazu.ac.ir \*\*Университет Ллейда

Испания, 25003, Ллейда, пл. В. Сирана, д. 1. Email: rosa.poch@mac.udl.cat
\*\*\*Сиржанский Технологический Университет
Иран, 78137, г. Сиржан. Email:abbaslou@sirjantech.ac.ir

Поступила 14.09.2016

Рост населения ведет к интенсивному и широкому использованию земель, включая гипсоносные и гипсовые почвы, что в результате приводит к повышенному спросу информации об этих распространённых почвах. С целью оценки скорости процессов почвообразования, в частности накопления гипса, и их влияния на пористость почвы были изучены почвы провинции Фарс, расположенной на юге Ирана. Содержание гипса в почвах варьирует в пределах 0.02-42.1% и возрастает с глубиной. В полевых условиях скопления гипса описываются в виде порошкообразных узелков и червеобразных кристаллов. Наблюдаются различные виды микроморфологических образований, связанных с гипсом, которые содержат в самом составе (структуре) и покрыты кристаллами гипса, типичными узелками. После линзообразного гипса были обнаружены узелки псевдоморфного микрита, где кальцит заменил исходный гипс, что является показателем смены в прошлом более засушливого климата на более влажный. Распространённость, морфология И размер кристаллов гипса зависят почвообразующих процессов. Согласно микроморфологической классификации, гипсоносные почвы подразделяются на две группы: Eogypsic и Gypsic. По анализу снимков изучены и количественно определены изменения пористости почвы, связанные с накоплением гипса. Понимание процессов движения и задержки воды и воздуха в почве; а так же результаты этих процессов имеют практическое значение для землепользования и управления гипсоносными почвами.

*Ключевые слова:* микроморфология, гипс, анализ изображений, пористость почвы, аридные почвы.

Гипс является наиболее распространенным сульфатным минералом в почвах засушливых и полузасушливых районов. Гипсоносные почвы по оценкам составляют более 200 млн. га по всему миру, включая 27 и 28 млн. га в Иране (Mahmoodi, 1994). Поскольку почва имеет динамическую среду, определение процессов, формирующих почвы, имеет особое значение в изучении развития земель, а также условий окружающей среды в прошлом. В целом, гипсоносные почвы отличаются значительным содержанием гипса (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O). Почвы, содержащие гипс, распространены в районах с режимом увлажнения: ustic, xeric и aridic. В Иране такие почвы обычно обнаруживаются на склонах с крутизною менее 8% и занимают около 17.5 % от общей площади страны.

Различные факторы, такие как низкий уровень плодородия почв, низкая способность влагоудержания, небольшая мощность почвенного слоя из-за вертикальных корок, вероятность засоления и содержание в почвах более 60% затвердевшего гипса, считаются факторами, ограничивающими пригодность гипсоносных почв для дальнейшего использования. Более того, гипсоносные почвы обычно имеют непрочный агрегатный состав из-за недостаточности влаги как связующего компонента и, в основном, имеют нестабильную структуру, поэтому высока опасность эрозии и разрушения таких гидротехнических структур, как ирригационные каналы или других видов сооружений.

Микроморфология почв широко используется для определения генетических процессов (Khalaf et al., 2014), структуры (Artieda, 2013; Bergada et al., 2015) и свойств почв (Chamizo et al., 2015), а также их поведения (Aldaood et al., 2014).

Закладываются тонкие срезы, в них можно исследовать процессы движения, выщелачивания, или накопления почвообразующих компонентов. Благодаря высокой растворимости гипса по сравнению с карбонатом кальция, накопление этого минерала зависит от гидрогеохимических особенностей. Поэтому, формы накопления гипса могут быть использованы в качестве индикаторов его условий формирования в окружающей среде (Poch et al., 2010). Микроморфология почвы позволяет изучать и отслеживать остаточные изменения в этих гипсовых скоплениях. Целью данного исследования является анализ процесса гипсонакопления и изменения порозности почв в провинции Фарс, Иран, где были обнаружены гипсоносные почвы. Данное исследование впервые проводилось в указанной области с использованием микроморфологических и микроморфометричских подходов для описания и количественной оценки процесса с помощью метода анализа изображений.

#### Материалы и методы

Описание исследуемого района. Район исследования, площадью около 1000 га, расположен в юго-восточной части провинции Фарс, примерно в 300 км от города Шираз, в координатах 53° 56′ 24″-54° 1′ 12′′ в. д. и 28° 12′ 30″-28° 18′ 42″ с. ш. (рис. 1). Максимальные и минимальные высоты над уровнем моря составляют 937 и 827 м соответственно, средняя высота – 850 м.

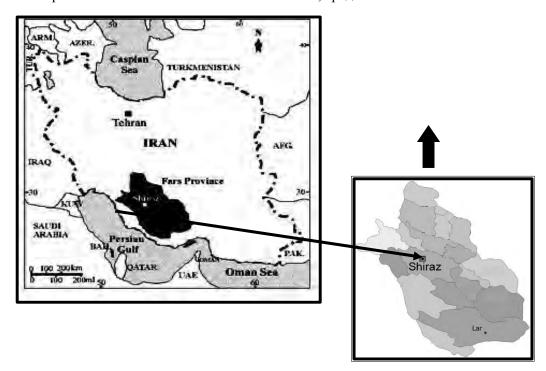


Рис. 1. Расположение исследуемой территории в Иране, провинция Фарс.

Территория характеризуется долгим сухим и жарким летом, знойными ветрами и относительно короткой влажной и умеренной зимой. Годовое количество осадков составляет 262.5 мм, а средняя годовая температура 19.9°С. Около 90% годового количества осадков приходится на период с декабря по март, являясь причиной сильных ливневых дождей и больших объёмов ливневых стоков, которые не могут проникнуть в почву. Для почв исследуемой области свойственны аридный режим увлажнения и гипертермический температурный режим.

Земли расположены вдоль горной цепи, образующей так называемую Загросскую складчатость. Почвообразующие породы сформированы из различных образований, таких как Кхами, Бангестан, Кахдоми, Табур, Джахрум, Асмари, Гурпи, Ками, Бахтиари, Разак и Мишан, которые относятся к палеозойскому и мезозойскому периодам (Aghanabati, 2004).

Отвор образцов и анализ. Физико-географические единицы исследуемой территории были определены и обоснованы на основании аэрофотоснимков масштаба 1:50000. Было отобрано 11 репрезентативных профилей со сходными свойствами, такими как: угол наклона (крутизны), рельеф,

состояние дренажа, каменистость, тип использования, сообщество эндемичных растений, материнские породы и формы эрозии (рис. 2). Также были рассмотрены такие характеристики профилей как текстура, структура, цвет и мощность (табл. 1).

Таблица 1. Морфологические свойства исследуемых почв\*.

Профиль	Горизонт	Структура	Влажный цвет	Глубина (см)	Граница
1	Ap	$c_1abk$	10YR3/4	0-25	cl
	Bw1	m1abk	10YR4/4	25-60	cl
	Bw2	$f_{1-2}abk$	10YR4/4	60-90	cl
	Bw3	mass /c <sub>1</sub> abk	10YR5/4	90-130	
2	Ap	m	10YR3/5	0-20	cl
	Bk1	m	10YR4/4	20-70	cl
	C1	M	10YR4/5	70-100	
3	A	M	10YR4/4	0-25	cl
	C	M	10YR4/5	25-100	
4	Apy	clody> c₁abk	10YR3/4	0-25	cl
	By1	$c_1abk > m_2abk$	10YR4/4	25-60	cl
	Bw1	$c_1abk > m_2abk$	10YR4/4	60-95	gr
	Bw2	$m > c_1 abk$	10YR2/5	95-130	
5	Apg	clody> c₁abk	10YR2/5	0-30	cl
	Bg1	$c_labk > c_lpr$	10YR2/5	30-70	gr
	Bg2	$c_labk > c_lpr$	10YR2/5	70-130	
6	Ap	$c_1abk > m_1abk$	10YR3/4	0-30	cl
	Bk1	$m_2abk > f_2abk$	10YR3/4	30-90	cl
	Bk2	$c_1abk > m_2abk$	10YR3/4	90-130	
7	Ap	Pl	10YR3/5	0-10	cl
	Bw1	$m > m_1 abk$	10YR4/4	10-30	cl
	Bw2	$m_1abk > f_1abk$	10YR4/4	30-85	cl
	Bw3	$m>c_1abk$	10YR4/5	85-130	
8	Ay	m	2.5YR2/5	0-25	gr
	By1	m	2.5YR2/5	25-65	cl
	By2	m	2.5YR2/5	65-95	By2
	By3	m	2.5YR2/5	95-130	By3
9	Ay	m	10YR4/5	0-30	Ay
	By1	m	10YR4/5	30-70	By1
	By2	m	10YR4/5	70-90	By2
	By3	m	10YR4/5	90-130	By3
10	Ap	$c_1abk > m_1abk$	10YR3/3	0-25	Ap
	Bw1	$c_1abk > m_1abk$	10YR3/4	25-45	Bw1
	Bw2	m₂abk	10YR4/4	45-75	Bk1
	Bw3	$m_1abk > f_1abk$	10YR2/5	75-125	Bk2
11	Ap	$pl > c_1 abk$	10YR2/5	0-20	Ayz
	Bk1	$c_1abk > m_2abk-pr$	10YR3/4	20-45	Byz1
	C1	$c_1 pr > c_2 abk$	10YR3/4	45-85	Byz2
	A	$c_1abk > m_1abk$	10YR4/4	85-125	Byz3

**Примечание к таблице 1 и 2:** \* – используемые символы в соответствии с сокращением, приведенными в Soil Survey Staff (1993, 2014).

Измельченные, высушенные на воздухе почвенные образцы были просеяны (2 мм) и подготовлены для анализа размера частиц с использованием метода гидрометра, описанного в

работах G.W. Gee и J.W. Bauder (1986.) Содержание органического углерода измеряли методом влажного окисления хромовой кислотой и методом обратного титрования сульфатом-аммония железа. Карбонат кальция эквивалент (ККЭ) анализировали с помощью кислотной нейтрализации. Водородный показатель (рН) измеряли при помощи стеклянных электродов, в насыщенной смеси воды и почвы (Thomas, 1996). Электропроводность была измерена в насыщенном экстракте (Rhoades, 1996). Ёмкость катионного обмена определена с использованием ацетата натрия при рН 8.2 (Sumner, Miller, 1996). Количественное определение гипса проводилось по переработанной методике с использованием ацетона (Loppert, Suarez, 1996) и с поправкой на гидратную воду. Содержание кальция и магния измерялось методом EDTA-титрования.

Для микроморфологического исследования были отобраны образцы ненарушенных почвенных глыб. Затем они были пропитаны полиэфирной смолой в вакууме. После полимеризации и отверждения смолы, из них были сделаны тонкие вертикальные срезы, длиной 13 см, шириной 5.5 см и толщиной 20-30 мкм (Murphy, 1986). В результате, было получено 20 тонких срезов, изученных и сфотографированных поляризационным микроскопом G. Stoops (2003).

Для анализа изображений методом случайной выборки были отобраны 10 точек (5 мм х 5 мм) из каждой секции и 3 изображения – из каждой области, при параллельных поляризаторах (PPL), кроссполяризаторах (XPL) и частично скрещенных поляризаторах (PXPL) с общим числом изображений из каждой секции – 30 штук. Затем они были обработаны с использованием программного обеспечения software Image J 1.3 X. Изображения из частично скрещенных поляризаторов являлись порогами: первый порог был использован для получения изображения пористости из изображения PXPL. Изображения PPL были использованы для контроля и выделения пористости от артефактов. Второй порог с высветленным серым фоном был представлен для получения изображений безгипсового содержания из изображения PXPL (рис. 2). Исключение составили объекты, размером более 20 мкм, которые были сохранены для удаления шума. Для каждого бинарного изображения был рассчитан процент площади, который соответствует объемной доле воздуха в почве.

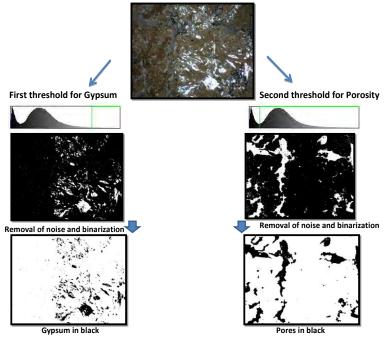


Рис. 2. Процесс анализа снимков.

#### Результаты и обсуждение

Морфологические и физико-химические свойства. Почвообразующими являются известковые и гипсоносные породы, которые образовались в результате выветривания конгломератов, песчаников, раковин и рифовых известняков, мергелей и гипса из отложений олигоцена и миоцена. Доломитовые известняки палеоцена-эоцена, сланцы и глауконитовые и доломитовые материнские породы были

перемещены на равнину в качестве аллювиальных синклинальных отложений.

Северо-западная часть территории часто покрыта аллювиальными потоками с легкими почвами и гранулированными структурами с грунтовыми водами. В отличие от них земли северо-восточной части характеризуются распространением аллювиальных равнин у подножия гор и минерализованными водами. Почвы характеризуются тяжелой текстурой, что свидетельствует о более длительной эволюции профиля чем в северо-западной части ведущими к образованию рыхлых, известковых, гипсовых горизонтов. Почвы в курганах и аллювиальных возвышениях постоянно подвергаются эрозии из-за высокой крутизны склона и ливневых потоков. Они характеризуются уровнем инфильтрации от среднего до быстрого и текстурой от очень лёгкой до легкой, а также отсутствием эволюции профиля и дифференциации горизонтов.

Таблица 2. Физико-химические характеристики исследуемых почв.

Профиль	Горизонт	ЦИК (Смоль/кг)	Текстура	СаСо <sub>3</sub> эквивалент (%)	Гипс (%)	OM (%)	ЕС (dS/m при 25°C)	Мд (ммоль/л)	Са (ммоль/л)	рН
1	Ap	12.22	scl	34.00	0.02	1.37	4.90	12.8	15.6	7.65
	Bw1	14.19	sicl	25.25	0.70	1.37	4.80	14.4	16.0	7.6
	Bw2	14.19	sc	65.25	0.09	1.04	4.90	11.0	11.6	7.66
	Bw3	11.41	cl	71.50	0.01	0.40	8.40	24.4	11.6	7.88
2	Ap	13.83	1	47.00	0.20	1.04	0.08	1.5	6.5	7.36
	Bk1	20.10	1	38.25	0.96	0.08	0.09	4.0	6.0	7.47
	C1	21.20	cl	52.00	0.10	0.00	2.30	6.0	8.0	7.64
3	A	11.17	1	53.25	0.02	0.40	2.00	6.0	14.0	7.62
	С	7.22	sl	63.88	0.09	0.08	1.60	1.0	8.0	7.58
4	Apy	14.19	sic	27.00	5.60	1.05	1.70	9.0	12.0	7.88
	By1	14.18	cl	16.70	18.4	0.08	1.60	12.4	15.6	7.82
	Bw1	16.18	1	44.25	0.30	0.00	1.30	6.0	8.0	7.73
	Bw2	19.40	1	50.00	0.70	0.40	1.30	8.0	8.0	7.82
5	Apg	27.35	sic	47.00	0.50	2.66	22.50	26.0	50.0	7.49
	Bg1	24.75	С	45.70	0.24	1.37	19.50	28.0	32.0	7.46
	Bg2	22.67	sil	44.50	0.29	0.72	11.50	22.0	30.0	7.80
6	Ap	22.22	sic	53.20	0.33	2.02	4.90	46.0	42.0	7.76
	Bk1	18.40	sic	44.50	0.29	1.37	7.50	28.0	26.0	7.61
	Bk2	18.00	sic	57.00	0.17	0.40	6.90	18.0	26.0	7.67
7	Ap	11.80	sil	67.75	0.90	2.02	14.00	35.6	24.6	7.22
	Bw1	14.18	sic	66.50	0.33	1.04	16.00	33.8	38.2	7.50
	Bw2	13.65	sic	71.50	0.80	0.40	16.00	136.0	172.0	7.34
	Bw3	13.41	sicl	72.60	0.30	0.40	18.00	210.0	216.0	7.72

Почвы предгорных и аллювиальных равнин характеризуются накоплением кальцита и гипса в горизонтах с умеренным развитием почвенных профилей. Ирригация осуществляется минерализованными водами. Им свойственна инфильтрация от слабой до умеренной, текстура — от тяжелой до очень тяжелой и часто относительно плотные конгломераты. В поймах, почвам свойственна инфильтрация от средней до слабой, и текстура от средней до очень тяжелой. В некоторых местах наблюдаются высокое накопление гипса и отсутствие хорошо-развитой структуры (Soil Survey Staff, 1993).

Согласно полевым наблюдениям и результатам физико-химических анализов (табл. 2),

выбранные почвы классифицируются как Gypsic Haplosalids, Gypsic Haplustepts, Typic Fluvaquents, Aridic Ustorthents, Typic Haplaquepts, Aridic Haplustepts и Aridic Calciustepts (Soil Survey Staff, 2014).

Значения рН находятся в диапазоне от 7.4 до 8.3. Достаточно стабильные показатели рН обусловлены известковым составом почвообразующих пород, низким уровнем выветривания и слабым развитием этих почв (Mahjoory, 1979).

В полевых условиях почвы характеризуются накоплением нескольких типов гипса и кальцита в виде порошкообразных узелков и червеобразных скоплений гипса, а также мягкой мучнистой извести. В гипсоносных профилях накопление гипса возрастает с глубиной благодаря вымыванию из верхних горизонтов и накоплению в By1 горизонтах. Впоследствии начинается второй цикл гипсового выщелачивания из By1 (рис. 3), но из-за недостатки влаги в регионе этот процесс протекает очень медленно, так что содержание гипса с глубиной уменьшается до 60 см.

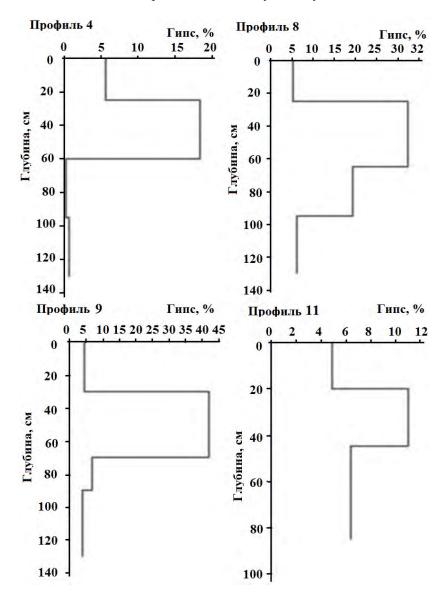


Рис. 3. Изменение содержания гипса по гипсоносным профилям.

Согласно данным (табл. 2) наблюдается обратная тенденция между содержанием гипса и кальция во всех гипсоносных горизонтах профилях, причиной чего может являться различные показатели водопроницаемости кальция и гипса.

Микроморфология. Микроструктура исследованных тонких срезов является угловатым и

полуугловатым конгломератом с различной степенью разделения, зависящей от скорости эволюции почв. Пределы c/f находятся между 15-35 микрометрами. Соотношение c/f варьирует от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{1}{10}$  и даже в некоторых тонких срезах наблюдалось соотношение  $\frac{2}{1}$ .

Грубые материалы включают в себя кристаллы гипса, кварца, полевого шпата и фрагменты известняка. Поры в этих почвах в основном состоят из плоскостей, каналов, камер и везикул. Также наблюдается содержание микрита в микромассах. Цвет этих почв варьирует от желтовато-коричневого до коричневого. Органические материалы в основном включают остатки корней или разложившихся клеточных остатков, которые случайным образом оказались в основной массе (табл. 3).

В этих условиях находятся различные формы гипсовых и кальцитовых свойств почв. Основные свойства в профилях связаны с гипсом и включают в себя плотные и рыхлые структуры пор, гипсоидиотопические и гидротопические узелки линзовидных кристаллов, покрыты, гипоматериалом, ксенотопические гипсовые узелки, а также двойные с кристаллами гипса как прослойками в основной массе (рис. 4). Количество гипса в почве возрастает в средней части профиля с глубиной.

Таблица 3. Микроморфологические свойства изучаемых почв.

Проницаемость и микроструктура, рельеф под почвами	С/F параметры (предел, отношение, связанные с распределением)	Педосвойства			
		1 (0-25 см) Ар			
40% каналы и камеры, везикулы и равнины, педалированные, к югу блочные, слабо развитые	30 мкм, 1/4, открытые порфировые	Типичные узелки кальцита, незакрепленные разрывные и непрерывные внутренние частицы, заполнены кристаллами кальцита; радиальный узелок гиподиотопический и ксенотопический кристаллов гипса; биогенный кальцит			
	25-60	0 см Вw1			
40% каналы и камеры, везикулы и равнины, педалированные, к югу блочные, слабо развитые	30 мкм, 1/5, открытые порфировые	Типичные узелки кальцита и пропитана, некоторые из них очень большие			
	Профиль 2	(20-70 см) Bk1			
2004	24 1/2	Карбонат кальция узелки с порами внутри и очень больших (2-4 мм);			
30% впадина и везикулы, каналы и пустоты, равнина слабо развита	34 мкм, 1/2, с двойным интервалом порфировых	сложные свойства почв; фрагменты известняка измененной биологической активности и некоторой декарбонизации; высоко тревожные поперечные блоки по биологической активности			
	Профиль 4	(0-25 см) Ару			
30% депрессия, везикулы, каналы и камеры и самолеты apedal, vughy	30 мкм, 1/1, через один интервал с двойным интервалом порфировых и открытой разнесены в гипсовых свободных массах	Свободные непрерывные и прерывистые infillings с idiotopic линзовидной и hypidiotopic гипса; очень грубый размер песка с типичными узелками гиподиотопическими и ксенотопическими кристаллами гипса; плотные полные infillings с линзообразным гипсом; некоторые гипсовые infillings с частичным расположением idiotopic кристаллов гипса			

Продолжение таблицы 3. Микроморфологические свойства изучаемых почв.

25 00	0 см Ву1
15 мкм, 2/1, через	Поперечные, незакрепленные разрывные
один интервал с	вкрапления с кристаллами кальцита (мелкий песок);
двойным интервалом	типичные и концентрические кальцитные узелки
порфировых	(биогенные);
	плотные полные и неполные вкрапления с
	кристаллами кальцита (очень мелкий размер песка)
Профиль 5 (	70-130 см) Вg1
40 мкм, 1/6,	Узелки гипидиотопические и ксенотопические
эткрытая	кристаллы гипса;
порфировых	некоторые свободные непрерывные вкрапления с
	гипсом
Профиль 7 (	(10-30 см) Bw1
30 мкм, 1/3,	Узелки кальцита;
открытая	фаунистические экскременты (красновато-
порфировых	коричневый)
30-85	cm Bw2
30 мкм, 1/5,	Глинистые прослои;
открытая	фрагменты ориентированных глин как прослойками
порфировых	(от среднего до мелкого размера) песка;
	почвенные агрегаты свойства слоистые грубее и
	тонкие материалов
* *	(25-65cm) By1
15 мкм, 1/1, через	Узелки идиотопические и гипидиотопические
один интервал с	кристаллов гипса;
двойным интервалом	плотные полные и неполные вкрапления с гипсом,
порфировые	сыпучие непрерывные и разрывные вкрапления с
	гипсом;
	линзообразная и гипидиометрическая форма
	кристаллов гипса в основной массе
	cm By2
20 мкм, 1/2, двойные	Сыпучие непрерывные и разрывные с
в одинаковом	линзовидными кристаллами гипса;
расстоянии друг от	плотные полные infillings из ксенотопических
друга порфировые	кристаллов гипса (1 мм)
одп — <u>3</u> оп — <u>1</u> одп — <u>2</u> в о	5 мкм, 2/1, через один интервал с двойным интервалом дорфировых Профиль 5 (олим, 1/6, открытая дорфировых порфировых порфировые пор

Декарбонизированные области, связанные с гипсовыми узелками и комплексом веществ из декарбонизированных районов и биогенного кальцита (queras) также были обнаружены в By3 горизонте. Это явление может быть связано с катионным обменом между корнями и почвой, с  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и  $K^+$ , проникающими в корень, а  $H^+$  попадает в почвенный раствор. В результате этого процесса окисляется почва вокруг корня, что способствует растворению кальцитов (Artieda, 2013). В том же самом горизонте в небольших количествах встречаются гнезда целестина (SrSO<sub>4</sub>). Целестин – минерал, который часто ассоциируется с наличием гипса и других эвапоритовых минералов.

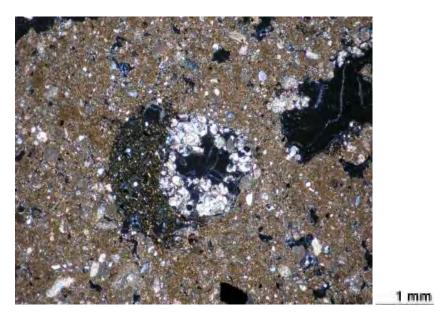
Согласно микроморфологической классификации гипсоносных почв, они относятся к Eogypsic и Gypsic типам (Stoops, 1994).

