ISSN 1993-3916

Том *Volume* **22** **Номер** Number **4 (69)** **Декабрь** December **2016**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ
ARID ECOSYSTEMS

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

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

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

2016

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

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

ARID ECOSYSTEMS

Vol. 22, No. 4 (69), 2016, DECEMBER
Journal is founded in January 1995
Issued 4 times per year

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

Deputy editor Dr. geogr. Zn.V. Kuzmina*

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

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

Responsibilities for issue:
Zn.V. Kuzmina *, N.G. Mazey*

Addresses of Editorial Offices:
*Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3, WPI RAS
Tel.: (499) 135-70-31, (499) 135-70-41. Fax: (499) 135-54-15
E-mail: arid.journal@yandex.ru

**Russia, 367025 Mahachkala, Gadjieva str., 45, PIBR DSC RAS
Tel. / Fax: (872-2) 67-60-66
E-mail: pibrdncran@mail.ru

MOSCOW: KMK Scientific Press Ltd

2016

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

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

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Том 22, № 4 (69), 2016, декабрь
Журнал основан в январе 1995 г.
Выходит 4 раза в год

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

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

Редакционная коллегия:
Б.Д. Абатуров, Г. Бйоклунд (Швеция), С.-В. Брекле (Германия), К.Б. Гонгальский, П.Д. Гунин, А. 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:
Ж.В. Кузьмина*, Н.Г. Мазей*

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

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

Москва: Товарищество научных изданий КМК

2016

© Журнал основан в 1995 г.
Издается при поддержке
Прикаспийского института биологических ресурсов и
Института геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук,
Института водных проблем Российской академии наук,
Товарищества научных изданий КМК
и 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»

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Том 22, номер 4 (69), 2016 декабрь

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Климатические изменения в Приаралье и Средней Азии
Ж.В. Кузьмина, С.Е. Трешкин 5-20

Засоление орошаемых почв Среднеазиатского региона: старые и новые проблемы
Е.И. Панкова 21-29

Диагностика опустынивания с использованием основной гидрофизической характеристики почв
Т.Э. Щерба, Г.С. Куст, А.В. Смагин, О.В Андреева, В.Д. Славко 30-42

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Оценка водного дефицита на ирригационных землях Ферганской долины в условиях изменения климата
А.Д. Никанорова, Е.В. Миланова, Н.М. Дронин, Н.О. Тельнова 43-51

Структура флоры побережий в зоне влияния водохранилищ на юге Европейской части России
Н.М. Новикова, Н.А. Волкова 52-63

Характер встречаемости вируса гриппа А, *Coxiella burnetii*, *Toxoplasma gondii* и *Trichinella* sp. у манула, домашней кошки и их потенциальных жертв в условиях аридного климата
Е.В. Павлова, Е.В. Кирилюк, С.В. Найденко 64-72

Самоочищающая способность почв от нефти и нефтепродуктов в зависимости от структуры углеводородов
Н.М. Исмаилов, А.С. Гасымова 73-80

ХРОНИКА

К 20-летию института степи Уральского отделения Российской академии наук
А.Г. Рябуха 81-88

CONTENTS

Volume 22, Number 4 (69), 2016 DECEMBER

SYSTEMATIC STUDY OF ARID TERRITORIES

Climate change in the Aral sea region and Central Asia
Zh.V. Kuzmina, S.E. Treshkin 5-20

Salinization of irrigated soils in the Middle-Asian region: old and new issues
E.I. Pankova 21-29

Diagnostics of desertification with the use of water retention curve of soils
T.E. Shcherba, G.S. Kust, A.V. Smagin, O.V. Andreeva, V.D. Slavko 30-42

BRANCH PROBLEMS OF ARID LANDS DEVELOPMENT

Estimation of water deficit under climate change and irrigation conditions in the Fergana valley of Central Asia
A.D. Nikanorova, E.V. Milanova, N.M. Dronin, N.O. Telnova 43-51

Structure of the flora of the coasts at the area influenced by the reservoirs on the south of the European part of Russia
N.M. Novikova, N.A. Volkova 52-63

Occurrence pattern of influenza a virus, *Coxiella burnetii, Toxoplasma gondii,* and *Trichinella* sp. in the pallas's cat (manul) and domestic cat and their potential prey under arid climate conditions
E.V. Pavlova, E.V. Kirilyuk, S.V. Naidenko 64-72

Self-clearing of soil from oil and oil products depending on structer of hydrocarbons
N.M. Ismaylov, A.S. Gasumova 73-80

CHRONICLE

The twentieth anniversary of institute of steppe of Ural branch of Russian academy of sciences
A.G. Ryabukha 81-88

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2016, том 22, № 4 (69), с. 5-20

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 551.583.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРИАРАЛЬЕ И СРЕДНЕЙ АЗИИ[1]

© 2016 г. Ж.В. Кузьмина*, С.Е. Трешкин**

**Институт водных проблем РАН*
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: jannaKV@yandex.ru
***Федеральное агентство научных организаций*
Россия, 119334, г. Москва, Ленинский пр., д. 32а. E-mail: biost@yandex.ru

Поступила 19.05.2016

Для региона Приаралья и Средней Азии проанализирована многолетняя годовая, полугодовая и сезонная динамика основных для экосистем метеорологических характеристик (суммарных атмосферных осадков и температуры воздуха: средней, максимальной и минимальной) по их трендам за многолетний период (за 70-125 лет, по 2014 г.) для данных суточных наблюдений 8 метеорологических станций ВМО (Аральское море, Чимбай, Тамды, Торгай, Иргиз, Самарканд, Туркестан, Чарджоу). На основе анализа совокупного влажностно-температурного режима за многолетний период установлены основные тенденции климатических изменений, оценена доля изменений каждой метеорологической характеристики (по предложенному относительному коэффициенту изменений метеорологических характеристик – ОКИ), рассмотрено влияние климатических изменений на экосистемы.

Ключевые слова: температура воздуха, суммарные атмосферные осадки, *относительный коэффициент изменений* основных метеорологических характеристик (ОКИ), индекс засушливости Педя$_1$, модифицированный индекс засушливости Педя$_2$, климатические изменения.

Вслед за фиксированием и подтверждением современных климатических изменений (Оценочный доклад …, 2008; Второй оценочный …, 2014; Climate Change, 2013) возникает необходимость определения влияния этих изменений на экосистемы планеты. Чтобы определить направления влияния климатических изменений на экосистемы, необходимо оценить основные многолетние тенденции наиболее важных для экосистем метеорологических характеристик (температуры и осадков), а также их совокупного влияния. Многолетние изменения температур воздуха определяют изменения испарения с дневной поверхности, а, следовательно, могут приводить к уменьшению или увеличению увлажнения в регионах. Для аридного региона Средней Азии и Приаралья повышение или понижение увлажнения в ближайшие годы может стать фактором, угрожающим существованию многих типов экосистем, как естественного, так и антропогенного происхождения, особенно, существовавших ранее в гидроморфных и полугидроморфных условиях (Kuzmina, Treshkin, 2012; Кузьмина, Трешкин, 2012).

Материалы и методы

Для живых организмов основными показателями являются средние величины метеорологических и гидрологических характеристик, а их экстремальные значения определяют лишь предельно допустимые максимальные и минимальные показатели основных лимитирующих факторов среды, которые определяют диапазон выживания тех или иных организмов. Учитывая это, исследовались лишь средние и абсолютные минимальные и максимальные величины основных метеорологических

[1] Работа выполнена по теме НИР 1.3.9. Тема «Разработка оценочных показателей и критериев трансформации наземных экосистем в связи с изменением водного режима территорий» в рамках научно-исследовательской работы (НИР) 1.3. фундаментальных исследований ИВП РАН «Разработка научных основ теории формирования качества вод суши, методов исследования динамики водных и наземных экосистем, совершенствование комплексного мониторинга водных объектов», № государственной регистрации 01201357580.