Кристаллы кальцита представлены в основном микритами (менее 5 микрометров) и

обнаруживаются в основной массе. Однако различные почвенные формы кальцита, включающие покрытие, заполнение пор, типичные узелки и биогенные узелки также были изучены. Узелки микрита, сформированные псевдоморфным кальцитом микрита после линзовидного гипса были обнаружены в горизонтах Ву3 и Ву4. Псевдоморфные образования имеют линзовидную форму гипса при параллельно поляризованном свете, но кальцит сохранил первоначальную форму гипса. Это явление характерно как для засушливых, так и для полузасушливых областей свидетельствует о более влажном климате в прошлом с высокой биологической продуктивностью и повышенной влажностью, способствующих растворению гипса с замещением его на кальцит. Этот процесс усиливается от внешних границ кристалла к центру.



Рис. 4. Профиль 9, Ву2 горизонт, под ХР лучами; раздвоения кристаллов гипса.



**Рис. 5.** Профиль 9, by3 горизонт; под XP светом; Queras.

L. Sullivan (1990) предлагает два механизма формирования этих псевдоморфоз: (I) растворение гипса с последующим осаждением кальцита в пустоте псевдоморфного соединениях, и (б) молекулярная замена гипса кальцитом. В первом случае образование псевдоморфных соединений в

общей массе может быть сопряжено заполнением пустот. В. Hamdi-Aissa (2002) придерживается второго варианта, в основе которого лежит механизм агрегации кристаллов гипса во время влажного периода голоцена.

В нашем случае также предполагается, что эти признаки почвообразования следовали после второго механизма развития пятнистых линзовидных псевдоморфоз, наблюдаемых в некоторых этапах почвообразования. Эксперименты Т.L. Thompson с соавторами (1991) с выщелачиванием также способствовали развитию псевдоморфоз кальцита после замены гипсовых фрагментов, что было описано в последней гипотезе. Вероятнее всего, основным источником появления гипса в этих почвах является формация Разак. При формировании почвы от гипс-содержащих отложений (образование Разак), гипс переходит в почвы в результате процессов растворения и оседания. Существование насыщенных растворов и скорость свободной энергии в почвенных порах являются основными факторами при кристаллизации гипса (Kastner, 1970). Аналогичные наблюдения были зарегистрированы другими исследователями.

По этой причине, чем более глубоко и сильно развиты почвы, тем больше линзовидная форма гипса является доминирующим, поскольку для формирования этих кристаллов может потребоваться больше времени. Мы также наблюдали большие кристаллы гипса чечевицеобразной формы в некоторых частях этих почв и из-за аридного режима зоны в настоящее время мы можем сделать вывод, что процесс обогащения гипса происходил в более древние времена.

*Анализ снимков*. При сравнении содержания гипса (табл. 4), измеренного с помощью ацетона и анализов снимков, разница между этими двумя группами данных показывает очевидную недооценку метода с использованием ацетона.

**Таблица 4.** Результаты анализа изображений (SE – стандартная ошибка при 10 количестве репликаций).

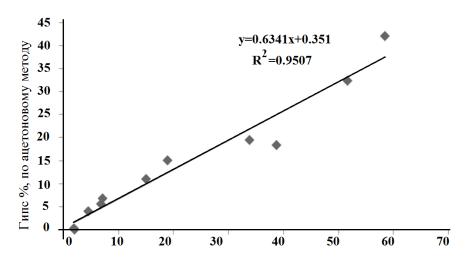
Профиль и горизонт	Пористость, %	Объем гипса, %	SE пористости	SE гипсового
Ap – 1	31.7	2	1.6	1.4
$B_{w1}-1$	47.6	_	0.5	-
$Bk_1-2$	5.34	_	0.7	-
Apy - 4	32.5	8.6	0.8	1.2
$By_1 - 4$	29.3	7.38	1.2	1.1
Bg2-5	8.18	9.1	0.9	0.7
Bw1 - 7	6.27	_	1.9	-
Bw2 - 7	4.33	_	1.3	-
$By_1 - 8$	4.28	6.51	1.1	1.2
$By_{2} - 8$	5.31	8.33	1.1	2.3
$By_1 - 9$	22	4.58	1.7	3.4
By <sub>2</sub> - 9	8.47	1.7	1.1	2.3
$By_{3} - 9$	3.32	5.4	0.6	0.9
$Bw_1 - 10$	5.18	_	0.8	-
$Bw_2 - 10$	7.31	_	1.3	-
$Byz_1 - 11$	6.57	15	1.7	2.1
$Byz_3 - 11$	1.40	9.18	1.6	1.9

Этот факт был ранее отмечен в работах R.M. Росhс с соавторами (1998), и это было связано, среди прочих причин, с невозможностью растворить весь гипс. В процессе обработки изображений не учитывается валовое содержание гипса в основной массе. При соотношении этих двух способов определения содержания гипса (рис. 6) отмечается положительная и линейная корреляция R2=0.95.

Содержание гипса возрастает с глубиной почвы, вне зависимости от использования метода с использованием ацетона или с анализом снимков. Такое распределение содержания гипса за счет испарения из насыщенных гипсом грунтовых вод будет способствовать накоплению гипса.

Корреляция между обеими переменными при приеме всех образцов во внимание, является очень низкой, так как пористость безгипсовых горизонтов очень изменчива и зависит от других факторов, кроме содержания гипса. Однако, когда рассматриваются только шесть горизонтов с более чем 15%

содержания гипса (метод ацетона), мы наблюдаем отрицательную линейную корреляцию (R2=0.743, P>0.05) между пористостью и содержанием гипса, хотя значение не является существенным, однако это, возможно, указывает, что накопление гипса способствует уменьшению пористости (эквивалентный диаметр>20мкм). R.M. Poch с соавторами (1998), изучая процесс накопления гипса в каталонских почвах не наблюдал изменения пористости. В нашем случае, накопление крупных кристаллов гипса оставляет несколько пор между ними. Также следует учитывать доминирующие гипсовые свойства почвообразования, такие как заполнение пор (плотное неполное и свободное непрерывное) и в основном плотные заполнение, которое возможно наблюдать под микроскопом, что также может быть причиной снижения пористости в этих почвах.



Гипс %, определен методом анализа изображений

**Рис. 6.** Определение соотношение между объемом гипса 2-мя методами анализа изображений и апетона.

#### Заключение

Количество, морфология и размеры гипсовых кристаллов в исследуемых почвах зависит от процессов почвообразования, с того момента, когда материнская порода еще не содержала гипс. Аналитические результаты, полевые и микроморфологические наблюдения, зависимость в основном, от местоположения и типа почвообразующих процессов, позволяют сделать вывод, что основным источником возникновения и накопления гипса является перенос его грунтовыми водами из гипсосодержащего раствора в формациях Разак.

Количество гипса увеличивалось с глубиной во всех профилях почвы из-за слабого выщелачивания в таких засушливых районах. Существование большого линзообразного гипса в условиях аридной зоны в настоящее время, а также размер кристаллов гипса, свидетельствуют, что накопление гипса происходило в прошлом и что эта область, вероятно, характеризовалась влажным климатом в момент образования гипса. Наличие узелков микритов с псевдоморфозами кальцита после линзообразного гипса, вероятно, указывает на более влажный (в прошлом) климат, с более высокой биологической активностью (выше рСО2) и влажностью, что обеспечило растворение гипса и замещения кальцита. Этот процесс прогрессирует обычно от внешней окружности к центру кристалла. Накопление гипса привело к уменьшению пористости (размер пор >20 мкм). Это можно объяснить процессом (1) заполнения пор гипсом, и (2) формированием гиподиотопической, ксенотопической и гипсовой почвенной структуры, а также дальнейшим ростом лентикулярных кристаллов, заполняющих пустоты предыдущих образований.

Морфологическое описание системы почвенных пор с помощью анализа снимков обеспечивает более реалистичную основу для понимания удержания и движения воды и воздуха в почве и, таким образом, эти результаты имеют практическое значение в целях землепользования и использования гипсоносных почв.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Aghanabati A. 2004. Geology of Iran. Geological Survey of Iran. Iran. 586 p.
- Aldaood A., Bouasker M., Al-Mukhtar M. 2014. Impact of wetting drying cycles on the microstructure and mechanical properties of lime-stabilized gypseous soils // Engineering Geology. Vol. 174. P. 11-21.
- Artieda O. 2013. Morphology and micro-fabrics of weathering features on gyprock exposures in a semiarid environment (Ebro Tertiary Basin, NE Spain) // Geomorphology. Vol. 196. P. 198-210.
- Bergada M.M., Poch R.M., Cervello J.M. 2015. On the presence of gypsum in the archaeological burial site of Cova des Pas (Menorca, western Mediterranean) // Journal of Archaeological Science. Vol. 53. P. 472-481.
- Chamizo S., Rodriguez-Caballero E., Canton Y., Asensio C., Domingo F. 2015. Penetration resistance of biological soil crusts and its dynamics after crust removal: Relationships with runoff and soil detachment // Catena. P. 164-172.
- Hamdi-Aissa B., Fedoroff N., Halitim A., Vallès V. 1998. Short and long-term soil-water dynamic in soils in Chott hyper-arid areas (Sahara of Algeria) // Proceeding of the 16th World Congress of Soil Science. Montpellier. France. 10 p.
- Gee G.W., Bauder J.W. 1986. Particlesize analysis // Methods of soil Analysis. Madison. P. 383-411.
- *Khademi-Moghari H.* 1997. Stable isope geochemistry, mineralogy and microscopy of gypsiferous soils from central Iran. PhD Thesis. University Of Saskachewan.
- Khalaf F.I., Al-Zamel A., Gharib I. 2014. Petrography and genesis of Quaternary coastal gyperete in North Kuwait, Arabian Gulf // Geoderma. Vol. 226-227. P. 223–230.
- Mahjoory R.A. 1979. The Nature and Genesis of Some Salt-Affected Soils in Iran // Soil Science Society of American Journal. Vol. 43(5). P. 1019-1024.
- *Mahmoodi Sh.* 1994. Properties and management of gypsiferous soils // 4th Soil Science Congress of Iran, Isfahan Univ. of Technology, 29-31 Aug.
- *Poch R.M., Artieda O., Herrero J., Lebedeva-Verba M.* 2010. Gypsic features. In: G. Stoops, V. Marcelino and F. Mees (Editors), Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Elsevier.
- *Poch R.M., De Coster W., Stoops G.* 1998. Pore space characteristics as indicators of soil behaviour in gypsiferous soils // Geoderma. Vol. 87 (1-2). P. 87-109.
- Rhoades J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids // In D. L. Sparks et al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Am. Soc. Agron., Madison, WI. Part 3, P. 417-436
- Soil Survey Staff. 1993. Soil Survey Manual. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Stoops G. 2003. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. Soil Science Society of America Madison, Wisconsin.
- Stoops G., Poch R.M. 1994. Micromorphological classification of gypsiferous soil materials // In: G.S. Humphreys and A.J. Ringrose-Voase (Editors). Soil micromorphology: studies in management and genesis. Developments in soil science. Elsevier, Amsterdam. Vol. 22. P. 327-332.
- Sullivan L. 1990. Micromorphology and genesis of some calcite pseudomorphs after lenticular gypsum // Australian Journal of Soil Research. Vol. 28(4). P. 483-485.
- Sumner M. E., Miller W. P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients // In D. L. Sparks et al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Am. Soc. Agron. Madison. WI. Part III. P. 1201-1229.
- *Thomas G. W.* 1996. Soil pH and soil acidity // In D. L. Sparks et al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Am. Soc. Agron. Madison. WI. Part III P. 475-490.
- *Thompson T.L. Hossner L.R., Wilding L.P.,* 1991. Micromorphology of calcium carbonate in bauxite processing waste // Geoderma. Vol. 48 (1-2). P. 31-42.

#### = СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ =

УДК 551.509.22 (470.67)

#### ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ПАСТБИЩНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА И ФАР

© 2017 г. Г.Н. Гасанов<sup>\*,\*\*</sup>, Т.А. Асварова<sup>\*</sup>, К.М. Гаджиев<sup>\*</sup>, З.Н. Ахмедова<sup>\*</sup>, А.С. Абдулаева<sup>\*</sup>, Р.Р. Баширов<sup>\*</sup>

\*Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45. E-mail: nikuevich@mail.ru
\*\*\*Дагестанский государственный университет
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 43а

#### Поступила 10.08.2015

Приведены результаты исследований потенциала продуктивности светло-каштановой и лугово-каштановой почв полупустыни, видового состава пастбищного фитоценоза в условиях заповедного содержания, коэффициента использования фотосинтетически активной радиации (ФАР) в зависимости от гидротермических условий года и сезонов. *Ключевые слова:* видовой состав фитоценоза, коэффициент использования ФАР, почва светло-каштановая, почва лугово-каштановая, анионный состав, интеграл увлажненности и засушливости, зависимости урожайности от экологических факторов.

Полупустынные территории Северо-Западного Прикаспия отличаются жесткостью климатических условий. Испаряемость составляет, по данным разных авторов от 700-900 мм (Усманов и др., 2005) до 1350 мм (Гасанов, 2014), коэффициент увлажнения (КУ) – 0.11-0.14 (Гасанов и др., 2014). В почвенном покрове преобладают светло-каштановые (около 32%), лугово-каштановые, лугово-болотные и луговые (33.6 %) почвы и солончаки (12.3%) (Баламирзоев и др., 2008). Перечисленные типы почв характеризуются легким гранулометрическим составом, значительным распространением процессов вторичного засоления, которые, в сочетании с неблагоприятными климатическими факторами и нерациональным использованием пастбищ, способствуют усилению дефляции и процессов опустынивания. В настоящее время здесь насчитывается более 300 тыс. га открытых песчаных массивов (Баламирзоев и др., 2008).

В зависимости от экологических факторов, в первую очередь количества осадков, типа почвы, способа использования пастбищ урожайность воздушно-сухой надземной массы колеблется от 1-3 до 5-8 ц/га (Яруллина, 1983; Залибеков, 2000). В северной части этой территории (Ергенинская возвышенность Калмыкии), урожайность фитоценозов достигает 17.1 ц/га (Джапова, 2007). Значительный интерес представляет установление потенциала продуктивности основных типов почв полупустыни в различные по климатическим условиям периоды и годы в условиях заповедного содержания. Важно также определить видовой состав формируемого при этом фитоценоза и коэффициента использования им фотосинтетически активной радиации (ФАР).

#### Материалы и методы

Объект исследований – светло-каштановая и лугово-каштановая карбонатные солончаковые почвы Кочубейской биосферной станции Прикаспийского института биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН (ПИБР ДНЦ РАН). Географические координаты расположения экспериментального участка: 44.4° 72′ с. ш., 46.24° 77′ в. д. Испаряемость, коэффициент увлажнения, интегралы засушливости и увлажненности для рассматриваемой территории определены по сезонам 2011-2013 гг. (Гасанов и др., 2014), химические анализы почвы проведены по известным методикам (Аринушкина, 1962).

Степень увлажненности периодов вегетации полупустынного фитоценоза определяли по установленной методике (Гасанов и др., 2014). Экспериментальные участки, площадью  $100 \text{ м}^2$  на каждом типе почв, для соблюдения заповедного режима были обеспечены охраной и разбиты на  $100 \text{ постоянных площадок по } 1\text{м}^2$ . Динамику урожайности и видового состава фитомассы определяли по

А.А. Титляновой (1988) в первой декаде каждого месяца с апреля по ноябрь включительно (всего восемь раз в год) в четырехкратной повторности. Образцы почвы отбирали весной во второй половине апреля и летом в наиболее жаркий период года – в конце июля – начале августа.

Названия растений даны по С.К. Черепанову (1981). Коэффициенты использования ФАР определяли, пользуясь формулой (Ничипорович, 1963):  $Y=Rx10^9xK/10^2x4x10^3x10^2$ . Данная формула для расчета коэффициента использования ФАР имеет вид:  $K=Yx10^2x4x10^3x10^2/Rx10^9$ , где K- коэффициент использования ФАР, %; Y- биологический урожай абсолютно сухой надземной массы, ц/га;  $Rx10^9-$  количество ФАР, поступающей на 1 га за период вегетации растений, ккал;  $4x10^3-$  количество энергии, выделяемой при сжигании 1 кг сухого вещества биомассы, ккал/кг;  $10^2-$  перевод кг в ц продукции.

Для оценки параметров уравнения множественной регрессии использован метод наименьших квадратов в матричном виде (Лакин, 1980). Достоверность данных по гидротермическим условиям, продуктивности фитоценозов оценивались по коэффициенту вариации (Cv), солеобразующих ионов в почве — по стандартному отклонению (s) и ошибке средней (m).

#### Результаты и обсуждение

В условиях Терско-Кумской низменности в течение года естественный фитоценоз формирует два урожая: первый к концу мая — началу июня и представлен эфемеровой синузией, второй — к концу сентября — началу октября и состоит преимущественно из разнотравья и солянок (Яруллина, 1983; Залибеков, 2000). В формировании продуктивности эфемеров наибольшее значение в условиях низменности имеют осадки за апрель и май. 2011 г. отличался благоприятными условиями для формирования высокой урожайности эфемеров и крайне неблагоприятными (во второй половине лета) для разнотравья и солянок. 2012 г. характеризовался высокой степенью засушливости в период вегетации эфемеров (интеграл засушливости 37.3) и редкой для рассматриваемых условий увлажненностью (интеграл увлажненности 203.8) во второй половине лета (табл. 1).

**Таблица 1.** Динамика экологических условий, содержания  $Cl^-$  и $SO_4^{2-}$ (мг-экв./100 г) в светло – каштановой (горизонты A+AB-0-20 см), лугово-каштановой (горизонты  $A+B_1-0-23$  см) почвах и урожайности надземной фитомассы по периодам 2011-2013 гг.

	20	11 г.	2012 г.		2013 г.	
Показатели	Весна	Лето	Весна	Лето	Весна	Лето
	(апрель)	(июль)	(апрель)	(июль)	(апрель)	(июль)
Сумма осадков за период, мм	85	64	25	102	40	83
Средняя температура воздуха, °С	13.8	27.4	18.0	25.8	16.4	25.0
Относительная влажность воздуха, %	73	58	61	62	64	59
Испаряемость, мм	135	315	202	275	178	355
Коэффициент увлажнения	0.30	0.11	0.06	0.21	0.10	0.11
Интеграл увлажненности	29.8	-	-	203.8	7.3	-
Интеграл засушливости	-	63.4	37.3	-	-	74.2
Содержание ионов, мг-экв./100 г: Cl- SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.28 1.12	2.18 2.13	1.54 2.58	1.45 2.32	0.96 2.07	2.37 2.33
Соотношение ионов: $Cl$ -/SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.25	1.02	0.60	0.62	0.46	1.00
Урожайность фитоценозов, т/га воздушно-сухой массы	1.57	0.89	0.17	6.95	0.90	3.63

За апрель — май 2012 г., по сравнению с соответствующим периодом 2011 г., испаряемость увеличилась на 67 мм, КУ уменьшился в 5 раз, что привело к подъему водорастворимых солей к верхнему горизонту почвы. В слое 0-20 см светло-каштановой почвы содержание  $Cl^-$  по сравнению с тем же периодом 2011 г. увеличилось в 5.5 раза,  $SO_4^{2-}$  в 2.3 раза, соотношение  $Cl^-$ :  $SO_4^{2-}$  в 2.4 раза. Степень засоленности этого слоя почвы в 2011 г. характеризовалась как слабая, в 2012 г. — как

средняя. Тип засоления в обоих случаях остался хлоридно-сульфатным. Содержание тех же ионов и их соотношение в слое 0-23 см (гор.  $A+B_1$ ) лугово-каштановой почвы в 2011 г. при одинаковых гидротермических условиях были выше, чем в светло-каштановой: в 9.2, 1.5 и 6.0 раз соответственно. Наблюдается увеличение солеобразующих анионов весной 2012 г. по сравнению с тем же периодом 2011 г.:  $Cl^-$  в 2.2,  $SO_4^{2-}$ в 1.4 раза, соотношения их – в 1.6 раза.

Уменьшение количества осадков и вызванное этим увеличение ионов  $Cl^-$  и  $SO_4^{2-}$  является причиной снижения урожайности эфемеров в 2012 г. по сравнению с 2011 г. в 9.2 раза на светло-каштановой и в 5.0 раз — на лугово-каштановой почве. Отмечено также резкое увеличение урожайности разнотравья и солянок во второй половине 2012 г., когда отмечались аномальные для этих условий количество осадков и интеграл увлажненности, по сравнению с предшествовавшим периодом 2011 г.: в 40.9 раз на светло-каштановой и 21.1 раз на лугово-каштановой почвах.

Гидротермические условия функционирования экосистем в 2013 г. занимают промежуточное положение между двумя предшествовавшими годами, что отразилось на динамике солеобразующих ионов в почве, и продуктивности фитоценозов. Суммарная урожайность фитомассы (эфемеры+разнотравье и солянки) на светло-каштановой почве составила (т/га): в 2011 г. – 2.46, в 2012 г. – 7.12, в 2013 г. – 4.53; на лугово-каштановой соответственно 1.39, 2.21 и 2.02. Средняя продуктивность фитоценозов за годы исследований на светло-каштановой почве (4.7 т/га) была выше, по сравнению с лугово-каштановой (1.87 т/га), в 2.5 раза.

В условиях заповедного содержания суммарная урожайность фитоценозов (эфемеры+разнотравье и солянки) на лугово-каштановой почве колеблется по годам от 14.9 до 22.1 ц/га на на светло-каштановой от 24.6 до 45.3 ц/га а в аномальные увлажненности годы может достигнуть и 71.2 ц/га, значительно превосходя показателей других авторов, проводивших свои исследования в прежние годы. Проявилось влияние более высокой увлажненности отдельных периодов за рассматриваемые годы (апрель-май 2011 г. и июль-август 2012 г.). Но основной причиной такого несоответствия является функционирование заповедных условий. Подтверждается это тем, что при самых жестких гидротермических условиях второй половины лета 2011 и 2013 гг., с интегралом засушливости 63.4 и 74.2, урожайность воздушно-сухой фитомассы разнотравья и солянок на лугово-каштановой почве составила в среднем 13.6 ц/га, на светло-каштановой почве — 22.4 ц/га.

Лугово-каштановая почва отличается большей продуктивностью (Баламирзоев и др., 2008) на неэродированных или слабо эродированных и незасоленных разностях с близким залеганием пресных или слабо минерализованных грунтовых вод. Из-за высокой степени дефлированности этого типа почвы, содержание гумуса в горизонте A+B<sub>1</sub> (0-23 см) оказалось меньше в 2.1 раза, плотность и НВ больше соответственно на 24.6% и 29.6%при сульфатно-хлоридном типе засоления. В летний период 2011-2012 гг. она характеризовалась как сильная, в 2013 г. как средняя. Высокая степень дефлированности и плотности почвы, близкое расположение к ее поверхности сильно минерализованных грунтовых вод, вызвавшее увеличение степени засоления корнеобитаемого слоя почвы, явились факторами, которые способствовали снижению продуктивности лугово-каштановой почвы, по сравнению со светло-каштановой.

Зависимости между урожайностью фитомассы (Y, ц/га) и экологическими факторами в период вегетации фитоценозов ( $X_1$  – осадки за вегетационный период, мм;  $X_2$  – испаряемость, мм;  $X_3$  – KY;  $X_4$  – содержание  $Cl^-$  в слое 0-20 см, мг-экв./100г почвы;  $X_5$  – соотношение  $Cl^-$ : $SO_4^{2-}$  в слое 0-20 см) выражаются следующими уравнениями множественной регрессии.

На светло-каштановой почве:

для эфемеров: Y=17.13+0.0425 $X_1$ +0.0087 $X_2$ -4.66 $X_3$ -20.65 $X_4$ +0.6 $X_5$ . Судя по коэффициенту детерминации ( $R^2$ =0.99 $^2$ =0.98), значениям Fф и FT (219.8 и 3.11), связь между накоплением фитомассы и всеми исследуемыми факторами (осадки, испаряемость, коэффициент увлажнения, Cl-, Cl-:SO $_4$ -) характеризуется как сильная;

для разнотравья и солянок:  $Y=9.65+0.18X_1-0.0147X_2-15.54X_3+45.78X_4-21.44X_5$  — эта связь умеренная ( $R^2=0.59^2=0.35$ ; значения  $F\varphi$  3.22>FT 2.53).

На лугово-каштановой почве:

для эфемеров:  $Y=0.66+0.00268X_1-6.5E-5X_2-0.18X_3-0.21X_4+0.27X_5$ , коэффициент детерминации ( $R^2=0.935$ ) статистически значим, фактическое значение  $F\phi>F\tau$ , соответствует как 32.1 к 3.11. Связь

между накоплением фитомассы и всеми исследуемыми факторами сильная. Наибольшее влияние на результативный признак оказывает фактор  $X_4$  и  $X_5$ — содержание  $Cl^-$  (r=-0.92 и 0.85)

для разнотравья и солянок:  $Y=4.1 + 0.00068X_1-0.000381X_2 + 1.02X_3-0.35X_4-0.2X_5$ . Коэффициент детерминации статистически значим ( $R^2=0.87$ ), фактическое значение Fф (18.5)> FT (3.11). Наибольшее влияние на результативный признак здесь также оказывают факторы  $X_4$  и  $X_5$  (r=-0.93 и 0.87), указывающие на тесноту связи с фитомассой как сильную.

Флористический состав растений на светло-каштановой почве в 2011-2013 гг. представлен 42 видами, из них принадлежащими к семействам: сложноцветных (Asteraceae) — 4 вида, маревых (Chenopodiaceae) — 8 видов, мятликовых (Poaceae) — 16 видов. В растительных сообществах заметную роль в травостое играют мятликовые и в меньшей степени виды полыни. Доминантами из мятликовых на светло-каштановой почве являются: мятлик луковичный (Poa bulbosa L.), полевичка малая (Eragrostie minor Host.), мортук пшеничный (Eremopyrum triticeum), костер растопыренный (Bromus squarrosus L.), костер кровельный (Anisantha tectorum L.), костер японский (Bromus japonicas Thunb.) житняк пустынный (Agropyron desertorum Fisch. ex Lin Schul), из сложноцветных: полынь Лерха (Artemisia lercheana Web. ex Stechm), полынь таврическая (Artemisia taurica Willd.), из крестоцветных — бурачок пустынный (Alussum desertorum Stapf).

На лугово-каштановой почве преобладают, в основном, полынные сообщества. Встречается всего 34 вида растений: Asteraceae – 4, Chenopodiaceae – 6, Poaceae – 8.

На 1см<sup>2</sup> поверхности почвы Терско-Кумской низменности в течение года поступает 50.87 ккал ФАР, подвергаясь изменению по месяцам и сезонам года (Гасанов, 2008). Урожайность фитомассы зависит и от других экологических факторов: гидротермических условий года или периода года, типа почвы, степени и химизма засоления. Этим объясняется различия в урожайности фитомассы по годам и периодам года при относительно стабильных показателях поступления ФАР на поверхность почвы. Соответственно, разными оказались и показатели его использования по годам и типам почв различными группами пастбищных фитоценозов (табл. 2).

**Таблица 2.** Урожайность абсолютно сухой надземной массы и коэффициент использования ФАР группами пастбищных фитоценозов на светло-каштановой и лугово-каштановой почвах за 2011-2013 гг.

Гол		ность абсолютно вемной массы, ц/	•	Коэффициент использования ФАР		
Год	эфемеров солянок и разнотравья		всего	эфемерами	разнотравьем и солянками	всей фитомассой
		(	Светло-кашт	ановая		
2011	13.19	7.48	20.67	0.25	0.12	0.18
2012	1.43	58.38	59.81	0.03	0.92	0.51
2013	7.56	30.49	38.05	0.14	0.48	0.33
Средние	7.39	32.09	39.48	0.14	0.50	0.34
		J	Тугово-кашт	ановая		
2011	4.20	8.32	12.52	0.08	0.13	0.11
2012	0.84	17.72	18.56	0.02	0.28	0.16
2013	1.68	15.29	16.97	0.03	0.24	0.15
Средние	2.27	13.78	16.04	0.04	0.22	0.14

В среднем за годы исследований коэффициент использования ФАР надземной фитомассой пастбищных угодий не достигает и 0.5% и только по разнотравью и солянкам он достиг этого уровня, в 2012 г. превзошёл этот уровень почти в два раза на светло-каштановой почве благодаря резкому увеличению урожайности солянки грузинской (курая). По урожайности фитомассы, показатель ФАР на лугово-каштановой почве оказался меньше, чем на светло-каштановой, в 2.4 раза, в том числе по эфемерам в 3.5 раза, разнотравью и солянкам – в 2.3 раза. Соотношение коэффициента использования ФАР эфемерами к аналогичному показателю по разнотравью и солянкам на этих же типах почв составляет соответственно 1:5.5 и 1:3.6, что является свидетельством того, что коэффициент

использования  $\Phi AP$  эфемерами на лугово-каштановой почве, из-за низкой их урожайности, имеет минимальный показатель (0.04).

Солянка грузинская (курай) – низкого качества в кормовом отношении. Учитывая толерантность его к засоленным почвам и большую вегетативную массу, создаваемую ею на таких почвах и, соответственно, большой вынос солеобразующих ионов из почвы, признается перспективным в изучении фитомелиорирующей роли.

#### Заключение

В условиях Северо-Западного Прикаспия суммарная урожайность фитоценозов (эфемеры+разнотравье и солянки) на лугово-каштановой почве при заповедном содержании колеблется, в зависимости от гидротермических условий, от 14.9 до 22.1 ц/га, на светло-каштановой почве — от 24.6 до 45.3 ц/га, а при аномально высоких интегралах увлажненности (203.8) может достигнуть 71.2 ц/га. Основной причиной снижения продуктивности фитоценозов на лугово-каштановой почве, по сравнению со светло-каштановой, является высокая степень дефлированности и плотности почвы.

Выявлены математические зависимости между основными экологическими факторами: суммой осадков, среднемесячной температурой и относительной влажностью воздуха, испаряемостью, КУ, а также типом и степенью засоленности светло-каштановой и лугово-каштановой почв по периодам года, и продуктивностью эфемеров и разнотравья.

Коэффициент использования ФАР эфемерами на лугово-каштановой почве, в зависимости от гидротермических условий периода формирования фитоценозов, колеблется от 0.02 до 0.08, разнотравьем и солянками — от 0.13 до 0.28, на светло-каштановой почве соответственно от 0.03 до 0.25 и от 0.12 до 0.48, а при интеграле увлажненности 203.8 во второй половины лета может достигнуть 0.92. Этот показатель на лугово-каштановой почве снижается по сравнению со светло-каштановой, в 2.4 раза, в том числе по эфемерам в 3.5 раза объясняя влияние различий в продолжительности вегетационного периода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аринушкина Е.В. 1962. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ. 491 с.

*Баламирзоев М.А., Аджиев А.М., Мирзоев Э.М.-Р., Муфараджев К.Г.* 2008. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования. Махачкала. 336 с.

Гасанов Г.Н. 2008. Основы систем земледелия Западного Прикаспия. Махачкала. 263 с.

Гасанов Г.Н., М.Р. Мусаев, Г.М. Абдурахманов, С.А. Курбанов, А.М. Аджиев. 2004. Фитомелиорация засоленных почв Западного Прикаспия. М.: Наука. 270 с.

Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М. и др. 2014. Гидротермические условия формирования видового состава и продуктивности фитоценозов Северо-Западного Прикаспия (на примере Терско-Кумской низменности) //Аридные экосистемы. Т. 20. № 4 (61). С. 93-98.

Джапова Р.Р. 2007. Динамика растительного покрова Ергененской возвышенности и Прикаспийской низменности в пределах Республики Калмыкия. Авт. докт. дисс. ... М.: МГУ. 47 с.

Залибеков З.Г. Процессы опустынивания и их влияние на почвенный покров. 2000. М. 219 с.

*Лакин Г.Ф.* Биометрия. 1980. М.: Высшая школа. 293 с.

*Ничипорович А.А.* 1963. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. М.: Изд. АН ССР. С. 5-36.

*Титлянова А.А.* 1988. Продуктивность травяных экосистем // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности / Ред. В.Б. Ильин. Новосибирск. Наука: Сиб. отд-е. С. 109-127.

Усманов Р.З., Саидов А.К., Стасюк Н.В., Федоров К.Н., Мирзоев Э.М-Р, Баламирзоев М.А. 2005. Экологический анализ земельных ресурсов регионов экологического бедствия юга России и методические рекомендации по их оценке и картографированию. Махачкала-Москва: МГУ- ПИБР ДНЦ РАН, ДГУ. 160 с.

Черепанов С.К. 1981. Сосудистые растения СССР. Л.: Наука. 510 с.

Яруллина Н.А. 1983. Первичная биологическая продуктивность почв дельты Терека. М.: Наука. 90 с.

#### = СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ =

УДК 55.504 (470.67)

#### ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ВОСПРИИМЧИВОСТИ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ЛАНДШАФТОВ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

© 2017 г. И.М. Газалиев, И.А. Идрисов, А.М. Ахмедов

Институт геологии ДНЦ РАН Россия, 367030, Махачкала, ул. М. Ярагского, д. 75. E-mail: gazis49@mail.ru

Поступила 12.07.2015

Терско-Кумская низменность характеризуется широким спектром антропогенных воздействий. При этом, относительно других аридных регионов, большое значение имеет воздействие человека на геологическую среду (добыча углеводородов и артезианских вод). Широкое развитие песчаных грунтов и развитие животноводства также обуславливают ряд значимых геоэкологических проблем. Оценка современного геоэкологического состояния района показывает, что степень деградации ландшафтов невелика, а возможности их самовосстановления находятся на высоком уровне.

*Ключевые слова*: геоэкология, геоинформационные системы, Прикаспийская низменность, загрязнение, ландшафтно-геохимическая структура, активность ландшафтов.

В современных условиях для оценки геоэкологического состояния регионов широко используются геоинформационные системы (ГИС). Регионом, где подобная практика опробована для различных частей является Прикаспийская низменность. Для территории Республики Дагестан в целях оценки геоэкологического состояния предлагались различные варианты ГИС (Ахмадова и др., 2009; Гридини и др., 2010; Идрисов, Газалиев, 2011; Биарсланов и др., 2014). Нами разрабатывается оценка геоэкологического состояния территорий с использованием ГИС-систем, разработанных на основе особенностей состояния и возможной динамики элементарных ландшафтов, фиксируемых почвенными контурами (Газалиев и др., 2008; Идрисов, 2011; Идрисов и др., 2010; Залибеков и др., 2012)

Использование программных комплексов ГИС нового поколения позволяет минимизировать негативный опыт разработки и использования ГИС предшествующих этапов, когда малыми авторскими коллективами создавались ГИС. Это практически исключало возможность какой-либо практической отдачи ГИС, разработанных на начальном этапе их развития (в конце XX века). В современных условиях программные комплексы ГИС разрабатываются крупными компаниями, имеют стандартные интерфейсы и обладают неограниченными возможностями по распространению информации для решения практических задач.

Специфической особенностью природы Терско-Кумской низменности является широкое распространение современных отложений, молодость ландшафтов и быстротечность их изменений. Соответственно при воздействии внешних факторов (включая деятельность человека) ландшафты региона могут быстро и резко трансформироваться с полной утратой многих своих функций. Яркой особенностью региона являются динамика уровенного режима Каспийского моря и обусловленные ею изменения в различных ландшафтах Прикаспийской низменности (Геннадиев и др., 1998).

#### Материалы и методика работ

В Дагестане крупномасштабные ландшафтные исследования не проводились, однако имеются крупномасштабные почвенные исследования, которые проводятся десятки лет и во многом связаны с вовлечением в хозяйственный оборот обширных территорий Терско-Сулакской низменности и дельты Терека. В качестве картографической основы по выделению контуров служит электронная почвенная карта Республики Дагестан, масштаб 1:400000.

Преобладающая часть работ проведена с использованием разработанной ГИС «Геоэкология Дагестана», подготовлена в программной среде ArcGIS 9.0 и тесно связана с ГИС «Почвы Дагестана»

(Газалиев и др., 2008; Идрисов, 2009; Идрисов, Газалиев, 2011; Залибеков и др., 2012). Пространственной основой обеих систем являются почвенные контура, для которых разработана таблица характеризующих атрибутов, содержащая их текстовые и цифровые характеристики. Всего в базе данных выделено более 1400 почвенных контуров, характеризованных по 21 атрибуту. Для почв горной зоны Дагестана количество информации существенно меньше, наибольший объем информации представлен для почв равнинной зоны, особенно для северной части – Терско-Кумской низменности.

В соответствии с разработанными методическими рекомендациями (Глазовская, 1988; Солнцева, 1998; Газалиев и др., 2008) выделены группы ландшафтов с однотипными геоэкологическими особенностями. Первый выделенный блок характеризует особенности природных объектов воспринимать техногенную нагрузку. Второй блок характеризует возможности природных объектов ликвидировать оказанное на них воздействие.

Первый блок включает в себя подсистемы: «Потенциальная восприимчивость ландшафтов к нефтяному воздействию» и «Потенциальная нефтеемкость субстрата». Восприимчивость при этом тесно связана с принципом «прогнозной информативности природных факторов». В соответствии с ним предполагается, что различные свойства ландшафтов оказывают специфическое влияние на возможности геосистем принимать антропогенную нагрузку. На основании существующих представлений об особенностях развития ландшафтов в разных физико-географических условиях, появляется необходимость детальных исследований различных значимых показателей. Изучение потенциальных эколого-геохимических сдвигов требует установления:

- а) пространственной ландшафтно-геохимической структуры;
- б) потенциально возможных типов ответных реакций ландшафтов и составляющих их компонентов на воздействия. Среди природных показателей, влияющих на потенциальную восприимчивость, выделяют три группы, оптимизированные в природных условиях:
- 1) вероятность выноса и рассеяния продуктов техногенеза показателя интенсивности самоочищающей способности среды (осадки, сток, скорость ветра и др.);
- 2) трансформация продуктов техногенеза ответственные за перевод их в иные формы, частичную или полную утилизацию. Это характеризует показателей энергии и условий разложения вещества: общее количество солнечной радиации, интенсивность фотохимических реакций и др.;
- 3) исходную емкость, возможность закрепления продуктов техногенеза и их метаболитов в природных системах: щелочно-кислотные условия, геохимические барьеры, сорбционная емкость, мощность, механический и минералогический состав почвы, специфика органического вещества и др.

Масштаб исследований определяет использование параметров влияния зональных факторов на ландшафты и почвы. Это, прежде всего биоклиматический потенциал, классы водной миграции и вероятные формы мигрирующих веществ, интенсивность накопления гумуса, особенности генетических горизонтов почв и др. Сочетание этих показателей и характеристик, определяющих возможные окислительно-восстановительные условия среды, позволяют в общих чертах оценить зональную самоочищающую активность природных систем. Детальные работы и крупномасштабное картографирование также может быть решено в рамках единой ГИС, вводя дополнительные характеристики почвенных контуров (Залибеков, 2010).

В условиях теплых и аридных регионов при составлении карт условий миграции вещества и их производных, акцент в их содержании делается на сорбционные свойства почв и грунтов и геохимическую специфику вертикального строения профиля почв и положения конкретных элементарных ландшафтов в рельефе. При составлении подобных карт для природных регионов была предложена оптимизированная методика (Газалиев и др., 2008).

#### Обсуждение результатов

На основании рассмотренных выше особенностей составлена легенда карты Потенциальной самоочищающей активности ландшафтов для Низменного и Предгорного Дагестана (Газалиев и др., 2008). Выделены ландшафты с теплым, очень теплым и жарким биоклиматическим режимом. По классам водной миграции (Перельман, Касимов, 1999): выявлены нейтральные ( $H^+$ ,  $H^+$ ,

Возможности ГИС позволяют составить для региона карту потенциальной нефтеемкости субстрата (рис. 1). Она характеризует возможности выделенных почв сорбировать нефтепродукты.

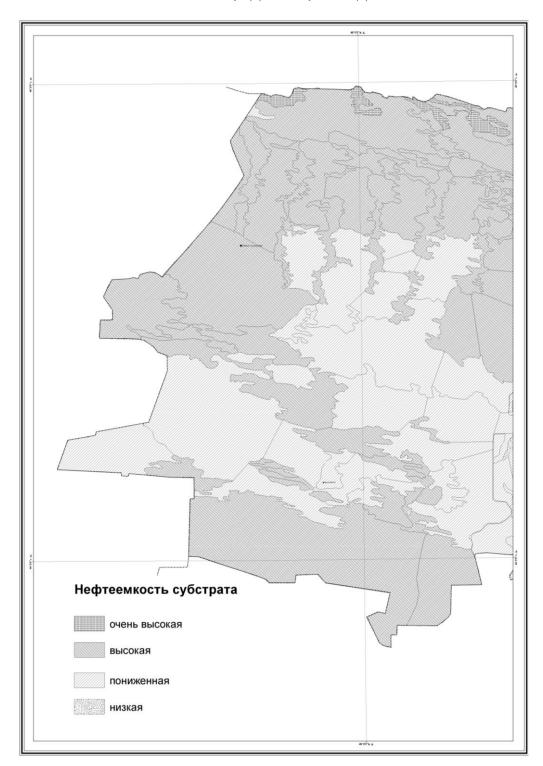


Рис. 1. Карта потенциальной нефтеемкости субстрата.

Соответственно, доминирующим параметром для выделения различных рангов нефтеемкости являются механические особенности субстрата с учетом содержания гумуса, особенностей засоления и ряда других показателей почв. На карте выделяются участки с очень высокой нефтеемкостью, характерной для почв с торфянистым покровом (болот), высокой – для песчаных почв, пониженной – для легкосуглинистых и т.д.

Потенциальная емкость нефтенакопления отражена в интегральной способности почв накапливать и удерживать нефтепродукты. Здесь доминирующее значение имеет мощность

гумусовых горизонтов почв, механический состав, особенности водного режима. Очень высокая емкость характерна для почв с замедленным водообменом (солончаков), разновидностям с торфянистыми горизонтами избыточного увлажнения. Высокая емкость характерна для луговых почв, глин и тяжелых суглинков. Низкая емкость определена для массивов песков, которые, несмотря на высокую нефтеемкость субстрата, в силу промывного водного режима, неспособны концентрировать нефтяное загрязнение, и будут мигрировать вниз по профилю (рис. 2).

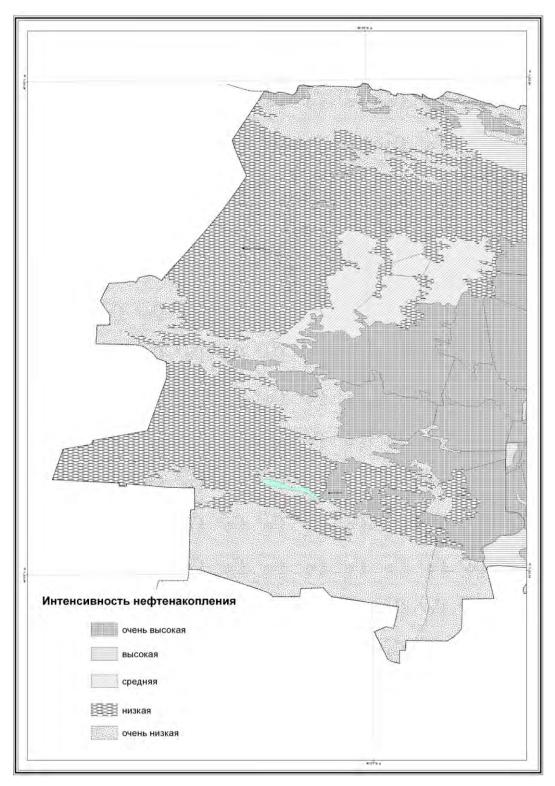


Рис. 2. Карта потенциальной емкости нефтенакопления.

Важнейшей частью геоэкологических исследований является изучение возможностей ландшафтов перерабатывать антропогенное воздействие с удалением от поступающих в них поллютантов. Данное направление относительно слабо разработано и одним из первых опытов его по применению для территории Дагестана является карта активности самоочищения ландшафтов (рис. 3).

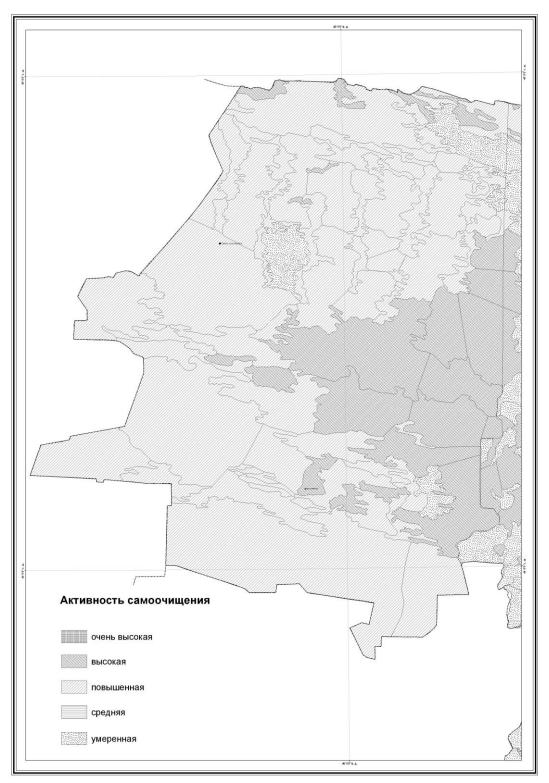


Рис. 3. Карта активности самоочищения ландшафтов.

*Условные обозначения*. Легенда карты оценки потенциала самоочищающей активности почв Дагестана (к рисунку 3).

		Теплые,	Очень		Жарі	кие	
Условия миграции и накопления вещества в ландшафтах	Биоклиматическ ий потенциал ландшафта и классы водной миграции	умеренно- влажные, кислые, нейтральные (H <sup>+</sup> - Ca <sup>2+</sup> )	теплые сухие карбонат ные $(Ca^{2+}, HCO_3^{-})$	Избыточно влажные, кислые (H <sup>+</sup> )		Сухие, щелочные (Ca <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	
	Окислительновосстановительный потенциал ландшафта	Окисли- тельно- восстано- вительный	Окисли- тельный	Окисли- тельно- восстано- вительный	Окисли- тельный	Окисли- тельно- восста- нови- тельный	Окисли-
и биологиче	зико-химическая ская активность ния ландшафтов	Умеренная	Повы- шенная	Высокая	Очень высокая	Повы- шенная	Средняя
рата	Очень высокая (торфа, илы)			9			
субст	Высокая (пески, супеси)	5	1, 3	7, 9, 12			3
Нефтеемкость субстрата	Средняя (щебнистый материал)			9, 12			
ефтее	Пониженная (суглинки)	4, 5	1, 2	6, 7, 9, 12	8, 13		10, 11
14	Низкая (глины)	4, 5	2	7, 9, 12	8, 13		

Цифрами в таблице обозначены типы почв: 1 – светло-каштановые, 2 – темно каштановые, 3 – пески, 4 – лугово-каштановые, 5 – луговые, 6 – лугово-болотные, 7 – солончаки, 8 – лугово-лесные, 9 – аллювиально-луговые, 10 – коричневые, 11 – бурые лесные, 12 – предгорно-долинные, 13 – аллювиально-лесные.

В исследуемом районе развиты ландшафты с очень высокой, высокой, повышенной, средней и умеренной активностью. Более 90% площади занимают ландшафты с высокой и повышенной активностью. Обширный район с высокой активностью самоочищения приурочен к юго-восточной части, где в целом совпадает с районами развития луговых солончаков. Отдельные участки с высокой активностью самоочищения приурочены к лугово-болотным почвам вдоль реки Кума. Для крупных песчаных массивов района (Кумские, Бажиганские и Терские) отмечается повышенная активность самоочищения.

#### Заключение

Анализ представленных геоэкологических карт позволяет выделить в качестве определяющего параметра пространственную дифференциацию ландшафтов по всему спектру анализируемых особенностей.

Распределение геоэкологических особенностей ландшафтов региона находится в тесной связи с другими природными особенностями, основными из которых являются: почвенный покров, почвообразующие породы, геоморфологические и гидрологические особенности различных участков. Для самоочищения и нейтрализации загрязнений существуют соответствующие условия и разработанные методы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ахмадова Г.Ф., Курамагомедов Б.М. 2009. Использование информационных технологий для экологического мониторинга промышленных центров Республики Дагестан // Юг России. № 2. С. 20-24.

- *Биарсланов А.Б., Залибекова М.З., Асгерова Д.Б.* 2014. Об основных принципах применения ГИС в картографии почв // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 63. Махачкала. С. 57-62.
- *Геннадиев А.Н., Касимов Н.С., Голованов Д.Л., Лычагин М.Ю., Пузонова Т.А.* 1998. Эволюция почв прибрежной зоны при быстром изменении уровня Каспийского моря // Почвоведение. № 9. С. 1029-1037.
- *Гридин В.И., Булаева Н.М., Даниялов М.Г.* 2010. Системный подход к организации сопряженного мониторинга окружающей среды и природных ресурсов Дагестана // Мониторинг. Наука и технологии. № 2. С. 30-41.
- Глазовская М.А. 1988. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М. 328 с.
- Газалиев И.М., Идрисов И.А., Магомедова З.Г., Тыцкая Л.В. 2008. Опыт создания оценочных карт восприимчивости ландшафтов к нефтяному загрязнению для Республики Дагестан // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 52. С. 215-218.
- Залибеков З.Г., Баламирзоев М.А., Мамаев С.А., Идрисов И.А. 2012. Геоинформационная система «Почвы Дагестана» // Труды Института геологии ДНЦ РАН. Вып.61. Махачкала. С. 207-211.
- Залибеков З.Г. 2010. Почвы Дагестана. Махачкала. 243 с.
- *Идрисов И.А., Газалиев И.М.* 2011. Комплект геоэкологических карт Республики Дагестан // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Материалы конференции. Грозный. С. 409-414.
- *Идрисов И.А.* 2009. Опыт составления геоинформационной базы данных «Почвы Дагестана» // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 53. Махачкала. С. 75-76.
- Перельман А.И., Касимов Н.С. 1999. Геохимия ландшафтов. М.: Наука. 762 с.
- Солнцева Н.П. 1998. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М. 376 с.

### = СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ =

УДК 574.32:574.42

# СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ И СООБЩЕСТВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ И ВОСТОЧНОЙ МОНГОЛИИ¹

© 2017 г. К.З. Омаров

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН Россия, 367000, г. Махачкала, ул. Гаджиева, д. 45. E-mail: omarovkz@mail.ru Дагестанский государственный университет Россия, 367000, г. Махачкала, ул. Гаджиева, д. 43<sup>a</sup>

Поступила 17.10.2016

Изучены реакции популяций и сообществ мелких млекопитающих при различных режимах выпаса скота. Показано, что в Северо-Западном Прикаспии (Ногайская степь) и степях Восточной Монголии перевыпас, изоляция от выпаса оказывают существенное влияние на состояние и демографическую структуру популяций, а также на видовую структуру населения мелких млекопитающих.

*Ключевые слова:* мелкие млекопитающие, пастбищные аридные экосистемы, структура популяций, демография, организация сообществ, видовое разнообразие.

Пастьба копытных млекопитающих является исторически сложившейся и постоянно действующей формой взаимодействия растительноядных животных и растительности пастбищ. К настоящему времени сформированы основные представления о пастьбе копытных животных как мощном средообразующем факторе. В зависимости от вида выпасаемого животного, типа пастбища, характера использования, природно-климатической зоны, выпас копытных носит различный характер, направленный как в сторону ухудшения, так и в сторону улучшения или стабилизации состояния экосистем. При этом ограничиваются естественные сукцессионные процессы, приводящие к преобразованиям биологических сообществ (Воронов, 1975; Нечаева, 1980; Шарашова, 1989; Абатуров, 2001; Магомедов, Муртазалиев, 2001; Муртазалиев, 2002 и др.). Недостаточно изученной к настоящему времени остается проблема влияния выпаса скота на структурную организацию популяций и сообществ растительноядных животных. Последствия выпаса домашнего скота хорошо изучены для крупных диких копытных, в тоже время недостаточно изученной остается проблема влияния выпаса скота на популяции и сообществ мелких млекопитающих.

Научный интерес к этой проблеме обусловлен еще и тем, что в результате пастбищного освоения территорий с одной стороны, и возникновения заповедных территорий со строгим режимом ограничения пастьбы домашних копытных с другой, возникли территории, отличающиеся различным режимом выпаса скота, что соответственно приводит к изменению видового разнообразия и продуктивности растительного покрова. Такая мозаика территорий с различным режимом выпаса скота, формирующаяся в пределах одной географической зоны, представляет собой идеальную экспериментальную площадку для изучения реакций популяций и сообществ мелких млекопитающих, основу которых составляют грызуны и зайцеобразные, являющихся одними из основных после копытных потребителями растительной продукции.

Целью работы является установление общих закономерностей и экологических механизмов изменения структуры популяций и сообществ мелких млекопитающих в условиях различного режима выпаса скота в Северо-Западном Прикаспии и Восточной Монголии.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие», научной программы Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции (2002-2005 гг.) и в рамках научной школы № НШ-2225.2012.4.

OMAPOB 37

### Методы исследований

Полевые исследования проводили в 1998-2008 гг. в эфемерово-полынных пастбищах Северо-Западного Прикаспия (Ногайской степи) и ковыльно-карагановых степных ценозах Восточной Монголии, где и были заложены опытные участки.

Модельными объектами для популяционных исследований служили домовая мышь (Mus musculus), серый хомячок (Cricetulus migratorius), полуденная песчанка (Meriones meridianus), даурская пищуха (Ochotona daurica), даурский суслик (Citellus dauricus), хомячок Кэмпбелла (Phodopus campbelli). При анализе видовой структуры сообществ учитывались также данные по уловистости землероек — малой белозубки (Crocidura suaveolens), белобрюхой белозубки (Crocidura leucodon) и грызунов — общественной полевки (Microtus socialis), гребенщиковой песчанки (Meriones tamariscinus), мыши малютки (Micromys minutus), забайкальского хомячка (Cricetullus pseudogriseus), узкочерепной полевки (Microtus gregalis), полевки Брандта (Lasiopodomus brandti), тушканчика прыгуна (Allactaga sibirica).

На всех территориях учеты велись параллельно на нескольких участках – контрольный участок с отсутствием выпаса скота, участок с умеренным выпасом скота, участок с интенсивным выпасом скота и заповедный участок с отсутствием выпаса домашнего скота. Относительные учеты численности проводились методом ловушко-линий с использованием стандартных зоологических плашек типа Геро (Карасева, Телицина, 1996). Для характеристики сообществ использовали индексы видового разнообразия и доли редких видов (Животовский, 1980).

### Результаты и обсуждение

Полупустынные эфемерово-полынные пастбищах Северо-Западного Прикаспия. В полупустынных эфемерово-полынных пастбищах Северо-Западного Прикаспия выпас скота существенно отразился как на популяционных показателях, так и на видовой структуре мелких млекопитающих. Очень близкими оказались реакции синантропных и агрофильных видов — домовой мыши и серого хомячка, для которых характерен рост численности в условиях изоляции от выпаса скота (2.7-3.5 ос. на 100 л/с) и резкое падение численности в условиях интенсивного выпаса 0.7-1.4 ос. на 100 л/с. (табл. 1)

**Таблица 1.** Популяционные показатели мелких млекопитающих в условиях с различным режимом выпаса скота в Ногайской степи.

		Популяционные показатели													
Виды		тенност па 100 л			Macca тела (adultus)		Плодовитость		ad / juv		ad ♀/ ad ♂				
	И3	УВ	ИВ	ИЗ	УВ	ИВ	И3	УВ	ИВ	И3	УВ	ИВ	И3	УВ	ИВ
Mus musculus	3.5	2.5	1.4	22.6	21.2	19.3	7.3	6.1	5.4	1	<u>1</u>	1	1	1	1
ivius iliusculus	±0.2	±0.2	±0.1	±0.9	±1.1	±1.0	±0.3	±0.5	±0.4	1.5	1.7	3.8	0.8	1.2	1.3
Cricetulus	2.7	1.6	0.7	35.8	31.6	28.8	7.7	6.9	5.7	1	<u>1</u>	1	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
migratorius	±0.2	±0.1	±0.1	±1.7	±1.8	±1.6	$\pm 0.4$	±0.3	$\pm 0.3$	1.4	2.5	5.1	1.3	8.0	1.1
Meriones		14.6	6.7		43.3	42.1		5.6	5.9		1	1.2		1	1
meridianus*	_	±0.5	±0.3	_	±1.9	±1.8	_	±0.4	±0.4	_	1.7	1		0.9	1.2

**Примечание к таблице 1:** ИЗ – участок изоляции, УВ – участок с умеренным выпасом, ИВ – участок с интенсивным выпасом; \* – для *Meriones meridianus* приведена абсолютная численность (ос. на 1 га).

Данные, полученные на участке изоляции, оказались совершенно неожиданными, т.к. известно, что режим изоляции приводит, как правило, к ухудшению качества растительной продукции. В данном конкретном случае, кормовые условия в режиме изоляции оказались более благоприятными. Это связано не столько с повышением общей продуктивности, сколько с ростом семенной продукции за счет густо разросшейся на участке изоляции рудеральной растительности. Анализ содержимого желудков домовой мыши и серого хомячка показал, что доля семян в пищевом комке составляла 80-85%.

Лучшие кормовые условия на участке изоляции соответственно сказались на росте уровня плодовитости обоих видов. В то же время, рост доли сеголеток в популяциях серого хомячка и домовой мыши отмечается, наоборот, на выпасаемых участках, где плодовитость ниже, чем на изоляции. Это кажущееся несоответствие объясняется постоянными активными миграциями в первую очередь взрослых особей на более благоприятные (менее выпасаемые) в кормовом отношении участки, что и приводит к перестройке возрастной структуры популяции. Показательно, что на изолированном участке в условиях стабильной кормобеспеченности возрастная и половая структура популяций серого хомячка и домовой мыши стабильны.

В рассмотренную схему реакций не вписывается фоновый для данной территории вид грызунов – полуденная песчанка. На фоне двукратных различий численности на участках интенсивного и умеренного выпаса скота практически все популяционные показатели остались без изменений. Можно отметить небольшие изменения в возрастной структуре популяции, что, связано с повышенной смертностью молодых особей в условиях снижения кормообеспеченности на участке интенсивного выпаса скота. Такая стабильность популяционной структуры объясняется с одной стороны особенностями колониального образа жизни полуденной песчанки, а с другой локальностью благоприятных для них участков обитания. Отсутствие полуденной песчанки на более кормном изолированном участке связано со спецификой межвидовых отношений гребенщиковой и полуденной песчанок приведшей к разделению по микроместообитаниям.

Выпас скота на опытных участках в Ногайской степи оказал существенное влияние и на видовую структуру сообщества мелких млекопитающих. Максимальное видовое разнообразие отмечено на участке умеренного выпаса скота – 8 видов, а на двух других существенно ниже в режиме изоляции – 5 видов и в режиме интенсивного выпаса – 4 вида. Снижение видового разнообразия мелких млекопитающих на изолированном участке, где уровень кормообеспеченности оказался наиболее высоким, мы связываем с резким повышением уровня межвидовой конкуренции. Численность всех отмеченных видов на участке изоляции оказалась самой высокой. В то же время на участке интенсивного выпаса скота, на фоне сокращения видового разнообразия в отличие от изолированного участка отмечаются самые низкие показатели численности всех видов (табл. 2).

**Таблица 2.** Характеристика видового разнообразия населения мелких млекопитающих в условиях выпаса скота в Ногайской степи.

Drywy y wassanamawy	Относит	гельная численность (н	иа 100 л/с)
Виды и показатели	ИЗ	УВ	ИВ
Mus musculus	3.50±0.19	2.50±0.24	1.40±0.11
Microtus socialis	-	1.4±0.17	-
Cricetulus migratorius	2.71±0.22	1.60±0.14	$0.67 \pm 0.08$
Crocidura leucodon	0.83	0.72	0.35
Crocidura suaveolens	0.50	0.39	-
Micromys minutus	-	0.05	•
Meriones meridianus	-	1.0±0.31	0.50
Meriones tamariscinus	0.25	0.22	-
		Показатели	
Обилие на 100 л/с	7.78±0.24	7.88±0.21	2.92±0.10
Число ловушко-суток	2400	3600	2400
Число особей (п)	177	294	68
Число видов (т)	5	8	4
Видвое разнообразие (µ)	4.08±0.14	6.57±0.18	3.73±0.12
Доля редких видов (h)	0.18±0.03	0.18±0.02	0.07±0.03

Анализ структуры доминирования показывает, что в условиях интенсивного выпаса самая низкая доля редких видов в сообществе (показатель выровненности; h=0.07) формируется типичная полидоминантная структура. Все виды в сообществе являются либо доминантами (*Mus musculus*, 47%), либо содоминантами (*Cricetulus migratorius*, *Meriones meridianus*, *Crocidura leucodon* – 12-23%).

OMAPOB 39

На двух других участках доля редких видов в сообществе в 2.6 раза выше, чем на участке интенсивного выпаса. На участке умеренного выпаса распределение видов неравномерное, за счет появления второстепенных видов. В результате, существенно возрастает видовое разнообразие и общая численность мелких млекопитающих, а сообщество более дифференцировано по группам доминирования и как следствие формируется олигодоминантная (h=0.18) структура доминирования. На участке умеренного выпаса можно выделить в качестве доминанта  $Mus\ musculus\ -31\%$ , содоминантов  $Microtus\ socialis\ Cricetulus\ migratorius\ Meriones\ meridianus\ -13-20\%$  и второстепенные виды —  $Crocidura\ leucodon\ Crocidura\ suaveolens\ Meriones\ tamariscinus\ Micromys\ minutes\ -1-9\%$ . Аналогичная картина на участке изоляции.

Выпас скота в полупустынных эфемерово-полынных пастбищах Ногайской степи привел к резкой перестройке структуры популяций и видового разнообразия мелких млекопитающих. В этой связи представляет особый интерес изучение вектора изменений в популяциях и населении микромаммалия в типичных степных ценозах, где можно найти все варианты пастбищной нагрузки. В качестве такого исследовательского полигона рекомендуется использовать классические ковыльно-карагановые степи Восточной Монголии (1000-1200 м н.у.м.).

Ковыльно-карагановые степи Восточной Монголии. Все опытные участки располагались в районе Туменцогтского восточно-степного стационара Института ботаники Монгольской Академии Наук (Сухбаатар аймаг, Туменцогт сомон), расположенного в зоне типичных степей Восточной Монголии. Территория характеризуется пастбищным хозяйственным использованием, часть ее имеет природоохранный статус с исключением пастьбы домашних животных (Омаров и др., 2008; Omarov et al., 2010).

Как показали учеты из семи видов, населяющих данную территорию, у четырех видов – полевки Брандта (Lasiopodomus brandti), даурского суслика (Citellus dauricus), хомячка Кэмпбелла (Phodopus campbelli), даурской пищухи (Ochotona daurica) произошли существенные изменения в структуре популяций. Даурский суслик, хомячок Кэмпбелла и даурская пищуха в заповедном режиме, где имел место только естественный выпас дзерена и в режиме умеренного выпаса скота повышали свою численность, и, наоборот, в условиях полной изоляции (режим изоляции 7 лет) и режиме интенсивного выпаса понижали. В отличие от рассмотренных выше реакций домовой мыши и серого хомячка изменения демографической структуры хомячка Кэмпбелла и даурского суслика оказались более направленными, что привело к существенному преобладанию самцов в пессимальных для этих видов условиях (интенсивный выпас, режим изоляции; табл. 3).

**Таблица 3.** Популяционные показатели модельных видов мелких млекопитающих в условиях с различным режимом выпаса скота в степных ценозах Восточной Монголии.

	Популяционые показатели											
Виды	Численность, ос. на 100 л/с			Macca тела (adultus)				Плодовитость*				
	3	УВ	ИВ	И3	3	УВ	ИВ	ИЗ	3	УВ	ИВ	ИЗ
Citellus dauricus	2.1	1.5	1.1	1.2	212.4	209.7	197.6	192.2	7.1	6.7	5.2	6.8
Citetius aduricus	$\pm 0.4$	±0.2	±0.2	±0.2	±5.2	±7.8	±8.9	±6.1	±0.5	±0.3	±0.2	±0.2
Dhodonus camphalli	5.1	5.2	2.1	1.0	26.9	27.3	23.2	21.8	8.1	8.8	6.4	8.0
Phodopus campbelli	±0.2	±0.1	±0.3	±0.1	±1.3	±0.8	±1.1	±0.9	±0.3	±0.5	±0.3	±0.4
Ochotona daurica	1.3	0.3	0.7	0.5	126.2	123.9	125.4	124.7	5.3	5.5	5.8	5.6
	±0.4	0.5	0.7	0.5	±5.2	±5.7	±3.2	±7.6	±0.3	±0.2	±0.3	±0.5

**Примечание**  $\kappa$  **таблице 3:**  $\underline{3}$  – заповедная территория для охраны дзерена (выпас домашнего скота отсутствует).

Популяционные реакции даурской пищухи практически полностью совпадают с реакциями рассмотренной выше полуденной песчанки. Примечательно, что для обоих видов характерен колониальный тип поселений. Пессимизация среды (в частности, перевыпас) приводит у колониальных животных к повышенной смертности сеголеток и соответственно существенному увеличению доли взрослых особей.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 2 (71)

Изучение структуры населения мелких млекопитающих Восточной Монголии показало, что также, как и в Ногайской степи юга России, видовое разнообразие и численность мелких млекопитающих повышается в условиях умеренного выпаса, в то время как в условиях интенсивного выпаса отмечаются противоположные тенденции. В условиях изоляции в отличие от Ногайской степи отмечается снижение суммарной численности мелких млекопитающих (в 3-6 раз) и их видового разнообразия в 2 раза (табл. 4).

**Таблица 4.** Видовая структура сообщества мелких млекопитающих в условиях с различным режимом выпаса скота в Восточной Монголии (2002-2005 гг.).

D	От	носительная числ	енность (ос. на 100	л/с)
Виды и показатели	3П	УВ	ИВ	ИЗ
Citellus dauricus	2.1±0.4	1.5±0.2	0.7	0.2±0.2
Phodopus campbelli	5.1±0.3	5.2±0.1	1.8±0.2	1.1±0.1
Cricetullus pseudogriseus	0.4	0.3	-	-
Ochotona daurica	1.3±0.3	0.3	-	1.5
Microtus gregalis	0.4	0.2	-	-
Lasiopodomus brandti	4.8±0.3 (352.5±21.4)*	8.5±0.5 (684±31.5)*	15.4±0.58 (3322.1± 10.1)*	-
Allactaga sibirica	0.3	0.8	-	-
Обилие на 100 л/с	14.4±0.3	16.8±1.6	17.9±0.7	2.8±0.4
Число ловушко-суток	2700	3200	2300	1300
Число видов	7	7	3	3

**Примечание**  $\kappa$  **таблице 4:** \* – число нор *Lasiopodomus brandti* (нор/1 га).

Существенным фактором, непосредственно повлиявшим на показатели численности в сообществе является характер изменений, произошедших в растительном покрове. С одной стороны, полная изоляция привела к доминированию грубых злаков малопривлекательных для питания растительноядных мелких млекопитающих, с другой стороны произошло обеднение видового разнообразия растительности и снижение продуктивности (с учетом изъятия фитомассы). Анализ структурных показателей показывает, что в условиях интенсивного выпаса скота формируется полидоминантное сообщество (h=0.06), в то время как в режиме умеренного выпаса скота – монодоминантное (h=0.34). В качестве абсолютного домината выступает полевка Брандта, с долей в общем обилии более 50%. Содоминанты представлены хомячком Кэмпбелла (30%), а все остальные пять видов относятся к группе второстепенных видов (1-8%).

### Выводы

Формирование полидоминантных сообществ мелких млекопитающих в режиме умеренного выпаса скота происходит за счет редких малочисленных видов и роста видового разнообразия. В условиях интенсивного выпаса в результате выпадения из состава сообщества малочисленных видов формируется монодоминантная структура сообщества. Структура населения мелких млекопитающих в условиях интенсивного выпаса скота в Восточной Монголии показывает схожие закономерности с трендом изменений в Северо-Западном Прикаспии.

В полупустынных и степных ценозах Северо-Западного Прикаспия и Восточной Монголии выпас скота оказывает существенное влияние на популяционную и видовую структуру населения мелких млекопитающих. Это определяется в первую очередь тем влиянием, которое оказывает выпас домашнего скота на структуру и продуктивности растительного покрова. В пастбищных экосистемах Северо-Западного Прикаспия (1998-2002 гг.) и Восточной Монголии (2002-2005 гг.) интенсивность выпаса домашнего скота на отдельных участках превышает значения, характерные для диких копытных. В каждом конкретном случае ответные реакции популяций и сообществ мелких млекопитающих на выпас скота определяются как интенсивностью нагрузок, так и видоспецифическими особенностями популяционных и видовых систем.

OMAPOB 41

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абатуров Б.Д. 2001. Экологические последствия пастьбы копытных млекопитающих для экосистем полупустыни // Экологические процессы в аридных биогеоценозах. М. С. 57-84.
- Воронов А.Г. 1975. Роль млекопитающих в жизни биогеоценозов суши // Бюллетень МОИП. Серия биологическая. Т. 80. С. 91-106.
- Животовский Л.А. 1980. Показатель внутрипопуляционного разнообразия // Журнал общей биологии. Т. 41. № 6. С. 828-836.
- Карасева Е.В., Телицина А.Ю. 1996. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М.: Наука. 227 с.
- *Магомедов М.-Р.Д., Муртазалиев Р.А.* 2001. Влияние выпаса на продуктивность и структуру растительности пастбищных экосистем Терско-Кумской низменности // Аридные экосистемы. Т. 7. № 14-15. С. 39-47.
- *Муртазалиев Р.А.* 2002. Влияние выпаса скота на продуктивность и структуру растительного покрова пастбищных экосистем Дагестана. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Махачкала: ДГУ. 28 с.
- *Нечаева Н.Т.* 1980. Реакция пастбищной растительности на выпас скота в пустынях Средней Азии // Фитофаги в растительных сообществах. М.: Наука. С. 5-30.
- Омаров К.З., Дмитриев И.А., Жаргалсайхан Л. 2008. Динамика видовой структуры сообществ микромаммалия в пастбищных экосистемах Восточной Монголии // Материалы Российско-Монгольского симпозиума "Глобальные и региональные особенности трансформации экосистем Байкальского региона". Улан-Батор: Жинст Харгана. С. 196-198.
- Шарашова В.С. 1989. Устойчивость пастбищных экосистем. М.: Агропромиздат. 240 с.

### = ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ =

УДК 502.37

## ОБ УСЛОВИЯХ СОХРАНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ НА ГАЗОНЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

© 2017 г. М.-П.Б. Айтеков

Институт геологии ДНЦ РАН Россия, 367030, г. Махачкала, ул. Ярагского, д. 75. E-mail: aytekov37@mail.ru

Поступила 20.07.2016

На участке газонефтяного месторождения Дузлак, где ранее проводилась гамма-съёмка, определены концентрации радионуклидов, ответственных за радиоактивное заражение местности. Обоснована недостаточная эффективность коллекторно-дренажного канала, окаймляющего участок. Дана оценка травертинам как стройматериалу. Предложены меры по изоляции солей радиоактивных и других элементов, накопленных на рассматриваемом участке.

*Ключевые слова:* загрязняющие компоненты, соли, экологическая ситуация, радионуклиды, геоэкология.

В нефтяной геологии проблемы загрязнения окружающей среды нефтью и её сопутствующими компонентами существуют со времён добычи человеком полезных ископаемых с середины XIX столетия. В практике добычи нефти и газа как ведущих полезных ископаемых имеются случаи, когда локальные загрязнения почв и экосистем, в частности, радионуклидами, связанные с выпадением солей из пластовых и нефтяных вод приобретали более широкие масштабы в результате развития различных видов миграции вещества.

Для максимального уменьшения неблагоприятного воздействия природной и техногенной радиации на местное население, рассмотрена (Айтеков и др., 2015) и оценена радиационная обстановка газонефтяного месторождения Дузлак, предложены параметры условий по изоляции солей и устранения процессов засоления окружающей территории.

### Материалы и методы исследования

Месторождение Дузлак приурочено к сводовой части одноимённого брахиантиклинального поднятия, площадью 3.8 км² и находится на территории Южного Дагестанае. Дузлак относится к месторождениям Восточной антиклинальной зоны. Наличие в зоне двух крупных тектонических нарушений (Главный Дербентский разрыв Восточной антиклинальной складки) создает условия для восхождения минерализованных вод из глубоких горизонтов земной коры на дневную поверхность (Мусаев, 1968) и отрицательно сказывается на экологическом благополучии территории (рис. 1).

Вопросы локальных загрязнений территорий, отведённых для нефтегазодобычи, освещались



**Рис. 1.** Космический снимок площади Дузлак (фрагмент).

многими исследователями. Геоэкологические проблемы Дагестанского побережья Каспия и некоторые пути их решения изложены также в монографии К.А. Сабанаева с соавторами (2008). В работе З.Г. Залибековас соавторами (2015) обсуждаются вопросы развития антропогенного почвоведения, современного состояния почв Дагестана и влияния антропогенного фактора на освоенные почвы. Приведённые им данные Статистического управления Дагестана (табл. 1) за 2000 год относительно процессов эрозии и засоления почв несколько занижены.

**Таблица 1.** Площади земель Дагестана, подверженные природным и антропогенным воздействиям, млн. га.

	Воздействие						
Процессы	Естеств	енное	Антропогенное				
•	РΦ	РД	РΦ	РД			
Эрозия	70	1.7	40	0.6			
Засоление	40	1.9	30	0.7			
Разрушение	-	-	9.2	8.0			

В то же время эти данные объективно отражают тенденции преобладающей роли эродированных и засолённых почв естественного и антропогенного воздействия.

По данным Д.А. Мирзоева с соавторами (1986), на Дузлаке в 1951 г. была начата промышленная разработка нефтяной залежи, где пробурено 24 скважины. С целью разведки и повторной добычи углеводородного сырья в 2006 году Региональное агентство по недропользованию по Южному федеральному округу РФ проводило аукцион на право пользования недрами участка Дузлак. Принятая попытка возродить добычу углеводородов не дала положительных результатов. По определению С.Э. Мусаева (1960) травертиновые покровы, образовавшиеся в результате осаждения карбоната кальция, являются «свидетелями» интенсивного излияния верхнемеловых вод на дневную поверхность. Можно отметить, что вскрытие скважинами верхнемеловых известняков на площади Дузлак сопровождалось мощными фонтанами горячих и сильноминерализованных вод с дебитом до 10-20 тыс. м³ в сутки с температурой 60-70°С. Автор работы (Курбанов, 2001), посвящённой гидрогеологии газовых и газонефтяных месторождений Восточной антиклинальной зоны Южного Дагестана считает, что хадумский горизонт, фораминиферовая свита, мел и юра представляют собой единый водоносный горизонт.