характеристик в многолетнем аспекте для 8-ми метеостанций (1 – Аральское море/Аральск №35746, 46.8° с.ш., 61.7° в.д., Казахстан; 2 – Чимбай №38262, 42.9° с.ш., 59.8° в.д., Узбекистан; 3 – Иргиз №35542, 48.6° с.ш., 61.3° в.д., Казахстан; 4 – Торгай №35358, 49.6° с.ш., 63.5° в.д., Казахстан; 5 – Туркестан/Чимкент №38198, 43.3° с.ш., 68.3° в.д., Казахстан; 6 – Тамды/Зеравшан №38413, 41.7° с.ш., 64.6° в.д., Узбекистан; 7 – Чарджоу/Туркменабад №38687, 39.1° с.ш., 63.6° в.д., Туркменистан; 8 – Самарканд №38696, 39.6° с.ш., 67.0° в.д., Узбекистан) региона Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии (рис. 1), входящих в систему Всемирной метеорологической организации (ВМО). В данной работе анализировались суточные данные метеостанций Росгидромета за период с момента их открытия по 2014 г. включительно (для метеостанции Иргиз по 2005 год).

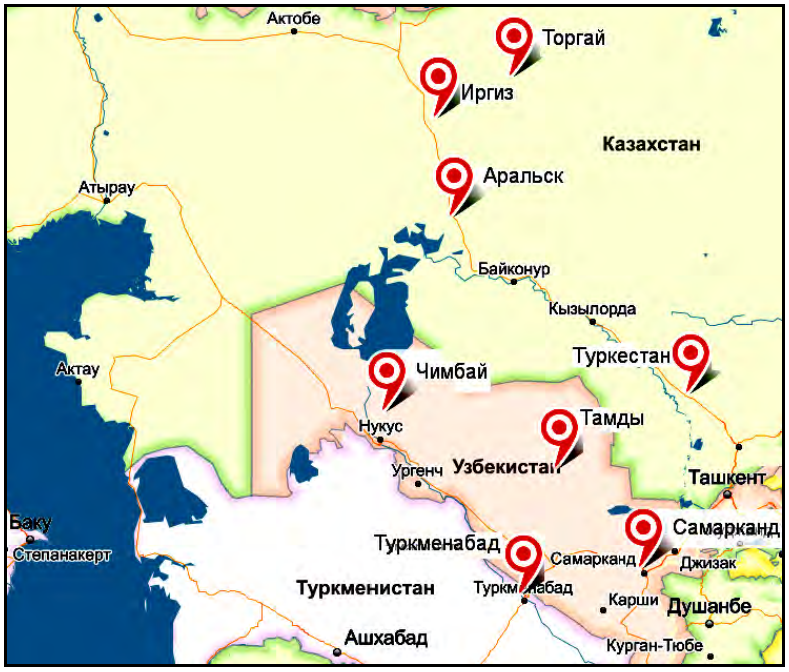


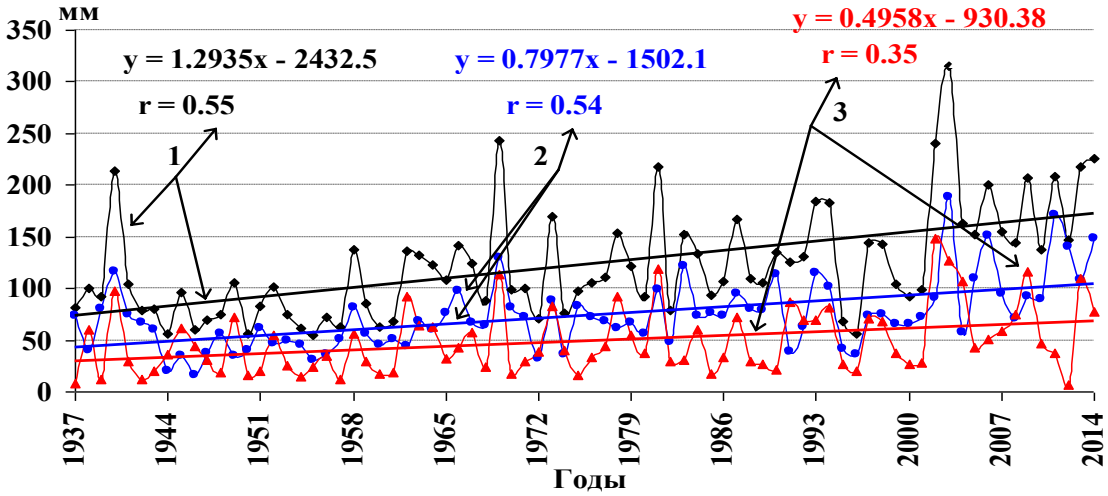
Рис. 1. Расположение метеостанций, входящих в состав ВМО в регионе Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии, для которых был проведен анализ трендов основных метеорологических характеристик за многолетний период наблюдений.
Fig. 1. Location of the meteostations included in the WMO in the Aral Sea region and neighboring areas, for which the trends of the main meteorological characteristics are analyzed for the long-term period of observations.