### Результаты и обсуждение

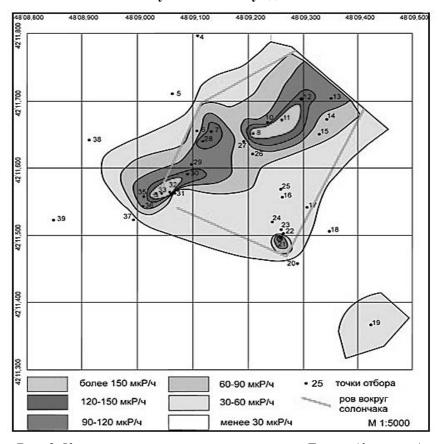


Рис. 2. Карта радиоактивности почв площади Дузлак (фрагмент).

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 2 (71)

Результаты проведенной гамма-съёмки на засолённых почвах и травертиновом покрове (Газалиев и др., 2013) показывают распределение радиоактивности на оконтуренной дренажным каналом части площади Дузлак и радиационную обстановку объекта (рис. 2).

Из множества точек наблюдений, где проводилось трёхкратное измерение радиоактивности геологоразведочным сцинтилляционным прибором СРП-88H с выводом среднего значения, отобрана партия проб для дальнейших лабораторных исследований. Прибор предназначен для измерения естественного гамма-излучения при начальном энергетическом пороге регистрации не более 50 кэВ. Пределы допускаемой относительной погрешности измерения потока гамма-излучения составляет  $\pm 10\%$ . Лабораторные измерения проводились на гамма-бета-спектрометрическом комплексе «Прогресс-БГ» с использованием программного обеспечения (табл. 2).

**Таблица 2.** Результаты гамма-спектрометрического определения естественных радионуклидов (ЕРН) в пробах объекта Дузлак.

№ пробы и ее литологическая характеристика	Удельная активность радионуклида, Бк/кг	Удельная эффективная активность ЕРН, Бк/кг	Мощность дозы, мкЗв/ч	Содержание элемента, 10 <sup>-4</sup> % (г/т)
Д-1: почва фоновая, поверхность серого цвета с остатками растительного покрова	K-40: 62.0±136.00 Th-232: 38.72±9.02 U-238 (Ra-226): 33.12±7.68	137±18	0.27	K-40: 207.85±31.81; Th-232: 0.10±0.02; U-238(Ra-226): 0.03±0.00.
Д-4: травертин серого цвета с розоватым оттенком	K-40: 00.0±23.00 Th-232: 00.0±2.33 U-238 (Ra-226): 602.80±63.70	603±64	0.96	K-40: 0.00±6.06 Th-232:0.00±0.00 U-238(Ra-226): 0.49±0.04.
Д-5: почва засолённая, поверхность светло- серого цвета	K-40: 251.0±145.00 Th-232: 00.0±10.30 U-238 (Ra-226): 3299.0±346.00	3320±34	5.33	K-40: 83.8±3,0 Th-232: 0.0±0,0 U-238 (Ra-226): 2.7±0.2

Для регистрации гамма-излучения от счётного образца используется гамма-спектрометрический тракт со сцинтилляционным блоком детектирования (СБД), который включает в себя сцинтиллятор, фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) с делителем высокого напряжения и спектрометрический усилитель импульсов. СБД располагается в специальном свинцовом экране для его защиты от внешнего излучения. Для проведения калибровки по энергии и контроля за сохранностью параметров для каждого из трёх трактов измерений (альфа, бета, гамма) в комплект установки входят контрольные источники. Для экспонирования счётных образцов в зависимости от геометрической конфигурации сцинтилляционного кристалла применяются различные измерительные кюветы. В нашем случае при измерениях использовался сосуд Маринелли. В состав радиологического комплекса «Прогресс-БГ» входит и оборудование на основе активированного угля для мониторинга окружающей среды. Для измерения активности радона, сорбированного в активированном угле, комплект базируется на использовании сцинтилляционного гамма-спектрометра «Прогресс-гамма».

Высокие показатели засолённых почв, выявленные приборами СРП-88Н и Прогресс-БГ, обусловлены излившимися из аварийных скважин высокоминерализованными нефтяными и пластовыми водами, содержащими множество солей, в том числе солей радиоактивных элементов. При радиационном уровне 0.1-0.2 мкЗв/ч, соответствующем нормальному естественному фону местности, выявлены отдельные участки, где прибор фиксирует мощности доз излучения до 3.55 мкЗв/ч, создавая более чем 20-кратное его превышение. Для наглядности отметим, что в случае проживания в данной местности население получит экологически значимую дозовую нагрузку

облучения, равную 31.1 мЗв/г, в то время как в «Нормах радиационной безопасности (НРБ 99/2009)» установлен дозовый предел для населения за счёт техногенного облучения 1 мЗв/г. Заражённая радионуклидами рассматриваемая местность с существующей на ней ветровой эрозией представляет опасность внутреннего облучения населения через потреблённые продукты, выращенные на сельхозугодиях, находящихся вблизи экологически неблагополучной территории.

Травертины относятся к карбонатным породам из класса известняков, которым присуща слабая радиоактивность (табл. 3).

	Содерж	кание компонентов, %	
Компоненты	Газонефтяное месторождение Дузлак (Южный Дагестан)	Месторождение Сары-Таш (Кыргызстан, Ошская область)	Компания Stone Decor (Казахстан)
CaO	20.4	33.5-45.65	49.27
MgO	0.32	6.77-16.15	0.60
$SiO_2$	39.9	2.26-5.6	6.01
TiO <sub>2</sub>	0.08	0.05-0.06	0.02
MnO	_	0.03-0.06	_
$Al_2O_3$	0.95	0.66-4.47	0.70
K <sub>2</sub> O	0.04	0.04-0.18	
Na <sub>2</sub> O	0.11	0.01-0.06	0.43
ППП (потери при прокаливании)	_	41.7-3.69	40.38
$SO_3$	_	0.34-0.6	_
$P_2O_5$	_	0.0308	_
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.54	0.36-0.54	2.59
CO <sub>2</sub>	16.4	_	_
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	603	110	116

В травертинах площади Дузлак по сравнению с другими регионами наблюдается существенная разница не только в содержании породообразующего компонента, такого как CaO, но и SiO<sub>2</sub>. В силу своих сорбционных свойств кремнезём «связывает» изотопы  $U^{238}$  и  $K^{40}$ . Поэтому значение удельной эффективной активности EPH в травертинах площади Дузлак намного превышает таковые по другим регионам. При использовании травертинов в строительстве по величине удельной эффективной активности EPH устанавливается класс строительного материала по ГОСТ 30108-94. Указанный показатель для месторождений Кыргызстана и Казахстана соответствует строительному материалу I класса, а для территории Дузлак – II класса.

В небольшом отдалении от зоны развития травертинов откартирован участок почвы с надфоновым содержанием радионуклидов, что свидетельствует о недостаточной эффективности дренажного канала по предотвращению миграции и локализации радионуклидов и других загрязняющих компонентов, изливающихся пластовых и нефтяных вод. Наряду с положительной функцией, дренажный канал выполняет и функцию отрицательную, создавая более интенсивную аридизацию местности.

Экологическая сущность метода гамма-спектрометрического определения естественных радионуклидов заключается в установлении радиационной обстановки объекта и создании необходимых условий для предотвращения радиоактивного загрязнения местности при его высоком уровне. Рекомендуемый метод может быть применён для всех природных зон с аридным климатом.

Важной задачей является ликвидация утечек из разгерметизированных скважин высокоминерализованных вод, содержащих соли различных элементов и их изоляцию от дальнейшего участия в процессах засоления почв. Для этих целей предлагается использовать экономически выгодное местное сырьё — песок и торф. Торф обладает высокой сорбционной способностью с микрофлорой, обладающей деструктивной функцией и не требует значительного адаптационного периода при загрязнении почв нефтью и другими компонентами. Пески сыпучие и песчаные грунты обладают нейтрализующей способностью и высокой поглотительной способностью.

### Выводы

В целях восстановления и дальнейшего сохранения экологического равновесия на почвах, загрязнённых изливающимися из расконсервированных скважин высокоминерализованными водами газонефтяного месторождения Дузлак, предлагаются:

- 1. В случае невозможности ремонта изливающихся скважин со сбросом высокоминерализованных нефтяных и пластовых вод ликвидировать их, руководствуясь "Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности", утвержденными Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Ликвидация скважин осуществляется в соответствии с проектной документацией в сроки, согласованные с территориальными органами Госгортехнадзора России.
- 2. Произвести покрытие экологически проблемного участка почв месторождений компостом, в качестве которого рекомендуется использовать смесь, состоящую из песка с низинным торфом. Такая смесь создаст более плотное покрытие, не подверженное естественному механическому разрушению. Для уплотнения покрытия приемлемым периодом является сезон с более высокой относительной влажностью воздуха (весна или осень).
- 3. При реализации рекомендуемых мер, предлагается ликвидировать дренажный канал, так как антропогенная аридизация местности в совокупности с ветровой эрозией почв усиливают экологическую напряжённость соседних территорий.
- 4. Для предотвращения негативной экологической ситуации и принятия необходимых условий на рассматриваемой площади проводить ежегодный разовый мониторинг по определению в почвах концентрации и миграции солей радиоактивных и биофильных элементов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Айтеков М.-П.Б., Газалиев И.М. 2015. Радиоактивность и проблемы изоляции радионуклидов на газонефтяном месторождении Дузлак (Южный Дагестан) // Материалы XIV Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». Москва (Россия) Бишкек (Кыргызстан). С. 234-236.
- Газалиев И.М., Айтеков М.-П.Б., Бабаев М.Р., Идрисов И.А. 2013. Радиоактивная почвенная аномалия нефтегазоносной площади Дузлак // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. № 62. Махачкала. С. 78-80.
- *Залибеков 3. Г., Биарсланов А.Б.* 2015. Развитие антропогенного почвоведения как самостоятельной отрасли естественных наук // Аридные экосистемы. Том 21. №1 (62). С. 5-16.
- *Курбанов М.К.* 2001. Геотермальные и гидроминеральные ресурсы Восточного Кавказа и Предкавказья. Москва: Наука. 260 с.
- *Мирзоев Д.А., Шарафутдинов Ф.Г.* 1986. Геология месторождений нефти и газа Дагестана. Махачкала: Дагестанское книжное издательство. 306 с.
- *Мусаев С.Э.* 1960. Перспективы нефтегазоносности мезозойских отложений Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского ФАН СССР. Том II. Махачкала. С. 25-38.
- *Мусаев С.Э.* 1968. Ещё раз о Главном дербентском разрыве // Труды Института геологии Министерства геологии СССР. Вып. № 7. Махачкала: Дагестанское учебно-педагогическое издательство. С. 339-346.
- Сабанаев К.А., Черкашин В.И. 2008. Геологическое строение и нефтегазоносность осадочного комплекса Российского сектора Каспийского моря. Махачкала: ООО «Динэм». 208 с.

### — ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ **=**

УДК 631.1:631.8:634.2

# ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЧВ НА РЕПРОДУКТИВНЫЕ ОРГАНЫ МНОГОЛЕТНИХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТНОГО ГРАДИЕНТА

### © 2017 г. О.К. Власова, Г.Г. Магомедов

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН Россия, 367000, г. Махачкала, ул. Гаджиева, д. 45. E-mail: vlasov\_ok@rambler.ru

### Поступила 27.05.2015

Дана оценка качественного состава и количественного содержания минеральных веществ в почвах и репродуктивных органах абрикоса сорта Краснощекий и яблони сорта Старкримсон, культивируемых в экологических условиях равнин и предгорий Дагестана. При адаптации к природным факторам нижнего предгорья растения абрикоса и яблони содержат в плодах большее, чем на равнине, количество сахаров; концентрируют больше Са и Р, при уменьшении К, Na, Mg и Cu. Растения одного и того же вида, произрастая на почвах с различным содержанием минеральных веществ, различаясь по суммарному содержанию макро- и микроэлементов в плодах, аккумулируют в равнозначном уровне содержания фосфора, натрия, кальция, меди, никеля и свинца.

*Ключевые слова:* абрикос, яблоня, минеральные вещества, адаптация, почва, равнина, предгорье, репродуктивные органы.

Общепризнанным является диагностика потребности растения в обеспечении соответствия среды обитания его особенностям, подбор экологических ниш для определенных сортов, где они могут максимально проявить свои потенциальные биологические возможности для эффективного использования ресурсного потенциала. Решающее значение при этом имеют климат, почва, рельеф, подверженные изменению по природным зонам и высотным отметкам: равнинного, предгорного и горного Дагестана (Залибеков, 1995; Физическая география ..., 1996; Аджиев и др., 1998, Аджиев, 2002). В связи с этим, представляет интерес изучение влияния высотного градиента на формирование элементного состава почвы и плодов растений, произрастающих на ней, поскольку минеральные вещества играют важную роль в формировании биогенных циклов круговорота веществ, в метаболических процессах живого организма. Элементы, входящие в состав витаминов, ферментов, белков и других биологически активных веществ, обладают высокой биологической активностью, формируют процессы, необходимые для онтогенеза (Ребров и др., 2008; Турна и др., 2010). Выявление, определение элементного состава у растений, как главных источников биологически активных веществ имеют теоретическую и прикладную значимость в региональном плане.

Цель работы – выявление закономерностей, позволяющих определить особенности элементного состава в почвах и плодах абрикоса и яблони, произрастающих на различных высотах н.у.м.

### Объекты и методы исследований

Опытные участки представлены светло-каштановыми легкосуглинистыми и каштановыми тяжелосуглинистыми типами почв; образцы отобраны по профилю в пределах распространения основной массы корней. Одновременно проведен сбор плодов абрикоса обыкновенного *Prunus armeniaca* L. сорта Краснощекий и яблони *Malus domestica* Borkh. сорта Старкримсон, произрастающих в микрорайонах Центрального Дагестана равнинной и предгорной зон. Агротехнические мероприятия, проводившиеся на опытных участках разных высотных отметок под одноименными сортами, были идентичны. Отбор почвенных образцов осуществляли по общепринятой методике почвенных исследований (Руководство ..., 1979). Определяли суммарное содержание сахаридов и кислот титрометрически по ГОСТ 27198-87, ГОСТР 51621-2000. Макро- и микроэлементы в почвах определены в валовой форме; макроэлементы — методом пламенной фотометрии и двухканальным спектрофотометром «Flapno-4»; микроэлементы — на атомно-абсорционном спектрофотометре «Hitachi-208». Фосфаты и нитраты — методом ионной

хроматографии на хроматографе «HITACHI» L-7110. Азот нитритный и аммонийный – фотометрическим методом на фотоэлектрокалориметре «КФК-2МП». Обработку полученных результатов осуществляли методом математической статистики (Дмитриев, 1995).

### Результаты и обсуждение

Изучаемые растения выращены на двух участках, расположенных в предгорной и равнинной зонах. *Микрорайон равнинной зоны* находится на территории Республиканского эколого-биологического центра в Махачкале, высота 34 м над уровнем моря, климат умеренно жаркий. Сумма активных температур (САТ) 3800-3900°С. Температура воздуха теплого месяца 24.2°С. Среднегодовое количество осадков 350-360 мм. Почвы — светло-каштановые, легкосуглинистые, орошаемые.

Микрорайон предгорной зоны расположен в предгорьях на высоте 475 м над уровнем моря, где климат умеренно теплый с заметным проявлением высотной поясности. САТ — 3400-3500°С. Температура воздуха самого теплого месяца 21.8°С. Среднегодовое количество осадков 400-460 мм. Почвы опытного участка каштановые, карбонатные, тяжелосуглинистые, орошаемые (Гаджиев и др., 2001). При полевом обследовании участков грунтовые воды не обнаружены. Результаты химического анализа водной вытяжки почв (табл. 1) показывают отсутствие процессов засоления и высокое содержание гумуса.

**Таблица 1.** Результаты химического анализа водной вытяжки почв участков, расположенных на различных высотных отметках.

Микрорайон, высота над уровнем моря, почва	Глубина отбора проб, см	Сухой остаток, %	HCO <sup>2-</sup> 3, <u>мг/экв.</u> <sup>9</sup> ⁄ <sub>0</sub>	Сl <sup>-</sup> , <u>мг/экв.</u> %	SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup> , <u>ΜΓ/ЭКВ.</u> <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Са <sup>2+</sup> , <u>мг/экв.</u> <sup>%</sup> 0	$Mg^{2+}$ , $M\Gamma/\Im KB$ .	K <sup>+</sup> Na <sup>+</sup> , по разности <u>мг/экв.</u> %
равнинный, 34 м, светло- каштановая,	А плант. 0-60	0.228	0.66 0.040	0,80 0.028	1.70 0.082	1.50 0.030	0.50 0.006	1.16 0.026
предгорный, 475 м, каштановая	А плант. 0-60	0.081	0.22 0.018	0.18 0.005	0.68 0.032	0.87 0.014	<u>0.18</u> 0.01	0.20 0.003

При определении элементного состава почв отмечены существенные отличия, как в суммарном, так и в индивидуальном содержании валовых форм обнаруженных компонентов. Почва равнинного участка содержит больше азота, фосфора и калия, что отразилось на величине суммарного содержании азота, фосфора, калия (NPK) — 817.9 мг/кг против 292.9 мг/кг в предгорье. Снижение содержания фосфора в глинистых почвах (предгорный микрорайон) может быть обусловлено закреплением его почвой (Очур-оол и др., 2009). Фосфор участвует в передаче наследственной информации, синтезе белковых соединений, в энергетическом обмене, входит в состав различных ферментов и витаминов.

Почвы предгорий менее обеспечены макроэлементами, по сравнению с условиями равнин, но богаче – микроэлементами (табл. 2).

Выявленные особенности химических свойств почвы, большая инсоляция и влагообеспеченность предгорий, нашли отражение в формировании элементного состава репродуктивных органов изученных культур. Сбор плодов абрикоса и яблони проведен в период потребительской зрелости, когда окончены процессы роста и накопления. Они приобрели свойственные стандартную окраску, вкус и аромат. Массовая концентрации сахаров в абрикосах и яблоках составила 11.6, 13.3 г/100 см³ и 10.3, 12.0 г/100см³, титруемых кислот — 1.34, 1.63 г/100 см³ и 0.43, 0.42 г/100 см³ соответственно в равнинной и предгорной зонах.

При исследовании элементного состава обнаружено, что суммарное содержание макро- и микроэлементов, в образцах с предгорья ниже, чем в плодах с равнины. По наличию микроэлементов лидируют плоды абрикоса с предгорья и яблони с равнины. Во всех опытных образцах идентифицированы и количественно определены все анализируемые элементы (табл. 3).

Таблица 2. Химический состав почв опытных участков.

Компоненты	Микрорайоны, высота н	ад уровнем моря
KOMHOHEHTEI	равнинный, 34 м	предгорный, 475 м
NO <sub>3</sub> -	1.0 - 1.5	2.5-3.5
$NO_2^-$		
Фосфор	100.3	76.6
Калий	16.1	12.8
Магний	33.4	42.2
	50.8	21.6
	6.6	3.2
Натрий	711.0	213.1
Кальций	1164.0	473.2
<i>Микроэлементы</i> , мг/кг:	176.0	111.8
Свинец	4504.0	5500.0
Литий		
Медь	1.91	2.3
Цинк	0.79	1.0
Марганец	0.45	7.5
Никель	1.72	13.8
Кобальт	67.7	59.8
Железо	2.55	3.4
	0.26	0.8
	79.5	115.0

Таблица 3. Элементный состав плодов абрикоса и яблони.

	1	Микрорайон, высота	а над уровнем морг	Р
Элементы, мг/дм <sup>3</sup> сока	равнинн	ый, 34 м	предгорі	ный, 475м
	абрикосы	яблоки	абрикосы	Яблоки
Макро- :				
Калий	$6700.0\pm30.4$	1787.7±18.1	5800.0±26.3	1270.0±15.8
Фосфор	$180.3 \pm 0.5$	67.0±0.2	181.7±0.5	$68.0\pm0.2$
Магний	61.5±0.7	52.0±0.3	33.6±0.3	51.5±0.3
Натрий	69.4±1.4	51.0±1.0	67.2±1.0	45.9±0.8
Кальций	$303.8 \pm 1.5$	46.2±0.8	305.8±1.8	50.4±0.9
Сумма	7315.0±34.5	2003.9±20.4	6388.3±29.9	1485.8±18.0
Микро- :				
Железо	$1.110\pm0.050$	3.663±0.150	$1.20 \pm 0.050$	2.442±0.150
Медь	$0.359\pm0.010$	0.084±0.010	$0.332\pm0.010$	$0.039\pm0.010$
Никель	$0.028 \pm 0.010$	$0.016\pm0.005$	$0.028\pm0.010$	$0.013\pm0.004$
Цинк	$0.107 \pm 0.015$	$0.344\pm0.010$	$0.186\pm0.020$	$0.238\pm0.010$
Марганец	$0.119\pm0.005$	$0.168\pm0.010$	0.131±0.010	$0.070\pm0.010$
Кобальт	$0.081 \pm 0.005$	$0.036\pm0.008$	$0.086\pm0.010$	$0.048 \pm 0.007$
Свинец	$0.004\pm0.001$	$0.003\pm0.001$	$0.004\pm0.001$	$0.003\pm0.001$
Литий	$0.024\pm0.001$	0. 027±0.001	$0.024\pm0.001$	$0.009\pm0.002$
Сумма	1.832±0.097	4.341±0.195	2.011±0.112	2.862±0.194
Сумма				
идентифицированных	7316.832±34.597	$2008.241 \pm 20.595$	6390.311±30.012	1488.662±18.194
элементов				

Ряды убывания концентраций элементов в плодах полученных на равнине характеризуются: для абрикосов – калий, кальций, фосфор, натрий, магний, железо, медь, марганец, цинк, кобальт, никель, литий, свинец; для яблок - калий, фосфор, магний, натрий, кальций, железо, кобальт, цинк, марганец,

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 2 (71)

медь, литий, никель, свинец. В предгорьях и на равнине, последовательность элементов в ряду убывания одинаковая, за исключением марганца и цинка. В плодах яблони из предгорий ряд убывания отличается последовательностью расположения кальция, натрия и ряда микроэлементов: кобальт поглощен в меньшей степени, чем цинк и марганец, а никель и литий — в большей степени, чем мель.

Во всех исследованных образцах преобладает калий, который играет важную роль в образовании, накоплении и передвижении углеводов. Накоплению сахаров может способствовать фосфор, который, включается в аденозинфосфаты, играющие ключевую роль в энергетическом обмене клетки, в фосфолипиды клеточных мембран и нуклеиновые кислоты. Растения абрикоса в предгорьях поглощали и концентрировали в плодах в большем количестве, чем на равнине, фосфор, кальций, железо, цинк, марганец и кобальт. Биологическое значение их заключается: цинк участвует в построении металлоферментных комплексов, марганец входит в состав фермента аргиназа, повышает усвоение меди, катализирует реакции фосфолирирования, декарбоксилирования, благоприятствовать накоплению фенольных соединений (Кретович, 1980; Мецлер, Повышенная концентрация этих элементов, в сочетании с другими экологическими факторами предгорий, обусловили метаболизм растения, направленный на биосинтез и накопление в плодах повышенного содержания сахаридов, кислот, витамина С, рутина и фенольных веществ (Власова и др., 2008).

Никель, свинец и литий в предгорьях и равнине обнаружены в равных концентрациях. Меди больше в плодах обоих видов растений, произрастающих на равнине, при значительном содержании в почве. Цинка, кобальта обнаружено больше в плодах абрикоса и в почве в предгорьях. Кобальт стимулирует цикл Кребса и оказывает положительное влияние на дыхание и энергетический обмен, входит в состав витамина  $B_{12}$  (Петровский, 1971).

В репродуктивных органах яблони из предгорий, в сравнении с показателями равнины, превалировали только кальций и кобальт. Важное значение имеет показатель — отношение (калий+магний)/кальций, который представляет информационную ценность яблок, предназначаемых для хранения. Основная роль кальция в ингибировании процессов старения и защите от поражения многочисленными болезнями проявляется в стабилизации структуры клеточных стенок, мембран и сохранения в них селективной проницаемости (Гудковский, 2001). В показателях яблок с предгорья отношение (калий+магний)/кальций в 1.5 раза ниже, чем в равнинной зоне, что имеет положительное значение в хранении и транспортировке.

Из группы элементов, оказывающих токсичное воздействие, в исследованных репродуктивных органах абрикоса и яблони обнаружены никель, свинец и цинк в количествах ниже предельно допустимых концентраций.

### Выводы

В условиях предгорья Дагестана каштановая почва на высоте 475 м в сравнении со светло-каштановой почвой равнинной зоны на высоте 34 м над уровнем моря, отличается низкой обеспеченностью азотом, фосфором, калием; магнием, натрием и большим содержанием гумуса, кальция, лития, меди, цинка, никеля, кобальта и железа.

При адаптации к природным факторам нижних предгорий растения абрикоса и яблони увеличивается в их плодах, количество сахаров, концентрируется больше Са и Р, при незначительной аккумуляции К, Na, Mg и Cu; растения одного и того же вида, произрастая на почвах с различным содержанием минеральных веществ, различаясь по суммарному содержанию макро- и микроэлементов, аккумулируют в плодах равнозначное количество фосфора, натрия, кальция, меди, никеля и свинца. При накоплении отдельных элементов в репродуктивных органах растений в их плодах увеличивается концентрация: у абрикоса – Mg, K, Na, Mn и Zn; у яблони – K, Na, Mn и Co.

Выявленные закономерности позволяют рекомендовать новые насаждения абрикоса и яблони для природных зон с учетом высотного градиента и повысить технологические качества определяющие легкость, транспортабельность и хранение.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аджиев А.М. 2002. Эколого-адаптивное виноградарство: Научные основы и прикладные аспекты / Махачкала: Издательский дом «Новый день». 264 с.
- Аджиев Ас. М., Аджиев А.М., Баламирзоев М.А.М. 1998. Почвенные ресурсы Дагестана, их охрана и рациональное использование. Махачкала. 328 с.
- Власова О.К., Абрамов Ш.А., Бахмулаева З.К., Абдуллаев Р.Д. 2008. Химико-технологические особенности плодов абрикоса в центральном предгорном и внутригорном Дагестане // Юг России: экология, развитие. № 2. С. 44-46.
- Гаджиев Г.Ш. 2001. Биологический круговорот органического вещества в садах // Сборник научных трудов Дагестанской опытной станции плодовых культур. Дагестан: Изд-во Новый день. 205 с.
- *Гудковский В.А.* 2001. Антиоксидантные (целебные) свойства плодов и ягод и прогрессивные методы их хранения // Хранение и переработка сельхозсырья. № 4. С. 13-19.
- Дмитриев Е.А. 1995. Математическая статистика в почвоведении. М.: МГУ. 319 с.
- Залибеков З.Г. 1995. Опыт экологического анализа почвенного покрова Дагестана. Махачкала. 140 с.
- Кретович В.Л. 1980. Биохимия растений. М. 445 с.
- *Мецлер Д.* 1980. Биохимия. М.: Мир. Т. 3. 489 с.
- *Очур-оол А.О., Ондар С.О., Ондар У.В.* 2009. Микро- и макроэлементы в почвах хемчинской котловины // Вестник Тывинского государственного университета. № 2. С. 31-35.
- Петровский К. С. 1971. Гигиена питания. М.: Медицина. 510 с.
- Ребров В. Г., Громова О. А. 2008. Витамины, макро- и микроэлементы. М.: ГЭОТАР Медиа. 960 с.
- Руководство по описанию почвенных профилей. 1979. М.: МГУ. 50 с.
- Турна А.А., Девиченский В. М. 2010. Роль минеральных веществ в иммунном ответе организма, активации ядерного транскрипционного фактора NF-кВ и матриксных металлопротеиназ // Вопросы питания. Том 79. № 2. С. 66-72.
- Физическая география Дагестана. 1996 / Ред. Б.А. Акаев, З.В. Атаев, Б.С. Гаджиев. Махачкала: ДГПУ. 384 с.

### = ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУЩЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ =

УДК 631.46:631.461

# ЭКСТРЕМОФИЛЬНЫЕ МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ И ИХ РАЗНООБРАЗИЕ В РЕГИОНЕ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ<sup>1</sup>

© 2017 г. Э.А. Халилова, С.Ц. Котенко, Э.А. Исламмагомедова, Р.З. Гасанов, А.А. Абакарова, Д.А. Аливердиева

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН Россия, 367000, Махачкала, ул. Гаджиева, д. 45. E-mail: eslanda61@mail.ru

### Поступила 29.05.2016

Впервые исследована микробная флора солонцово-солончаковых почв и галофитов в регионе Прикаспийской низменности. Выявлено более 40 видов и форм бактерий. При большом разнообразии почвенных микроорганизмов, бактерии рода *Bacillus* и *Salimicrobium* основными компонентами являются экстремофильные микробные сообществ засоленных почв, выявление которых является одним из показателей определения таксономической структуры, тесно связанной с типом экосистемы.

*Ключевые слова:* микробное разнообразие, галофильные бактерии, аридные экосистемы, засоленные почвы, концентрация солей

Высокий интерес к экстремофильным микроорганизмам в последние годы объясняется их биологической активностью. Известны фундаментальные работы, посвященные биоразнообразию, систематике, а также особенностям географического распределения бактерий в различных типах почв, взаимосвязи между засоленными почвами, генетическим разнообразием и структурой микробных сообществ (Добровольская и др., 2001, 2015; Добровольский и др., 2011). Соленые озера и засоленные почвы являются основными источниками для изоляции таких микроорганизмов. Республика Дагестан обладает многообразием природных ландшафтов, связанных с многими факторами, среди которых ведущее значение имеют повторяющиеся трансгрессии и регрессии Каспийского моря, прогрессирующие в условиях современного климатического потепления.

Согласно почвенно-географическому районированию Дагестана, исследуемая территория относится к Прикаспийской провинции светло-каштановых почв, солонцово-солончаковых комплексов и песков с признаками аридизации и опустынивания ландшафтов (Залибеков, 2000, 2010), где формируются условия для выживания уникальных галофильных микроорганизмов. Микробиота аридных экосистем оказывает влияние на содержание химических элементов, улучшение структуры почвы и повышение плодородия (Звягинцев и др., 2005). В пространственном масштабе состав микробного сообщества зависит от засоленности почв, степени токсичности солей и их распределения по профилю почвы. Обилие таких таксонов, как BRC1, Gemmatimonodates, практически не зависящих от уровня солености, указывает на высокую пластичность адаптационных качеств отдельных бактериальных филов. В микробных комплексах полупустынных почв наиболее распространены бактерии филумов Proteobacteria, Actinobacteria, Firmicutes и Bacteroidetes с подразделением на уровне родовых признаков (Bhatnagar, Bhatnagar, 2005). Доминирующее положение над большим количеством филогенетических групп принадлежит галофильным и галотолерантным микроорганизмам родов Alcaligenes, Bacillus, Halobacillus, Micrococcus и Pseudomonas (Delgado-García et al., 2013; Arora et al., 2014), характерных для почв аридных условий. Несмотря на общепризнанную роль микробных сообществ в почвенных процессах, почвенная микрофлора исследована в недостаточной степени. До настоящего времени работы, связанные с исследованиями почвенных микроорганизмов в природных экосистемах регионе Прикаспийской низменности Дагестана, не проводились.

Целью исследований явилась оценка видового разнообразия экстремофильных микроорганизмов

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН 1.21. «Биологическое разнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».

засоленных почв в рамках решения проблем комплексного изучения биологического разнообразия почв аридных экосистем и поиска почвенных микроорганизмов, перспективных для биотехнологии.

#### Объекты и методы исследования

Объектами исследований явились бактерии, изолированные из солончаковых почв и растительных образцов, типичных для одного из основных регионов Прикаспийской низменности республики Дагестан — Терско-Кумской низменности. Пробы почвы отобраны по горизонтам и с растения *Halostachys caspica* L., произрастающего в этом же ареале.

Географические координаты региона исследований: северо-восточная граница —  $44^{\circ}46'$  с. ш.,  $47^{\circ}10'$  в. д.; юго-восточная —  $44^{\circ}22'$  с. ш.,  $47^{\circ}00'$  в. д. Высотная отметка колеблется: от минус 27 м до плюс 10 м. Климат умеренно-теплый, острозасушливый. Годовое количество осадков не превышает 300 мм. Температура наиболее холодного месяца минус 1.5- $3.5^{\circ}$ С, наиболее теплого месяца +24- $+26^{\circ}$ С. Продолжительность периода вегетации составляет 180-210 дней. Сумма активных температур 3800- $4000^{\circ}$ С, испаряемость 900-950 мм.

Условия культивирования. Для идентификации видовой принадлежности микроорганизмов из почвенных и растительных суспензий все колонии бактерий, выросшие на дифференциально - диагностических средах, пересевали на мясо-пептонный агар (МПА) и мясо-пептонный бульон (МПБ) при 30-37°С (до 10 суток). Для выделения и дифференцированного учета галофильных бактерий использовали плотную модифицированную среду, представленную составом (г/л): Bacto Yeast Extract -2.0, Bacto-Pepton -5.0, Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>×5.5 H<sub>2</sub>O -3.0, NaCl -50, 100, 250, KCl -2.0, MgSO<sub>4</sub>×7 H<sub>2</sub>O -20.0, глицерин -4.0. Температурный диапазон роста и галотолерантность бактерий определяли по скорости роста колоний при температуре 30–37°С в течение 3, 7, 10 суток и по резистентности к NaCl (50, 100, 250 г/л среды).

Подготовку образцов почвы, исследование солевого состава водной вытяжки и инициацию микробной сукцессии проводили согласно традиционно используемым методикам (Звягинцев, 1992). При выделении чистых культур использовали бактерии, доминирующие в почвенных образцах. Морфологию бактериальных клеток изучали методом микроскопии живых и окрашенных по Граму препаратов стандартными методами. Фенотипические свойства микроорганизмов (морфология клеток, подвижность, наличие спорообразования, толерантность к концентрации солей и температуре) изучали с использованием стандартных методов (Нетрусов и др., 2005; Holt et al., 1997).

### Результаты и их обсуждение

Формирование ландшафтов исследуемой территории происходило под регулярным воздействием трансгрессий и регрессий Каспийского моря. В геологическом отношении Терско-Кумская низменность представляет собой аккумулятивную равнину, сложенную морскими и континентальными верхнеплиоценовыми и четвертичными осадками морской, речной и эоловой аккумуляции (Акаев и др., 1972). Исследуемая территория расположена на микропонижениях, слабонаклонной равнине северо-западной части Терско-Кумской низменности в 3 км к юго-западу от Кочубейской биосферной станции. Подвержена активной дефляции и сильному засолению. В центральной части Терско-Кумской низменности к западу от пос. Кочубей расположено множество



 Рис.
 1.
 Опустыненный солончакового типа

 типа
 Терско-Кумской низменности.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2017, том 23, № 2 (71)

солёных озёр, летом превращающихся в сильнозасоленные донные отложения. Солевому составу почв региона характерны хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный типы засоления (рис. 1).

Профиль луговых солончаков сложен легким и тяжелым суглинком, окраска светло-серая, выражено оглеение. Распространение солей и карбонатов отмечается вдоль трещин, крупных пор, ходов корней по всему профилю. Образование пухлых солончаков связано с накоплением в почве хлористых сернокислых солей натрия. Солончак пухлый в виде порошистой массы на поверхности, светлосерый с бурым оттенком, уплотнен, вскипает, легкий суглинок, подвержен сильной дефляции. Химизм засоления солончакового опустынивания в автоморфных условиях позволяет установить гидрокарбонатно-натриевый состав солей, что обусловливается аллювиально-морским происхождением почвообразующих пород и тяготеет к остепнению, аридизации (Залибеков, 2010).

В исследуемых типах почв (табл.) доминируют ионы легкорастворимых  $Na^++K^+$  и нерастворимых карбонатов  $Ca^{2+}$ , анионов  $Cl^-$ ,  $SO_4{}^{2-}$ , что согласуется с общепринятыми положениями.

**Таблица.** Химический анализ водной вытяжки различных видов солончаков (выполнено Бийбулатова 3.Д.).

Глубина отбора			Анионы, мг-экв %			Поглог	снования,	- рН	
проб, см	%	%	HCO <sub>3</sub> -	Cl-	SO <sub>4</sub> <sup>2</sup> -	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na++K+ по разности	pm
		Солонча	к луговой,	сульфатно	о-хлоридн	ый тип (А	<u>,                                     </u>		
0-10	0.206	0.257	0.74	0.40	<u>2.57</u>	1.50	0.50	<u>1.71</u>	9.0
0-10	0.200	0.237	0.045	0.014	0.123	0.030	0.006	0.039	9.0
20-30	1.580	2 725	0.47	17.00	<u>9.76</u>	3.10	<u>5.10</u>	18.34	8.3
20-30	1.380	.580 2.735	0.029	0.570	0.471	0.059	0.059	0.418	8.3
40.50	4.000	4.040	0.40	38.10	28.24	22.53	13.51	30.41	8.2
40-50	4.000	4.040	0.025	1.332	1.348	0.456	0.167	0.712	0.2
		Солонча	ак пухлый,	хлоридно	-сульфатн	ый тип (Б	)		
0-10	2.486	2.286	0.49	22.61	<u>15.18</u>	<u>5.40</u>	11.54	22.31	8.4
0-10	2.480	2.280	0.037	0.763	0.719	0.141	0.127	0.499	0.4
20-30	4.098	4.305	0.19	34.40	21.45	16.83	10.29	<u>29.67</u>	7.5
20-30	4.098	4.303	0.008	1.721	1.481	0.322	0.124	0.649	1.3
40.50	2 767	3.009	0.23	23.50	26.87	13.65	8.17	26.21	8.0
40-50	2.767	3.009	0.013	0.718	1.241	0.259	0.199	0.579	0.0

Высокие концентрации солей в почве являются токсичными для растений и приводят к ингибированию микробного сообщества, в то время как в их отсутствии спороношение микробов практически не наблюдается. Ареалы засоленных почв занимают солянково-полынные сообщества, а также марево-галофитной растительностью. Одним из основных признаков хлоридно-сульфатного типа засоления является крупный кустарничек соляноколосник каспийский *Halostachys caspica*, включающий восемь видов гипергалофитных сообществ, распространённых на Кавказе и Центральной Азии. Растение является одним из основных ландшафтных фреатофитов полупустынь (глубина залегания грунтовых вод 0-15 м) и формируют на солончаках «фитобугры» диаметром 30-100 см (рис. 2).

Исследование изолятов бактерий. В верхних горизонтах луговых почв и пухлых солончаков разнообразие бактерий резко обеднено из-за антропогенного воздействия и экстремальных условий, обусловленных сильным засолением. В результате морфо-физиологических исследований установлено, что изоляты бактерий представлены олиготрофными организмами с экономным метаболизмом и активным ферментативным аппаратом, выживающими в условиях высокой токсичности солей. Достоверно доминирующими в образцах анализируемых почв были изоляты бактерий родов Salinicola, Marinobacter, Microbacterium, Salinibacterium, Bacillus, Planomicrobium, Salegentibacter, Microbispora, что подтверждает их физиологическую устойчивость в аридных условиях. Установлено негативное влияние засоления почв на численность галофильных бактерий,



**Рис. 2.** Соляноколосник каспийский *Halostachys caspica* L. (www.plantarium.ru).

которое проявляется при концентрации солей больше <2% по сухому остатку. Показано, что в образцах почв и растения H. caspica в бактериях формируются признаки, позволяющие идентифицировать их в качестве штаммов вида Bacillus и Salimicrobium.

Salimicrobium halophilum – грамположительная, аэробная бактерия. На среде с 10% NaCl колонии неправильной формы, непрозрачные, сухие, морщинистые, желтые, выпуклые. Для роста бактерий *S. halophilum* оптимальная температура 37°С и рН 7.2. Бактерия может рассматриваться как умеренно галофильный микроорганизм, диагностирующий свойства луговых засоленных почв. Генетические особенности типичного галофильного штамма *S. halophilum*, идентичны микробам из засоленных почв района Юньчэн, Китай (Yoon, Kang, 2007) и могут быть использованы при оценке накопления солей в почвах.

Bacillus pumilus — грамположительный, факультативный анаэроб, выделен из луговых сильнозасоленных почв, распространенных в центральной части Терско-Кумской низменности. При росте на твердых питательных средах МПА на поверхности наблюдаются «восковидные», серо-белые распластанные колонии с неровными волнистыми краями, размером 5-10 мм. На селективной среде В. pumilus показал хороший рост, несмотря на присутствие в среде ингибирующего компонента NaCl. С увеличением степени засоления в среде культивирования обнаружены радикальные изменения в окраске и форме колоний. Основным признаком вида является способность разлагать ксилан, активно восстанавливать сульфат до каталазы и синтезировать ряд других биологически активных веществ (Holt et al., 1997), способствующих сохранению биохимического потенциала аридных экосистем.

Bacillus clausii — грамположительная, аэробная, факультативная, алкалофильная бактерия. Колонии клеток на МПА диаметром 23 мм формируются с небольшой выпуклостью, плотной консистенции, непрозрачные, светло-кремовые. Штаммы В. clausii часто обнаруживаются как составляющие микрофлоры почвы, а некоторые их свойства могут использоваться в производстве экзоферментов, щелочной протеазы и ксиланазы. Обладая антагонистическими свойствами по отношению к другим видам бактерий, отдельные штаммы В. clausii, способны синтезировать антибиотики, необходимые для защиты растений от патогенных микроорганизмов и острозасушливых климатических условиях.

Bacillus licheniformis — изолирован с растения *H. caspica*; факультативный анаэроб, грамположительный; выявлен на пухлых солончаках. *B. licheniformis* принимает участие в структурообразовании, переводе питательных веществ в доступные для растений формы, являясь одним из факторов заселения луговых засоленных почв растительностью. Одновременно он выполняет функции компонента дезинфекции почвы, используется в составе сельскохозяйственных удобрений.

Галофильные бактерии могут играть важную роль в биорекультивации нарушенных засоленных почв, управлении биотическими и абиотическими стрессами, оптимизации пищевого режима и индикаторами при диагностике и реабилитации засоленных почв. Изучение разнообразия экстремофильных микробных сообществ и их функциональной роли раскрывает ресурсы, заложенные в разнообразии аридных экосистем и генетических свойств почв.

### Заключение

Впервые исследована микробная флора засоленных почв и галофитов аридных регионов Прикаспийской низменности. Выявлено более 40 видов и форм бактерий. Обнаружено, что при большом разнообразии почвенных микроорганизмов, бактерии рода *Bacillus и Salimicrobium* являются основными компонентами галофильных микробных сообществ засоленных почв Терско-Кумской низменности, обеспечивающих стабильность и функционирование экосистемы. Определение функций экстремофильных микробных сообществ, как показателя биологического разнообразия, вносит определенный вклад в концепцию изучения разнообразия аридных почв на экосистемном уровне.

Выявление доминантов уникальных экстремофильных сообществ является одним из репрезентативных показателей таксономической структуры микробных комплексов, тесно связанным с типом экосистемы. Биологическая диагностика почв позволяет определить характер и степень антропогенного воздействия на почвенный покров, может быть использована в биомониторинге почв и окружающей среды. Всестороннее изучение аборигенных микроорганизмов засоленных почв представляет научный и практический интерес с точки зрения оценки их биоразнообразия и перспективного использования в биотехнологиях различного назначения. Обоснована целесообразность комплексного исследования свойств почв и молекулярно-генетической идентификации микробных изолятов, используя организмы с экономным метаболизмом, выживающих в острозасушливых условиях и высокой токсичности солей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акаев Б.А., Казанбиев М.К. 1972. Геологическое строение и полезные ископаемые Низменного Дагестана // Физическая география Низменного Дагестана. С. 42-63.
- Добровольская Т.Г., Лысак Л.В., Зенова Г.М., Звягинцев Д.Г. 2001. Бактериальное разнообразие почв: оценка методов, возможностей, перспектив // Микробиология. Т. 70. № 2. С. 149-167.
- Добровольский Г.В., Чернов И.Ю. 2011. Роль почвы в формировании и сохранении биологического биоразнообразия. М.: Товарищество научных изданий КМК. 273 с.
- Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г., Чернов И.Ю., Головченко А.В., Зенова Г.М., Лысак Л.В., Манучарова Н.А., Марфенина О.Е., Полянская Л.М., Степанов А.Л., Умаров М.М. 2015. Роль микроорганизмов в экологических функциях почвы // Почвоведение. № 9. С. 1087-1096.
- Залибеков З.Г. 2000. Процессы опустынивания и их влияние на почвенный покров. М. 219 с.
- Залибеков З.Г. 2010. Почвы Дагестана. Махачкала: Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, Дагестанский государственный университет. 244 с.
- Звягинцев Д.Г. 1992. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ. 304 с.
- 3вягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. 2005. Биология почв. М.: Изд-во МГУ. 445 с.
- *Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М., Колотилова Н.Н.* 2005. Практикум по микробиологии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: Академия. 608 с.
- Arora S., Vanza M.J., MehtaR., Bhuva C., Patel P.N. 2014. Halophilic microbes for bio-remediation of salt affected soils // African Journal of Microbiology Research. Vol. 8. № 33. P. 3070-3078.
- Bhatnagar A., Bhatnagar M. 2005. Microbial diversity in desert ecosystems // Current science. Vol. 89. № 1. P. 91-100. Delgado-García M., De la Garza-Rodríguez I., Cruz Hernández M.A., Balagurusamy N., Aguilar C., Rodríguez-Herrera R. 2013. Characterization and selection of halophilic microorganisms isolated from Mexican soils // Journal of Agricultural and Biological Science. Vol. 8. №. 6. P. 457-464.
- Holt J.G., Krig N.R., Peter H.A., Staley S.J., Williams S.T. 1997. Bergey's Manual of Determinantive. M.: Mir. T. 2. 368 p.
- *Yoon J.H., Kang S.J.* 2007. Salimicrobium luteum sp. Nov // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. Vol. 57. P. 2406-2411.

### **——** ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ **–**

УДК 581.527. 4(470.67:252)

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ И ВИТАЛИТЕТА ДВУХ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ ЭНДЕМИЧНОГО ВИДА НАГОЛОВАТКИ ПРЕДКАВКАЗСКОЙ

### © 2017 г. Н. А. Магомедова, А. И. Аджиева

Дагестанский государственный университет России, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 43-а. E-mail: saricum@rambler.ru

### Поступила 01.04.2016

Проведено сравнительное изучение морфометрических признаков и виталитета сарыкумской и ценопопуляций наголоватки предкавказской (*Jurinea ciscaucasica* (Sosn.) Iljin), выявившее более высокие показатели по сравнению с приморской. Качество жизни сарыкумской ценопопуляции в целом высокое, а приморской ценопопуляции – низкое, имеет депрессивный характер, что служит тревожным симптомом и требует дальнейших мониторинговых исследований.

Ключевые слова: морфометрические признаки, структура, виталитет, ценопопуляция, Jurinea ciscaucasica (Sosn.) Iljin.

Популяционные исследования эндемичных, охраняемых, реликтовых видов на территории Дагестана в последние годы углубляются. Изучаются также и другие ценные в научном, ресурсном плане виды растений. Исследование их популяций позволит дать ресурсную оценку ряду видов растений и определить тревожные симптомы популяционной жизни растений и принять адекватные природоохранные меры. Целью настоящей работы является проведение сравнительного исследования изменчивости морфометрических признаков и виталитета двух ценопопуляций *Jurinea ciscaucasica* (редкого псаммофильного вида Восточного Предкавказья), расположенных в разных геоморфологических районах Дагестана (Предгорной и Низменной).

### Материал и методы

*Jurinea ciscaucasica* (Sosn.) Iljin. — многолетний травянистый полурозеточник с беловойлочным опушением, произрастающий в Центральной и Восточной части Предкавказья. Этот вид встречается на территории Дагестана: на низменности (Терско-Кумская, Терско-Сулакская, Приморская) и в нижних предгорьях (массив Сарыкум). Места обитания популяций — бугристые и дюнные пески берега моря, песчано-каменистые и галечниковые отложения долин рек, реже — глинистые солонцеватые субстраты.

Изучение дагестанских ценопопуляций *Jurinea ciscaucasica* начато в 2011 году (Магомедова и др., 2013) на массиве Сарыкум. Исследуемые ценопопуляции расположены, соответственно, на территории Приморской низменности в окрестностях городов Махачкала, Каспийск и в заповедной части песков Сарыкума. При проведении полевых исследований указанных ценопопуляций мы руководствовались классическими методиками (Злобин, 1989а, 1989б; Вайнагий, 1974; Уранов, 1975). На первом этапе проводили геоботанические описания по стандартным бланкам, определяли вертикальную амплитуду распространения особей вида, проективное покрытие в процентах.

Для промеров были выбраны морфометрические признаки, касающиеся генеративной сферы изучаемых растений, как наиболее важной для осуществления семенного размножения. Полевой материал собран в 2013 году во время массового цветения (конец июня — начало июля) и плодоношения (середина — конец июля) со зрелых генеративных особей на учетных площадках размером  $10x10 \text{ м}^2$ , в десятикратной повторности. Для исследований и подсчетов было взято сто особей в зрелом генеративном состоянии. Согласно общепринятым положениям (Программа и методика ..., 1986) особи не выкапывались, промеры осуществлялись в природных фитоценозах, трудоемкие подсчеты и промеры корзинок осуществлялись в лабораторных условиях. Все данные,

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Латинское название дано по International Plant Names Index

полученные в результате полевых и лабораторных исследований, были внесены в электронные таблицы и обработаны с помощью возможностей *Microsoft Excel* 10. Во время обработки фиксировались следующие показатели: среднее арифметическое значение, средняя ошибка медиана, максимальное-минимальное значения признака, дисперсия, коэффициент вариации, относительная ошибка средней величины, критерий Стьюдента на основе которых строились доверительные интервалы.

Для определения виталитета (жизненного состояния) изучаемых ценопопуляций *Jurinea ciscaucasica* пользовались методом одномерного градиента. В качестве статических метрических признаков приняты: количество цветков в корзинке (шт.), обёрточных листьев корзинки (шт.), семянок на корзинку (шт.), длина семянки (см), диаметр летучки хохолка (см), вес семянки (мг). Полученные по каждому параметру данные распределялись согласно методике Ю.А. Злобина (19896) на три класса (a – крупные особи, b – средние, c – мелкие). Границами деления служили высчитанные числа в интервале:  $\overline{X_r} = \overline{X_i} \pm t S_{\overline{x}}$ , где  $\overline{X_i}$  – среднее арифметическое значение,  $S_{\overline{x}}$  – средняя ошибка среднего арифметического, t – коэффициент Стьюдента.