Климатические изменения определялись на основе выявления достоверных трендов основных метеорологических характеристик (средних, максимальных и минимальных температур воздуха и суммарных атмосферных осадков) за многолетний (от 70 до 125 лет) период (рис. 2, табл. 1) по стандартной методике, рассмотренной подробно в более ранних наших работах (Кузьмина, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009; Кузьмина и др., 2011, Кузьмина, Трешкин, 2014).

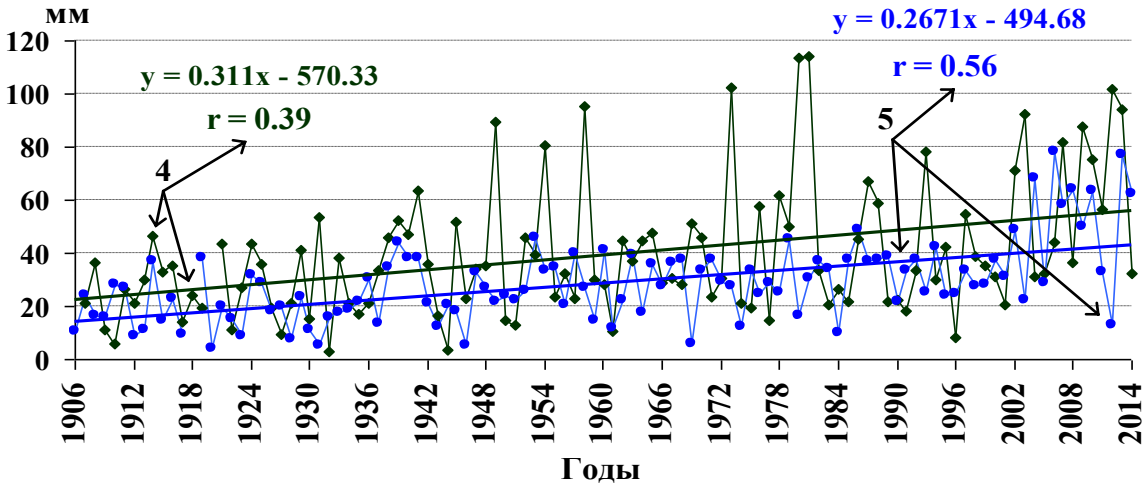
Анализ динамических изменений основных климатических характеристик (осадков и температуры) и сравнительная оценка величины многолетней динамики температуры воздуха (а также осадков) проводились с использованием *относительного коэффициента изменений* – ОКИ (табл. 1), который отражает отношение модуля изменения температуры (или осадков) за многолетний период к амплитуде колебания этой температуры (или осадков), выраженное в % (Кузьмина, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2014).

Изменения совокупного воздействия влажностно-температурного режима (температуры и осадков) оценивалось по основному *индексу* ($И_{Педя\ 1}$) *засушливости Д.А. Педя* (Педь, 1975; Переведенцев и др., 2008), который рассматривает аномалии температуры и осадков тренда по отношению к базовому периоду (1961-1990 гг.) и по его модифицированному варианту (Кузьмина, Трешкин, 2014) – *модифицированному индексу засушливости Д.А. Педя* ($И_{Педя\ 2}$), который оценивает отклонение от среднего уровня средней температуры воздуха и суммы осадков за весь многолетний период наблюдений, с момента открытия станции. С помощью этих индексов ($И_{Педя\ 1}$ и $И_{Педя\ 2}$) характеризовались условия как влагообеспеченности, так и теплообеспеченности, поскольку итогом являлись знакопеременные величины. В целом, положительным значениям индексов соответствовали засушливые периоды с повышением термического режима, а отрицательным – влажные – с усилением холодов. Атмосферная засуха формируется при значениях индекса $И_{Педя} \geq 2$, а если