Коэффициент семенификации (Вайнагий, 1974) особей определялся, как процент семянок от числа цветков на корзинку. Показатель качества популяции высчитывался по формуле, предложенной Ю.А.Злобиным (1989 а, б): Q=(a+b)/2>,=,< c. Степень процветания изучаемых ценопопуляций ( $I_Q$ ) определялась по формуле, рекомендованной для аналогичных случаев А. Р. Ишбирдиным с соавторами (2005):  $I_Q=(a+b)/2c$ . Индекс виталитета популяции (IVC) рассчитывали по формуле:

$$IVC = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i / \overline{X_i}}{N},$$

где  $X_i$  — среднее значение признака для данной ценопопуляции,  $X_i$  — среднее значение признака для обеих сравниваемых ценопопуляций, N — число признаков, взятых для анализа (Ишбирдин, Ишмуратова, 2004). Индекс фитоценотической пластичности (Ір) приводился согласно Ю.А. Злобину (1989 а): Ір=(A-B)/A, где A — максимальное значение признака, B — минимальное значение признака. Все полученные в процессе обработки данные были занесены в таблицы и проанализированы.

### Результаты исследования

Многочисленная Сарыкумская ценопопуляция Jurinea ciscaucasica располагается на высотах от 71 до 123 м н. у. м., преимущественно в диапазоне – 90-100 м н.у.м. Расположение ее приближено к середине абсолютной высоты Сарыкума к слабозакрепленным склонам. В олигодоминантных фитоценозах песчаного массива Сарыкум Jurinea ciscaucasica является ассектатором, реже субдоминантом псаммофильных фитоценозов с проективным покрытием не более 10-20% и обилием по Друде не более *sp-cop*<sub>1</sub> (Аджиева, 1998). Приморская ценопопуляция расположена на высотах 8-12 м н.у.м. Удаление ее от берега моря составляет 80-150 м. Фитоценотическая роль изучаемого вида на приморских песках ассектаторная, проективное покрытые низкое (8-14%), обилие достигает sp; популяция немногочисленная и занимает сравнительно с сарыкумской небольшую площадь. В обеих ценопопуляциях набор сопутствующих видов приблизительно одинаков: дагестанский (Tragopogon daghestanicus (Artemcz.) Kuth.), колосняк кистистый (Leymus racemosus (Lam.) Tzvelev), верблюдка арало-каспийская (Corispermum aralo-caspicum Iljin), молочай Сегьера (Euphorbia seguieriana Neck.), бурачок пустынный (Alyssum desertorum Stapf), полынь Черняева (Artemisia tschernieviana Besser), козелец Биберштейна (Scorzonera biebersteinii Lipsch.). Есть и специфические сопутствующие виды, характерные для каждой из ценопопуляций континентальной части региона – крестовник Шишкина (Senecio schischkinianus Sofieva), джузгун безлистный (Calligonum aphyllum Gürke), эремоспартон безлистный (Eremosparton aphyllum Fisch. & C.A. Mey.), астрагал длинноцветковый (Astragalus longipetalus Chater), в то время как на территории приморских песков – морская горчица (Cakile maritime Scop.), якорцы стелющиеся (Tribulus terrestris L.), солянка русская (Salsola tragus L.), сведа запутанная (Suaeda confuse Iljin), кохия простертая (Kochia prostrate L.).

Выявлены различия между двумя ценопопуляциями этого вида, связанные с разным расположением локалитетов и указаны наиболее оптимальные для этого вида эколого-

фитоценотические условия существования. Выполненные промеры параметров генеративной сферы изучаемого вида в обеих ценопопуляциях выявили общие тенденции изменчивости морфометрических признаков особей в последних (табл. 1), а также характерные черты каждой из ценопопуляций в отдельности. По всем признакам обеих ценопопуляций был зафиксирован средний уровень варьирования, в то время как в отношении признаков «диаметр летучки», «длина семянки», и «количество семянок», уровень варьирования высокий. Наименьшими показателями в плане вариабельности признаков характеризуется «вес семянки». Это укладывается в существующее общепризнанное представление о большем варьировании количественных и размерных признаков по сравнению с весовыми. По всем параметрам наибольшее абсолютное значение показателей (с разной амплитудой варьирования) выявили в ценопопуляции *Jurinea ciscaucasica*. Как показало вычисление относительной ошибки по всем параметрам, изучаемые выборки являются репрезентативными.

**Таблица 1**. Изменчивость морфологических признаков генеративной сферы *Jurinea ciscaucasica* в изучаемых ценопопуляциях (ЦП-С (1) и ЦП-П (2).

Признаки		$\overline{X}_i \pm S_{\overline{x}}$	max-min	CV	$\overline{X_r} = \overline{X_i} \pm tS_{\overline{x}}$
Количество цветков, шт	1	59.45±0.82	78-40	13.9	61.08-57.82
	2	54.10±0.93	72-31	17.1	55.95-52.25
Количество листочков	1	65.81±1.28	97-43	19.4	69.34-63.28
обвертки, шт	2	60.72±1.00	86-42	16.5	62.70-58.74
Количество семянок, шт	1	46.60±0.92	63-21	19.7	48.42-44.76
	2	41.60±0.87	55-19	20.9	43.33-39.87
Вес семянки, мг	1	3.1·10 <sup>-3</sup> ±4·10 <sup>-5</sup>	$3.9 \cdot 10^{-3} - 2.1 \cdot 10^{-3}$	13.0	3.2·10 <sup>-3</sup> -3.0·10 <sup>-3</sup>
	2	$2.6 \cdot 10^{-3} \pm 3 \cdot 10^{-5}$	$3.7 \cdot 10^{-3} - 1.3 \cdot 10^{-3}$	10.8	$2.7 \cdot 10^{-3} - 2.6 \cdot 10^{-3}$
Диаметр летучки, см	1	1.36±0.02	1.7-0.9	11.4	1.39-1.33
	2	$0.96\pm0.02$	1.8-0.5	25.6	1.01-0.91
Длина семянки, см	1	0.43±0.01	0.7-0.2	75.5	0.45-0.41
	2	$0.26\pm0.01$	0.4-0.2	24.5	0.27-0.25

**Примечание к таблице 1:** Xi— среднее арифметическое значение, Sx— средняя ошибка среднего арифметического, t—критерий Стьюдента, max-min — максимальное и минимальное значения признака, CV — коэффициент вариации, Xr=Xi±tSx — границы деления выборки как сумма-разность среднего арифметического значения и средней ошибки среднего арифметического, умноженного на коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0.95.

При изучении в сравнительном плане показателя качества двух исследуемых ценопопуляций обнаружены сходные тенденции по признакам «количество цветков», «вес семянки», «диаметр летучки», «длина семянки»: ЦП-С имеет более высокое их значение (табл. 2). Показатель качества по обеим ценопопуляциям обнаружил признак «количество листочков обертки» и уменьшение «количества семянок». Распределение изучаемых экземпляров растений по размерным группам, выявило редкую встречаемость особей, относящихся к средней морфометрической группе. У признаков «длина семянки», «диаметр летучки», «вес семянки» (ЦП-С) зафиксировано наименьшее количество группы мелких особей. Во второй изучаемой ценопопуляции (ЦП-П) по отмеченным признакам меньшее количество отнесено к крупным особям.

Использование показателя качества Q для анализа выборочных данных по обеим ценопопуляциям позволило обнаружить разброс абсолютных значений по разным признакам. Оказалось, что все признаки, кроме «количества листочков обертки» для ЦП-С выявляют ее процветание, в то время как все признаки, кроме упомянутого, для ЦП-П демонстрируют депрессивные тенденции ее развития. Степень процветания изучаемых ценопопуляций обнаружила варьирование от 1.02 до 4.50. Наибольшее значение степени процветания зафиксировано в случае с признаком «вес семянки» сарыкумской ценопопуляции, а в приморской — с признаком «количество семянок». Сравнение индексов фитоценотической пластичности указывает на отсутствие заметных тенденций в его распределении.

Таблица 2. Результаты оценки виталитета изучаемых ценопопуляций Jurinea ciscaucasica (ЦП-С

(первая строчка) и ЦП-П (вторая строчка).

Признаки	Количество цветков, шт	листочков		оличество емянок, шт	Ве семян	нки,	Диамет летучки см	•   ' '
Доля особей по классам a/b/c	40/28/32 46/6/48	37/20/4 35/22/3		47/20/33 42/27/31	46/33 26/38		58/22/2 16/22/6	
Q	34.0 26.0	28.5 28.5		33.5 34.5	40. 32.		40.0 19.0	40.0 25.5
$I_Q$	1.06 0.54	0.66 0.66		1.02 1.11	4.5 0.8		2.00 0.31	2.00 0.52
Виталитетный тип ценопопуляции	Пр. Деп.	Деп. Деп.		Пр. Пр.	Пр Дег		Пр. Деп.	Пр. Деп.
IVC	1.10 0.88							•
$I_p$	0.49 0.57	0.56 0.51	0.67 0.65		48 65		0.46 0.72	0.71 0.50

**Примечание к таблице 2:** Q — показатель качества,  $I_Q$  — степень процветания, IVC — индекс виталитета,  $I_p$  — индекс фитоценотической пластичности,  $\Pi p$ . — процветающая,  $\Pi p$ . — депрессивная.

Показатели семенной продуктивности растений, контролирующиеся на уровне отдельных особей и их популяций, свидетельствуют об экологических условиях их существования. Коэффициент семенификации, вычисленный по обеим ценопопуляциям, продемонстрировал лидирование в условиях песчаных массивов.

### Обсуждение

Размерные показатели особей, составляющих популяцию выполняют важную роль, в плане толерантности растений к стрессорам и потенций к размножению. Изменчивость морфометрических признаков растений из выборок двух дагестанских ценопопуляций редкого предкавказского вида Jurinea ciscaucasica, расположенных в разных геоморфологических районах, неоднородна, что связано с разной географической привязкой, и неодинаковыми эколого-фитоценотическими условиями жизни. Промеры особей Jurinea ciscaucasica по всем взятым для анализа признакам выявили выраженную тенденцию их наибольшего численного значения у особей сарыкумской ценопопуляции (Аджиева, Магомедова, 2011). В случае с признаком «длина семянки» это преобладание почти двухкратное. Коэффициент семенификации средневозрастных генеративных особей выборки позволяет говорить о более близких к оптимальным условиям существования Jurinea ciscaucasica на массиве Сарыкум по сравнению с морским побережьем. Сарыкумская ценопопуляция Jurinea сізсаисаsіса в целом наиболее устойчива и проявляет высокие качества жизненных процессов в сравнении с ценопопуляцией в условиях побережья Каспия (Магомедова и др., 2013). Это свидетельствует о том, что наголоватки предкавказской находятся в более благоприятном ценотическом окружении.

Более низкие показатели всех взятых для анализа признаков объясняются близким расположением моря (80-150 м), засоленностью почв и воздействием антропогенного фактора. Побережье моря постоянно и не рационально используется с рекреационными целями, ухудшается состояние популяций, образующих уязвимые фитоценозы.

Виталитет (жизненное состояние) популяций, можно отнести к наиболее важным диагностическим признакам при их изучении. Оценка индекса виталитета ценопопуляций, выявила демонстрирующий наибольшее значение жизненности для песчаного массива по учетным признакам. Таким образом, выявление виталитета также свидетельствует о наиболее благоприятных природных условиях для существования *Jurinea ciscaucasica* песчаного массива Сарыкум в сравнении с побережьем Каспия.

Сравнительно низкие показатели качества жизненных процессов, высокая степень депрессивных тенденций в показателях жизненности, индекса виталитета ценопопуляции исследуемого вида в случае приморского расположения, наглядно указывают на менее благоприятные условия существования приморской ценопопуляции *Jurinea ciscaucasica*.

#### Выводы

- 1. Изучаемые ценопопуляции *Jurinea ciscaucasica* выявили преобладание средних значений коэффициента вариации морфометрических признаков, больший диапазон варьирования количественных и размерных признаков по сравнению с весовым, наиболее важным при семенном возобновлении особей.
- 2. Размерные параметры особей сарыкумской ценопопуляции *Jurinea ciscaucasica*, находящейся на песчаных массивах, выше, чем аналогичные в приморской ценопопуляции, что указывает на относительно большую значимость экологических условий местообитания в сравнении с общими региональными.
- 3. Виталитет обеих изученных ценопопуляций *Jurinea ciscaucasica* выявил по большинству учетных признаков процветание в сарыкумской и депрессивные тенденции в приморской, что позволяет фиксировать негативные тренды в охране приморской популяции этого редкого эндемичного вида растения.
- 4. Более низкие показатели морфометрических признаков виталитета приморской ценопопуляции указанного вида в сравнении с сарыкумской песчаной демонстрируют негативные тенденции в жизни первой популяции связанной с условиями аридного климатического режима.
- 5. Степень процветания изучаемого вида в сарыкумской песчаной ценопопуляции более высокая в отношении размерных и весовых признаков семянок, определяющих семенное возобновление особей. Единичные симптомы в популяционной жизни изучаемого вида имеют обратимый характер и устранение их возможно при соблюдении заповедного режима.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- *Аджиева А. И.* 1998. Пространственная и временная динамика элементов степных фитоценозов бархана Сарыкум //Аридные экосистемы. Т. 4.№ 9. С. 74-79.
- Аджиева А. И., Магомедова Н. А. 2011. Современное состояние популяций реликтовых и охраняемых видов на Сарыкумском участке заповедника «Дагестанский» // Флористические исследования Северного Кавказа. Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 85-летнему юбилею А.И. Галушко. Грозный. С. 266-272.
- Вайнагий И. В. 1974. О методике изучения семенной продуктивности растений //Ботанический журнал. Т. 59. №6. С. 826 831.
- *Злобин Ю. А.* 1989 а. Принципы и методы изучения ценотических популяций растений. Казань: Казанский университет.146 с.
- *Злобин Ю.А.* 1989 б. Теория и практика оценки виталитетного состава растений // Ботанический журнал. Т. 74. № 6. С. 769-781.
- *Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М.* 2004. Адаптивный морфогенез и эколого-ценотические стратегии выживания травянистых растений // Методы популяционной биологии. Сборник материалов VII Всероссийского популяционного семинара (Сыктывкар, 16-21 февраля 2004 г.). Сыктывкар. Ч. 2. С. 113-120.
- *Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М., Жирнова Т.В.* 2005. Стратегии жизни ценопопуляции *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. на территории Башкирского Государственного заповедника // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Биология. Вып. 1(9). С. 85-98.
- *Магомедова М.А., Яровенко Е.В., Аджиева А.И.* 2013. Анализ некоторых локальных флор Центрального Предгорного Дагестана. Монография. Махачкала: ИПЦ ДГУ. 2013. 130 с.
- *Магомедова Н.А., Аджиева А.И., Османова Х.О.* 2013. Состояние ценопопуляции *Jurinea ciscaucasica* (Sosn.) Iljin. на массиве Сарыкум // Юг России: экология, развитие. № 2. С. 103-111.
- Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной Книги СССР. М. 1986. 34 с.
- *Уранов А.А.* 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. № 2. С. 7-33.

## = ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ =

УДК 631. 41

# О ДИНАМИКЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ЙОДА В КОМПОНЕНТАХ АРИДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

© 2017 г. Н.Т. Гаджимусиева\*, А.А Сайдиева\*\*

\*Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН Россия, 367000, г Махачкала, ул. Гаджиева, д. 45. E- mail: musina.07@mail.ru
\*\*Дагестанский государственный университет
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. Гаджиева, д. 43 а

### Поступила 20.05.2016

Обобщены многолетние исследования по динамике накопления йода, миграционных процессов в системе «почва-растение». Дана характеристика сезонных ритмов потребления йода естественной растительностью и агрофитоценозами, определена роль почвенного гумуса в накоплении подвижных форм йода. Описаны показатели круговорота по сезонам, и динамика оттока подвижных форм элемента из почвы в вегетативные органы растений. Выявленные запасы валовых форм йода, свидетельствуют о потенциальных возможностях обогащения подвижными формами и устранения йодной недостаточности в почвах Западного Прикаспия.

*Ключевые слова*: йод, подвижные формы, естественный ценоз, каштановая почва, фитомасса, вегетативные органы.

В составе биофильных элементов, наиболее важные функции в росте и развитии растений принадлежат йоду и его подвижным формам. Актуальность изучения влияния содержания йода и миграции подвижных форм подчеркиваются в работах, ученых различных регионов страны. Наиболее важными из них являются результаты, изучения микроэлементного состава почв и растений Дагестана (Салманов, 1981), закономерности изменения содержания йода в почвах и почвообразующих породах, распределение йода и других микроэлементов в различных типах почв Европейской части РФ (Битюцкий и др., 1974). Несмотря на значительный объем исследований, работы по выявлению запасов йода, экологической роли и динамике в различных растительных сообществах не проводились. Остаются так же недостаточно изученными, пространственновременная динамика йода и его соединений в системе «почва – растения». Учитывая практическую необходимость, в определении запасов и современной динамики подвижных форм йода, нами проведены исследования сезонной динамики, в составе фитомассы агроценоза и естественного ценоза, в пределах территории одного из типичных регионов аридного климатического режима Западного Прикаспия. Актуальность изучения биологической роли исследования йода и его подвижных форм, связана с тем, что этот химический элемент, входящий в состав почвообразующих пород, накапливается в почвах, в процессах, происходящих в составе почвенного гумуса. Такое действие, обусловлено подвижностью доступного йода растениями, в условиях повышенного содержания карбонатов, Са, Мд. Отличительной чертой химических свойств, имеющих прямое отношение к каштановым почвам, является закрепление элемента в составе гумуса с образованием слабощелочной почвенной среды. Биогеохимический круговорот и процессы обмена веществ между растениями и почвой, служат основой управления биологической продуктивности природных и агрокультурных биогеоценозов и повышения плодородия почв.

### Материалы и методы

Объектом исследования послужили степные экосистемы с каштановыми карбонатными среднесуглинистыми почвами под разнотравно-злаковой ассоциацией. Второй участок – агроценоз расположен в ареале одноименной почвенной разности озимой пшеницы сорт «юбилейная». Условия здесь являются типичными для развития аридных экосистем и освоенных вариантов в земледелии. Эксперименты в виде ключевых площадок заложены на естественных (целинных) участках,

отведенных под кормовые угодья и освоенных участках под озимую пшеницу в условиях орошения. Ключевые площадки в количестве — 4-х занимают 20 га с общей площадью полигона с защитной полосой — 100 га. В экологическом плане, территория представляет благоприятную среду, для изучения подвижных форм йода в гумусовом слое автоморфных почв. Каштановые почвы обогащаются йодом, поступающим из атмосферы, где травянистый покров абсорбирует йод, благодаря ворсистой поверхности зеленого покрова. Накопление его в основном происходит в надземной части фитомассы, являясь одним из основных факторов поглощения йода из разных источников.

Закладка почвенных разрезов, описание, отбор образцов по горизонтам, проведены по методике Л.Е. Родиной с соавторами (1968), подземная биомасса определяли методом закладки монолитов (Шалыт, 1960). Лабораторные анализы проведены с применением химических методов (Аринушкина, 1970) и радонитно-нитритным методом в модификации Г.Ф. Проскуряковой и О.Н. Никитина. (1976). Отбор надземной и подземной фитомассы осуществлен по фазам развития, с закладкой укосных площадок, сушкой фитомассы и последующим разбором по фракциям. Пробы отбирали в следующие фазы развития: 1) кущение, 2) трубкование, 3) цветение (колошение), 4) плодообразование, 5) молочно-восковая спелость, 6) полная спелость. Надземную фитомассу естественных фитоценозов учитывали укосным методом; размер площадок — 1 м², повторность 5-кратная с выделением соответствующих фракций.

### Результаты и обсуждения

Формирование надземных экосистем в естественных и освоенных условиях протекает под влиянием аридного климатического режима и процессов дельтово-аллювиального почвообразования. Близкое расположение Каспийского моря, пестрота литологического строения и широкий диапазон сезонных различий в глубине залегания грунтовых вод, вносят существенные изменения в водный баланс экосистем, видовое разнообразие растений и миграцию подвижных форм йодистых соединений в компонентах экосистем.

Характерной чертой видового разнообразия злаково-разнотравной растительности естественных экосистем, является изменение соотношения отдельных видов и соотношения их проективного покрытия при переходе от весеннего к летнему и летне-осеннему сезону (табл. 1).

Время отбора проб	Видовой состав растений	Количество
Бреми отоора проо	видовой состав растении	видов
Май	Trifolium pratense L., Cardaria draba, Hieracium pilosella, Anthemis ruthenica Bieb., Carduus acanthoides, Artemisia taurica, Juncus effusus, Achillea millefolium	17
Июнь	Elytrigia repens (доминант), Trifolium repens, Potentilla reptans L., Artemisia taurica, Alhagi pseudalhagi (М. Bieb.) Fisch., Seseli tortuosum L.	28
Июль	Elytrigia repens, Trifolium repens, Potentilla reptans L., Artemisia taurica, Alhagi pseudalhagi (M. Bieb.) Fisch.	31

Таблица 1. Смена растительного сообщества в степном ценозе на каштановой почве.

Сезонное увеличение соотношения йодистых соединений наблюдается у видов, обладающих высокой кормовой ценностью: пырей ползучий (*Elitrigia repens*), клевер ползучий (*Trifolium repens*) и др. В показателях фитоценозов, формирующихся на каштановой слабосолонцеватой почве, отмечаются существенные изменения в величине, структуре фитомассы, функционально определяющей, содержание и миграцию йода. Данными, характеризующими временную динамику злаково-разнотравного фитоценоза, подтверждается преобладающая роль надземной фитомассы летнего периода в ее годовом цикле (табл. 2).

По динамике подземной фитомассы видно, что максимальная величина накапливается к середине летнего периода. Смещение во времени связано с определяющими темпами накопления надземных вегетативных органов при умеренно-достаточном атмосферном увлажнении летнего периода. Опережающие темпы развития надземной фитомассы, обусловлены увеличением увлажняющего

Таблица 2. Динамика растительного	вещества в степном	ценозе (участок	Красноармейский.) и
агроценозе озимой пшеницы (участок Д	<b>І</b> СХИ) на каштановом	типе почв, $\Gamma/M^2$ .	

Месяц	Ценозы	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Надземная	степной	133.2	207.5	296.4	365.0	94.4	
масса	агроценоз	579.6	830.0	896.7	556.9	-	
Стебли	степной	-	-	-	-	-	
Стеоли	агроценоз	238.5	333.4	380.7	290.7	-	
Пуусту д	степной	ı	ı	-	-	-	
Листья	агроценоз	178.4	214.4	224.3	148.5	-	
Колосья	степной	-	-	-	-	-	
Колосья	агроценоз	127.8	282.7	516.0	-	-	
Vonuu	степной	560.3	700.8	333.9	219.9	560.3	392.5
Корни	агроценоз	1.095	0.965	0.905	1.135	1.115	
Ротони	степной	148.8	59.1	79.9	105.9	148.3 125.6	
Ветошь	агроценоз	144.2	149.8	152.0	258.7	320.2	
Мортиолого	степной	350.1	601.6	441.4	56.7	250.8	285.8
Мортмасса	агроценоз	260.8	-	-	14.86	232.6	

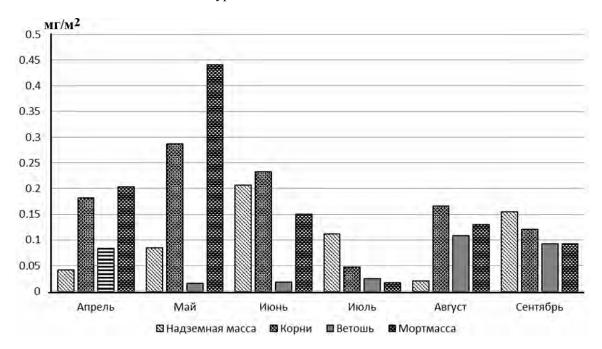
эффекта почв, под влиянием метеорологических условий (Яруллина, 1983). Максимальная величина растительных остатков отмечается в периоды перехода от весеннего к летнему, где его величина зависит от многолетнего цикла гидротермических условий. Высокие темпы накопления подземной фитомассы, отмечаются в августе (560.5 г/м²), связанные со стабильным режимом умеренного увлажнения. Осеннее увеличение подземной фитомассы, указывает на изменение количества микроэлементов в корнях растений, включая и подвижные формы йода. Растительные остатки и годовой опад, достигают максимума в летний период. Величина годового опада и прироста надземных органов в злаково-полынной ассоциации характеризуются близкими величинами, указывая на устойчивость современного состояния пастбищных экосистем (Гаджимусиева, 2014).