$И_{Педя}$≤-2, то отмечаются условия с избыточным увлажнением (Педь, 1975; Переведенцев и др., 2008). При -2<$И_{Педя}$<2 погодные условия считались нормальными или со слабой аномальностью. Однако, для зимних периодов индекс Д.А. Педя рассчитывался по той же формуле с заменой при этом знака “-“ на знак “+” (Переведенцев и др., 2008). Теплой и многоснежной зима считалась при $И_{Педя}$>2, а холодной и малоснежной – при $И_{Педя}$<2.



а)



б)

Рис. 2. Динамика изменения суммарного количества выпадающих атмосферных осадков за многолетний период по метеостанциям Чимбай (а) и Аральск (б). Условные обозначения. Фактические данные с их линейными трендами, формулами и коэффициентами корреляции: 1 – для полного годового периода (1-12 месяцы), 2 – для теплого полугодия (4-9 месяцы), 3 – для холодного полугодия (1-3, 10-12 месяцы), 4 – для весны (3-5 месяцы), 5 – для зимы (1-2, 12 месяцы). **Fig. 2.** Long-term dynamics of variations in the total atmospheric precipitation for the Chimbai (a) and Aralsk (b) meteostations. Designations: actual data with their linear trends, formulas, and coefficients of correlation: 1 – total annual period (1-12 months), 2 – the warm half of the year (4-9 months), 3 – the cold half of the year (1-3, 10-12 months), 4 – spring (3-5 months), and 5 – winter (1-2, 12 months).

Результаты и обсуждение

Многолетняя динамика атмосферных осадков и температуры воздуха в Приаралье и сопредельных территориях. Проведенный нами анализ показал, что для *суммарных атмосферных осадков* величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0.19 (летом в Чимбае) до +0.62 (в целом за год для Чимбая, табл. 1), а значения фактических изменений колеблются в пределах от 7 мм (для лета в Чимбае) до 123 мм (холодное полугодие в Самарканде; здесь и далее

Таблица 1. Анализ трендов многолетних изменений годовых значений атмосферных осадков и температуры воздуха в регионе Приаралья (фрагмент таблицы). **Table 1.** Analysis of the trends of long-term variations in the atmospheric precipitation and the air temperature in the Aral Sea region ((a section of the Table).