**Таблица 3.** Запасы йода в степном ценозе и агроценозе Западного Прикаскпия, мг/м<sup>2</sup>.

Месяц	Ценозы	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Надземная	степной	0.041	0.085	0.207	0.112	0.020	0.154
масса	агроцен	0.480	0.813	0.825	0.512	-	-
Стебли	степной	-	-	-	-	-	-
Стебли	агроцен	-	0.205	0.118	-	-	-
Пухоту д	степной	-	-	-	-	-	-
Листья	агроцен	-	0.176	-	-	-	-
Иолоог я	степной	-	-	-	-	-	-
Колосья	агроцен	-	0.314	0.513	-	-	-
Vanyyy	степной	0.182	0.287	0.236	0.047	0.166	0.121
Корни	агроцен	-	0.311	0.435	0.488	0.480	0.501
Ветошь	степной	0.083	0.015	0.018	0.025	0.108	0.092
Бетошь	агроцен	0.132	-	0.106	0.203	0.200	1
Мортиолог	степной	0.203	0.440	0.150	0.016	0.13	0.092
Мортмасса	агроцен	0.228	-	-	0.00942	0.0493	-
Растительные	степной	-	0.011	-	-	0.026	0.005
остатки	агроцен	-	-	-	0.0037	-	0.008

К середине летнего периода содержание йода в зеленой массе (табл. 3) достигает максимума  $(0.207 \text{ г/м}^2)$ , где доминантную роль выполняет клевер ползучий и пырей ползучий. При трансформации растительной массы от зеленых частей к ветоши, запасы йода уменьшаются, тогда, как в остатках растений обнаружено значительное превышение этого микроэлемента. Это

объясняется тем, что доминирующее по фитомассе разнотравье (включая адвентивные виды), в летний период поглощает подвижные формы йода, создавая конкуренцию фоновому злаковоразнотравному сообществу (рис. 1). Важное значение, имеют полученные данные по выявлению степени влияния подвижных форм йода на состав компонентов, освоенных в земледелии агроэкосистем под озимой пшеницей. Максимальное количество йода выявлены в вегетативных фазах кущения и колошения. Причем содержание больше концентрировалось в стеблях и ветках первого и второго порядков. При трансформации растительного вещества от надземных частей к ветоши, наблюдается увеличение величины йода, иллюстрируя значительное накопление в корневой массе. Запасы йода в зерне составили 16% от всех запасов элемента, в надземной фитомассе озимой пшеницы — 84%. Для определения запасов йода в почве, провели оценку их подвижных форм и величины ежегодного выноса с урожаем озимой пшеницы.

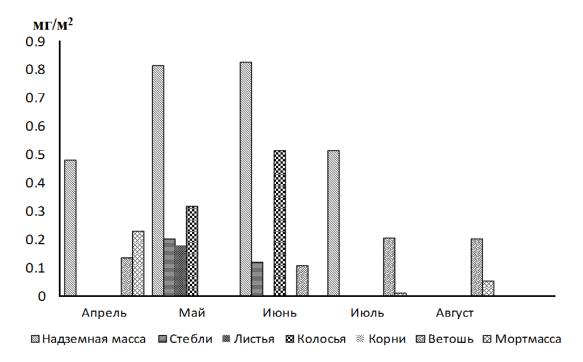


**Рис. 1**. Сезонная динамика накопления запасов йода в структуре фитомассы биогеоценоза на каштановой почве,  $\text{мг/м}^2$ .

Важной характеристикой при определении динамики йода является сезонный ритм потребления растениями, который складывается в основном из количества поглощаемой части элемента отдельными органами озимой пшеницы. Установлено, что значительная величина запасов валовой и подвижных форм йода в надземной фитомассе составляют 0.896 мг/м<sup>2</sup>. Накопление максимального количества в колосьях пшеницы в летний период  $-513 \text{ мг/м}^2$ , позволяет отметить ведущую его роль в увеличении общего количества йода в надземной фитомассе агрофитоценоза. Накопление в стеблях и листьях (соответственно 0.205 мг/м2 и 0.176 мг/м2) достигает максимума в весенний период, оно связано с влиянием восходящих потоков влаги, способствующих сезонной концентрации элемента в вегетативных органах. Такая реакция йода, продолжается миграцией подвижных форм в летний период, с последующим накоплением в колосьях и корневой системе (0.488 мг/м<sup>2</sup>). В приведенной диаграмме (рис. 2) видно, что определяющими показателями сезонной динамики накопления йода в составе фитомассы агроценоза озимой пшеницы является надземная масса. С переходом к летнеосеннему периоду, йод сосредотачивается в корнях и остатках растений, разложившихся в разной степени. Увеличение йода в надземной фитомассе и в колосьях озимой пшеницы и изменение соотношения количества подземной массы в вегетационный период, являются важными критериями, которые необходимо учитывать при разработке мероприятий по повышению качества продукции сельскохозяйственных растений, выращенных в агроценозах, рассматриваемого типа почв.

Для большинства типов почв отмечается положительная корреляционная зависимость между содержанием йода и гумуса в почве, причем, чем больше в почве содержания органического

вещества, тем выше коэффициент корреляции. Среднее содержание валого йода в каштановых почвах 4.81 мг/кг. Величина йода в горизонтах А+В+С колеблется в пределах 1.19-7.64мг/кг (Дибирова и др., 2005). Все извлеченные питательные вещества возвращаются в почву с опадом и мортмассой в биологический круговорот. Известно, что естественные пастбища, являются малопродуктивными экосистемами, почвы их обеднены, вследствие выноса органических и минеральных веществ при выпасе скота (Кермиханов, 1989).



**Рис.2.** Сезонная динамика накопления запасов йода в структуре фитомассы агрооценоза озимой пшеницы  $\text{мг/м}^2$ .

### Выволы

Основные процессы, характеризующие динамику накопления йода в компонентах аридных экосистем, формируются с учетом иерархии по их значимости форм йодистых соединений.

- 1. Поступление йода в растения, обуславливается запасами, содержащимися в почвообразующей породе (миграция, превращение), способствуя накоплению в почве запасов, значительно превышающих по сравнению с их величиной, содержащейся в исходной почвообразующей породе.
- 2. Сезонный ритм потребления йода естественными ценозами и агрофитоценозами характеризуется общей закономерностью, закреплением основных запасов элемента в гумусированных горизонтах почв в условиях слабощелочной реакции и повышенного содержания карбонатов Са, Мg. Отличия сезонных изменений в потреблении йода сводятся к увеличению элемента в вегетативных органах, различия которых отражают влияние сезонных метеорологических условий. Переход подвижной части запасов йода к ветоши и мортмассе, связан с концентрацией их в конце вегетационного периода в репродуктивных органах.
- 3. Содержание и оборот запасов йода в компонентах злаково-разнотравной растительности на каштановой карбонатной почве накапливает максимум в подземной (корневой) системе (560.5 г/м²) в сентябре. В конце летнего периода, устанавливается минимальное содержание микроэлемента в надземной фитомассе, при значительном увеличении в ветоши и мортмассе. Это явление связано с оттоком подвижных форм элемента в вегетативные органы после отмирания и включения с массу годового опада.
- 4. Важным показателем круговорота йода в компонентах агрофитоценоза является продолжительность процесса миграции во времени, за которое в агроэкосистему поступает количество подвижных форм йода, равные его средней величине содержания в вегетативных органах. Заметное увеличение элемента отмечается в стадии полной спелости озимой пшеницы. Круговорот

между растениями и почвой агроценоза характеризуется отрицательным балансом поступающего количества йода в почву  $-0.38 \, \text{г/m}^2$ .

5. Максимум потребления йода в двух видах экосистем приходится на июнь.

В отличие от агроэкосистемы, в естественной экосистеме масштабы поступления микроэлемента вместе с опадом и мортмассой больше, и, следовательно, они сильнее влияют на биологический круговорот. Для скомпенсированности баланса и приближения его к положительным значениям, необходимо внесение микроудобрений с содержанием йодида калия в определенном объеме. Наличие запасов валовых форм йода в почвах региона свидетельствует о потенциальных возможностях обогащения подвижными формами и устранения йодной недостаточности аридных почв Западного Прикаспия.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аринушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М.: Издательство МГУ. 475 с.

Битюцкий Н.П. 1974. Микроэлементы и растения: Учеб. пособие. Л: Изд-во ЛГУ. С. 1999-2321.

Гаджимусиева Н.Т. 2014. Баланс основных микроэлементов в агроэкосистемах и естественных экосистемах Западного Прикаспия // Вестник ТГУ. Т. 19. Вып. 5. С. 1488-1491.

Дибирова А.П., Ахмедова З.Н., Рамазанова Н.И., Хизроева П.Р. 2005. Содержанием молибдена, цинка, бора, йода в почвах равнинной территории Дагестана // Почвоведение. №8. С. 968-973.

*Керимханов С.У.* 1989. Основные пути воспроизводства почвенного плодородия в условиях Дагестана // Биологические науки. № 11. С. 13-20.

*Проскурякова Г.Ф., Никитина О.Н.* 1976. Ускоренный вариант кинетического родонидно-нитритного метода определения микроколичеств йода в биологических объектах // Агрохимия. № 7. С. 140-143.

*Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И.* 1968. Методологические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука. 143 с.

*Салманов А.Б.* 1981. Микроэлементы в почвах Терско-Сулакской низменности // Сборник научных трудов. Махачкала. 185 с.

*Шалыт М.С.* 1960. Методика изучения морфологии и экологии подземной части отдельных растений и растительных сообществ. Полевая геобатаника. М.-Л.: Наука. 87 с.

Яруллина Н.А. 1983. Первичная биологическая продуктивность почв дельты Терека. М.: Наука. 85 с.

### **——** ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ =

УДК 631.416.9:616 (470.67)

## ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВ И ВОДОИСТОЧНИКОВ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ РАВНИННОЙ ЗОНЫ ДАГЕСТАНА

© 2017 г. Ш.К. Салихов\*, М.А. Яхияев\*\*, С.А. Абусуев\*\*, М.М. Исаханова\*\*

\*Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН Poccus, 367000, Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45. E-mail: salichov72@mail.ru \*\*Дагестанский государственный медицинский университет Poccus, 367000, Махачкала, пл. Ленина, д. 1. E-mail: pazil59@mail.ru

### Поступила 03.04.2016

Территория равнинной зоны Дагестана имеет важное значение в качестве источника производства продовольственных, сырьевых и кормовых ресурсов. Здесь сосредоточены основные промышленные предприятия, и проживает около 70% населения республики. Учитывая корреляцию между химическим составом компонентов окружающей среды и распространением заболеваний человека, принята попытка установить связь концентрации микроэлементов (Zn, Co, Cu, Mn) в почвах и водоисточниках (речных и артезианских) региона с распространенностью известных болезней человека. Ключевые слова: почвы Дагестана, питьевые водоисточники, микроэлементов, здоровье

*Ключевые слова:* почвы Дагестана, питьевые водоисточники, микроэлементов, здоровье населения.

Современные процессы аридизации земель и опустынивания приводят к деградации почвенного и растительного покрова, дефляции земель, с потерей разнообразия почвенного и растительного покрова (Залибеков, 2011). В последние десятилетия на территории равнинной зоны наблюдается постепенное снижение продуктивности земель. Эти процессы обусловлены общей деградацией наземных экосистем, истощением биологических ресурсов и пересыщением среды химикатами, которые вызывают дисбаланс химических элементов и накоплению токсинов в компонентах биосферы.

Дисбаланс биофильных элементов в почвах и водоисточниках пресных приводит к ухудшению качества продукции, и вследствие внедрения и миграции элементов по пищевой цепи:

почва — вода — пищевые продукты растительного и животного происхождения-человек с возникновением эндемических заболеваний населения (Агаджанян и др., 2001).

Актуальность исследований концентрации микроэлементов в почвах и пресных водоисточниках равнинной зоны обусловлена тем, что здесь встречаются заболевания среди людей, обусловленные геохимическими факторами.

Целью настоящей работы является изучение эколого-биогеохимической роли концентрации в почвах Zn, Cu, Co, Mn в появлении некоторых болезней среди населения данного региона. Проведено изучение концентрации этих элементов в почвах и пресных природных водах региона, и ее связи с распространением эндокринных и неврологических заболеваний человека с разработкой научных основ планирования профилактических мероприятий.

### Материалы и методы

Для выявления связи концентрации Zn, Co, Cu, Mn в компонентах биосферы с патологиями среди людей исследованы почвы и пресные водоисточники (речные и артезианские) в административных районах Дагестана. Камеральную обработку проб почв и вод, с определением их химического состава проводили на аналитической базе лаборатории биогеохимии Прикаспийского института биологических ресурсов ДНЦ РАН. Определение содержания элементов в исследуемых объектах проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на AAC ЭТА «Hitachi 170-70» (Крысанова и др., 2005). Коэффициент корреляции рассчитан сравнением 2 выборок – количество

заболевших на 1000 человек и концентрация иона металла в почвах или водах, с использованием функции по программе Microsoft Excel.

При выполнении поставленной задачи использованы данные Республиканского медицинского информационно-аналитического центра Министерства здравоохранения РД отражающие объективное количество больных по учитываемым патологиям.

### Результаты и их обсуждение

На территории равнинной зоны Дагестана преобладают низкоплодородные почвы, где общий запас нейтральных токсичных солей в слое 0-100 см составляет 12.5 т/га, из которых нисходящими токами растворов вымывается за год 1.9 т/га или 6.5%. Восходящими токами в засушливый период подтягивается меньшее количество солей, где коэффициент миграционной динамики К<1 составляет в лугово-каштановых солончаковых почвах. В болотных почвах мигрирует 30-35 т/га (12%). Солончаках мигрирует до 12% запасов солей (Залибеков, 2010). Эти параметры приводят к дисбалансу концентрации и подвижности микроэлементов в почвах и водах, обуславливая недостаток или избыток микроэлементов в почве, в кормах и продуктах питания. В последствии дисбаланс в содержании микроэлементов отмечается в организмах животных и человека. Это способствует изменению синтеза биологически активных веществ, нарушению процесса промежуточного обмена веществ и возникновению различных неинфекционных заболеваний человека выявленных на исследуемой территории (Яхияев и др., 2009, 2011; Салихов и др., 2008, 2014; Markesbery 1995).

Концентрация биофильных элементов в почвах равнинной зоны Дагестана имеет широкий интервал: цинка – от 0.47 до 2.4; меди – от 0.10 до 1.61; марганца – от 20 до 247; кобальта – от 0.18 до 1.24, почвы (табл. 1). Анализ данных, по содержанию исследуемых элементов, указывает на то, что их средняя концентрация в почвах районов ниже кларка по А.П. Виноградову (1957): цинка – 2.5-8; меди – 1.6-3; кобальта – 1.2-4 раза, а концентрация марганца в 1.5-4.5 раза превышают кларк. В исследованных почвах наблюдается недостаток цинка, кобальта, меди и избыток марганца.

**Таблица 1.** Содержание катионов металлов в почвах каштанового типа (мг/кг) и питьевых водоисточниках (мг/л) административных районов равнинной зоны Дагестана.

	T							
Район	Гумус, %	рН	Содержание элементов в компонентах биосферы					
Гаион	1 ymyc, /0	pm	Zn	Cu	Mn	Co		
I/	3.87	9.6	1.83±0.10*	$0.91 \pm 0.03$	119.0±0.9	$0.83 \pm 0.03$		
Кизилюртовский	3.87	8.6	_	_	_	_		
Хасавюртовский	3.39	8.1	$1.72\pm0.30$	$0.71 \pm 0.01$	$167.0\pm1.0$	$0.71 \pm 0.02$		
Ласавюртовский	3.39		_	_	_	_		
Гобохомпоромуй	3.42	8.4	1.68±0.10	$0.65\pm0.02$	181.0±1.2	$0.67 \pm 0.03$		
Бабаюртовский	3.42		10.90±0.21	$1.2\pm0.2$	16.33±1.11	$1.16\pm0.40$		
L'yyayan ayayyy	2.76	8.3	1.97±0.20	$0.73 \pm 0.01$	155.1±1.1	$0.48 \pm 0.01$		
Кизлярский	2.70		14.63±0.41	$1.4\pm0.6$	14.67±0.70	$2.76\pm0.21$		
Tonyngonovevy	2.47	8.3	1.48±0.32	$0.45\pm0.01$	156.1±1.3	$0.33 \pm 0.01$		
Тарумовский			13.67±0.20	$1.5\pm0.3$	$14.63\pm0.32$	$3.14\pm0.41$		
Цоройомий	2.15	8.2	$0.64\pm0.32$	$0.57 \pm 0.02$	63±1.1	$0.23 \pm 0.02$		
Ногайский	2.15		13.04±0.40	$1.7 \pm 0.4$	13.97±0.31	$3.13\pm0.19$		
Кларк по Виноградову А.П.			5	1.5	40	1		

**Примечание к таблице 1.** \* – содержание катионов: в числителе – в почвах, в знаменателе – в природных водах.

В результате отмечаются различные уровни и критерии оценки экологического состояния почв, в зависимости от концентрации рассматриваемых элементов (Александрова и др., 2001). Согласно опубликованным данным исследованные почвы низко обеспеченны Си и Со, на уровне нижней границы средней обеспеченности – Zn, а Mn характеризуются на уровне высокой обеспеченности.

Анализ уровня содержания микроэлементов, оказывающие влияние на физиологическое состояние человека и биохимических процессов, протекающих в его организме дал возможность

определить связь концентрации изучаемых элементов в почвах с распространенностью заболеваний населения.

Рассматривается связь некоторых эндокринных (сахарный диабет, эндемический зоб) и неврологических (общее нарушение мозгового кровообращения, хроническая форма сосудистого заболевания мозга) заболеваний населения с экологической ролью Zn, Co, Cu, Mn в почвах и пресных природных водах. При сравнении показателей — средней концентрации микроэлементов в почвах, питьевых водах и количества больных патологиями, обнаружена закономерная связь болезней эндокринологии и неврологии с концентрацией рассматриваемых микроэлементов (табл. 2). Выявлена следующая закономерность: чем ниже в почвах, относительно кларка по А.П. Виноградову (1957) цинка, меди, кобальта, тем больше марганца и заболевших изучаемыми патологиями.

**Таблица 2.** Распространение неинфекционных болезней населения равнинной зоны Дагестана на 1000 человек населения.

	Количество больных							
Район исследований	эндокр	инология	неврология					
	1	2	3	4	5			
Кизилюртовский	5.0	35.5	7.8	0.9	1.0			
Хасавюртовский	5.8	38.7	24.4	2.9	1.9			
Бабаюртовский	16.9	57.0	31.7	4.1	4.2			
Кизлярский	3.6	15.3	9.8	2.6	0.4			
Тарумовский	6.1	78.5	6.3	1.9	3.1			
Ногайский	12.4	26.0	10.8	1.6	1.0			
Коэффициенты корре	ляции между	патологией и в	концентрацие	й элементов				
Zn	<u>-0.47*</u>	+ 0.01	<u>+0.16</u>	+0.28	<u>+0.04</u>			
ZII	-0.96	-0.38	-0.90	-0.69	-0.78			
Со	<u>-0.13</u>	<u>-0.06</u>	+0.42	+0.16	+0.09			
Co	-0.69	-0.17	-0.98	-0.98	-0.66			
Cu	<u>-0.31</u>	<u>-0.57</u>	<u>+0.04</u>	<u>-0.20</u>	<u>-0.46</u>			
Cu	-0.27	-0.25	-0.75	-0.95	-0.60			
Mn	<u>-0.06</u>	<u>+0.43</u>	<u>+0.54</u>	<u>-0.46</u>	<u>+0.57</u>			
IVIII	+0.56	+0.37	+0.90	+0.97	+0.77			

**Примечание к таблице 2.** \* — корреляционная зависимость: в числителе — в почвах, в знаменателе — в природных водах; 1 — сахарный диабет, 2 — эндемический зоб, 3 — заболевания периферической нервной системы, 4 — общее нарушение мозгового кровообращения, 5 — хроническая форма сосудистого заболевания мозга.

Заболеваемость населения сахарным диабетом зависела от содержания в продуктах питания, выращенных из биомассы культурных растений на каштановых почвах: свинца (средней силы коэффициента корреляции r=+0.48), цинка (r=-0.47), меди (слабой силы r=-0.31). Чем меньше цинка и меди в продуктах выращенных на каштановых почвах, тем больше количество больных в зоне. Содержание кобальта и марганца не оказало существенного влияния на патологию диабета. В природных питьевых водах существенное значение имели концентрация цинка (г=-0.96), кобальта (r=-0.69), марганца (r=-0.56) высокой силы. Установлено, что чем меньше концентрация цинка и кобальта при максимуме марганца в питьевых водах, тем больше больных. Количество заболевших эндемическим зобом зависело от концентрации в почвах меди средней силы коэффициента корреляции (r=-0.57), марганца (r=+0.43). Заболевания периферической нервной системы были связаны с концентрацией кобальта (r=+0.42), марганца (r=+0.54), свинца (r=+0.58) – в почвах: цинка (r=-0.90), кобальта (r=-0.98), меди (r=-0.75), марганца (r=-0.90) средней и высокой силы коэффициента корреляции – в питьевых водах. На общее нарушение мозгового кровообращения оказывают влияние пищевые продукты, выращенные на почвах при содержании марганца средней силы коэффициента корреляции (г=-0.46) свинца. Хронической формой сосудистого заболевания мозга страдало население проживающие в условиях содержания в продуктах питания марганца (r=+0.57), при незначительной величине меди (r=-0.46).

Установленные показатели коэффициентов корреляции концентрации микроэлементов в почвах и природных водах с изученными патологиями по цинку, меди, кобальту оказались отрицательными, а по марганцу положительными. Можно полагать (Джамбулатов и др., 2011), что на подвижность и поглощение микроэлементов из почвы, влияет так же соотношение в ней разных элементов.

### Заключение

Обнаружена связь некоторых заболеваний эндокринологии и неврологии с концентрацией Zn, Cu, Mn, Co в природных водах, почвах и продукции выращенной в равнинной зоне Дагестана. Отмечается увеличение числа больных патологиями при превышении концентрации Mn и уменьшении Zn, Cu, Co в исследованных объектах.

При нарастающихся масштабах загрязнения биосферы, приводящего к нарушению баланса микроэлементов, тяжелых металлов в окружающей среде, и последующий дисбаланс их в организмах растений, животных и человека, способствуют увеличению количества индивидуумов подверженных патологиям. Для улучшения здоровья населения, необходимо устранение влияния этих факторов и восстановление баланса микроэлементов в организме человека. Оптимизация соотношения микроэлементов, представляется в качестве одного из факторов улучшения экологии окружающей среды и повышения качества продуктов питания. Рекомендуется разработать новые технологии использования земель и размещения сельскохозяйственных культур с учетом микроэлементного состава отдельных типов почв и организацией природоохранных, оздоровительных и профилактических мероприятий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- *Агаджанян Н.А., Скальный А.В.* 2001. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. М.: Изд-во КМК. 83 с.
- Александрова Э.А. 2001. Тяжелые металлы в почвах и растениях и их аналитический контроль / Ред. Э.А. Александрова, Н.Г. Гайдукова, Н.А. Кощеленко. Краснодар: КГАУ. 167 с.
- Виноградов А.П. 1957. Геохимия редких рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР. 238 с.
- Джамбулатов З.М., Гиреев Г.И., Луганова С.Г., Яхияев М.А., Салихов Ш.К. 2011. Связь между содержанием биофильных элементов в горных экосистемах Дагестана и беломышечной болезнью ягнят // Ветеринария. № 7. С. 46-50.
- *Залибеков 3.Г.* 2011. Аридные земли мира и их динамика в условиях современного климатического потепления // Аридные экосистемы. Т. 17. № 1 (46). С. 5-13.
- Залибеков З.Г., Галимова У.А. 2010. Общие закономерности миграционной динамики легкорастворимых солей в основных типах почв Терско-Кумской низменности // Аридные экосистемы. Т. 16. №4 (44). С. 5-14.
- Крысанова Т.А., Котова Д.Л., Бабенко Н.К. 2005. Атомно-абсорбционная спектроскопия. Воронеж. 31 с.
- Салихов Ш.К., Яхияев М.А. 2008. Медико-экологическое значение концентрации Zn, Cu, Co, Mn в почвах Терско-Сулакской дельтовой равнины Дагестана // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. № 1. С. 54-58.
- Салихов Ш.К., Яхияев М-П.А., Луганова С.Г., Атаев М.Г., Курбанова З.В., Алиметова К.А. 2014. Эндемический зоб населения Дагестана как результат дефицита йода и селена в объектах биосферы // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. Т.19. №5. С. 1729-1732.
- *Яхияев М.А., Салихов Ш.К., Абусуев С.А.* 2009. Связь содержания цинка в почвах Терско-Сулакской низменности Дагестана с распространенностью сахарного диабета // Известия ДГПУ. № 3. С. 96-98.
- Яхияев М.А., Салихов Ш.К., Рамазанов А.Ш., Курбанова З.В. 2011. О значении содержания катионов в биосферном комплексе для человека // Вестник ДГУ. № 6. С.182-185.
- Markesbery W.R., Ehmann W.D. 1995. Neuron activation analysis of trace elements in motor neuron desease spinal cord // Neurodegeneration. № 4. P. 383-390.

# ISSN 1993-3916 журнал **АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2017. Т. 23. № 2 (71)**

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

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



## ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ КМК

Формат  $60x 84^{-1}/_{8}$  Объем 6.5 п.л.

Тираж 200 экз. Заказ №

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

Индекс 39775 (каталог «Пресса России»)