Станция	Периоды: Сезоны	Периоды: Месяцы	Осадки, мм: Лет	Тренд	r[1]	α[2]	Ср.[3]	Δ[4]	ОКИ, %[5]	Индекс Педя: $И_{Педя1}$[6]	$И_{Педя2}$[7]	Температура воздуха, °C, Средняя: Лет	Тренд	r	α	Ср.	Δ	ОКИ, %	Абс. минимальная: Лет	Тренд	r	α	Мин.	Δ	ОКИ, %	Абс. максимальная: Лет	Тренд	r	α	Макс.	Δ	ОКИ, %
Аральское море №35746			1906-2014									1906-2014							1906-2014							1906-2014						
	Год	1-12	109	+	0.56	0.001	125.8	94.1	38.1	0.3	-0.1	102	+	0.53	0.001	7.9	2.5	48.4														
	Тепл. пол.	4-9	109	+	0.39	0.001	61.7	49.7	11.0	0.1	-0.3	102	+	0.59	0.001	20.2	2.6	32.2	100	+	0.17	0.10	-15.9	2.1	11.2	94	+	0.47	0.001	46.9	3.9	34.7
	Хол. пол.	10-3	109	+	0.51	0.001	64.1	44.4	28.7	2.5	3.1	102	+	0.36	0.001	-4.6	2.6	28.7	103	+	0.25	0.05	-37.9	3.1	18.1	91	+	0.33	0.01	32.6	4.4	25.4
	Весна	3-5	107	+	0.39	0.001	39.6	33.6	19.7	0.3	-0.1	106	+	0.45	0.001	8.4	3.5	30.6	98	+	0.35	0.001	-36.1	7.8	25.0	94	+	0.31	0.01	39.9	3.5	22.9
	Лето	6-8	108	0 (+)	0.13	н	26.5	-	-	2.1	1.8	104	+	0.47	0.001	25.3	1.9	35.1	101	+	0.23	0.05	3.6	1.6	16.4	93	+	0.46	0.001	46.9	3.8	34.2
	Осень	9-11	107	+	0.23	0.05	32.7	16.4	14.1	1.2	0.0	105	+	0.45	0.001	8.0	2.6	22.4	99	+	0.19	0.10	-31.6	4.0	15.4	89	+	0.43	0.001	41.5	4.7	33.6
	Зима	12-2	108	+	0.56	0.001	28.9	28.8	39.0	3.0	3.4	105	+	0.15	0.15	-10.6	1.5	8.3	103	+	0.25	0.05	-37.9	3.1	18.0	92	+	0.31	0.01	17.8	3.6	17.1
	Тепл. пол.	5-10	109	+	0.23	0.05	58.6	25.1	14.3	0.6	-0.1	102	+	0.61	0.001	19.9	2.4	33.4	99	+	0.26	0.01	-15.7	3.1	17.1	94	+	0.47	0.001	46.9	3.9	34.7
	Хол. пол.	11-4	109	+	0.62	0.001	67.2	69.0	41.3	2.6	3.2	102	+	0.35	0.001	-4.3	2.6	26.9	103	+	0.25	0.05	-37.9	3.1	18.1	93	+	0.38	0.001	33.9	5.0	33.0
Чимбай №38262			1937-2014									1937-2014							1937-2014							1937-2014						
	Год	1-12	81	+	0.61	0.001	122.7	64.9	24.9	0.4	0.4	78	+	0.70	0.001	11.1	2.7	55.5														
	Тепл. пол.	4-9	81	+	0.35	0.01	49.1	38.2	26.8	0.0	0.1	78	+	0.81	0.001	21.5	2.9	58.9	78	+	0.42	0.001	-8.8	4.0	28.5	78	+	0.59	0.001	46.0	3.3	37.6
	Хол. пол.	10-3	81	+	0.54	0.001	73.7	61.4	35.5	3.6	3.3	78	+	0.43	0.001	0.7	2.5	32.1	78	+	0.18	0.15	-33.7	2.8	12.2	78	0 (+)	0.11	н	34.5	-	-
	Весна	3-5	81	+	0.43	0.001	53.2	48.0	36.7	-0.1	0.0	78	+	0.59	0.001	12.3	3.5	40.9	75	+	0.24	0.05	-22.6	3.7	18.7	78	+	0.24	0.05	46.0	1.8	12.6
	Лето	6-8	81	+	0.19	0.10	11.5	7.0	9.8	-0.7	0.0	78	+	0.79	0.001	25.7	3.0	65.6	76	+	0.38	0.001	2.6	2.9	25.1	78	+	0.53	0.001	46.0	3.0	33.6
	Осень	9-11	81	+	0.36	0.001	22.6	19.9	22.8	-0.3	-0.3	78	+	0.53	0.001	10.3	2.5	43.5	77	+	0.23	0.05	-25.5	3.6	16.0	78	+	0.28	0.10	41.0	1.9	16.5
	Зима	12-2	81	+	0.37	0.001	35.4	24.8	28.5	3.7	3.5	78	+	0.22	0.05	-4.1	1.8	17.8	78	+	0.17	0.15	-33.7	2.7	12.3	78	0 (+)	0.02	н	24.4	-	-
	Тепл. пол.	5-10	81	+	0.35	0.01	38.6	26.2	22.7	-0.4	-0.1	78	+	0.84	0.001	21.0	2.7	63.9	76	0 (+)	0.11	н	-13.2	-	-	78	+	0.53	0.001	46.0	2.9	33.5
	Хол. пол.	11-4	81	+	0.52	0.001	84.1	73.4	42.7	3.6	3.5	78	+	0.47	0.001	1.1	2.7	35.1	78	+	0.18	0.15	-33.7	2.8	12.8	78	+	0.33	0.01	46.0	3.6	16.0

Примечания к таблице 1: 1) **r**[1]– коэффициент корреляции линейного тренда с кривыми фактических многолетних значений осадков или температур воздуха; 2) **α**[2] – значимость коэффициентов корреляции; 3) **ср., мин., макс**.[3] – средние, абсолютные минимальные и абсолютные максимальные температуры воздуха, а также среднее количество суммарных атмосферных осадков за многолетний период по фактическим данным; 4) **Δ**[4] – модуль изменения фактического значения за рассматриваемый период, высчитанный на основании тренда;

Продолжение **примечаний к таблице 1:** 5) **ОКИ**[5] – показатель доли изменения фактических средних значений осадков, рассчитанный как отношение модуля изменения к модулю среднего значения параметра, выраженный в %; 6) **И**$_{\text{Педя 1}}$[7] – индекс засушливости Д.А. Педя (1); 7) **И**$_{\text{Педя 2}}$[8] – модифицированный индекс засушливости Д.А. Педя (2); 8) жирным шрифтом выделены значения показателей для трендов с достоверными (значимыми) коэффициентами корреляции. **Note to table 1:** 1) **r**[1]– linear trend coefficient of correlation with the curves of the actual precipitation values and air temperature; 2) **α**[2] – the significance of the correlation coefficients; 3) **ср., мин., макс**.[3] – average, the absolute minimum and abcolyutnye maximum air temperature, and the average amount of total precipitation over many years based on actual data; 4) **Δ**[4] – module changes the actual value in the reporting period, calculated on the basis of the trend; 5) **ОКИ**[5] – changing the actual rate share precipitation averages calculated as the ratio of the change module to the average value of the parameter, expressed in %; 6) **И**$_{\text{Педя 1}}$[7] – the index of aridity D.A. Pedya (1); 7) **И**$_{\text{Педя 2}}$[8] – modified index of aridity D.A. Pedya (2); 8) The bold values for trends with significant (significant) correlation coefficients.

Таблица 2. Значения коэффициентов корреляции для многолетних изменений суммарных атмосферных осадков и средней температуры воздуха по восьми метеостанциям Приаралья и сопредельных территорий. **Table 2.** Values of coefficients of correlation for the long-term variations in the total atmospheric precipitation and average air temperature for the eight meteostations in the Aral Sea region and neighboring areas.

Период времени в месяцах	r осадков								r средней t°C воздуха							
	1. Аральск	2. Чимбай	3.Иргиз	4.Торгай	5.Туркестан	6.Тамды	7. Чарджоу	8.Самарканд	1. Аральск	2. Чимбай	3.Иргиз	4.Торгай	5.Туркестан	6.Тамды	7. Чарджоу	8.Самарканд
Годовое (1-12)	**0.56**	**0.61**	**0.22**	**0.23**	**0.46**	-0.001	**0.19**	**0.41**	**0.53**	**0.70**	**0.40**	**0.34**	**0.25**	**0.59**	0.09	**0.68**
Тепл. пол. (4-9)	**0.39**	**0.35**	0.09	0.10	**0.28**	-0.06	0.04	0.18	**0.59**	**0.81**	**0.19**	**0.28**	**0.17**	**0.60**	0.04	**0.70**
Холод. пол. (1-3, 10-12)	**0.51**	**0.54**	**0.33**	**0.28**	**0.45**	0.06	**0.26**	**0.42**	**0.36**	**0.43**	**0.46**	**0.26**	**0.24**	**0.41**	**0.18**	**0.48**
Тепл. пол.(5-10)	**0.23**	**0.35**	0.08	0.09	**0.32**	0.06	0.02	0.15	**0.61**	**0.84**	0.13	**0.23**	0.13	**0.67**	0.07	**0.69**
Холод. пол. (1-4, 11-12)	**0.62**	**0.52**	**0.36**	**0.33**	**0.43**	-0.04	**0.21**	**0.42**	**0.35**	**0.47**	**0.44**	**0.30**	**0.25**	**0.42**	**0.24**	**0.50**
Весна (3-5)	**0.39**	**0.43**	0.14	**0.24**	**0.30**	-0.07	0.03	0.16	**0.45**	**0.59**	0.16	**0.35**	**0.17**	**0.47**	**0.20**	**0.49**
Лето (6-8)	0.13	**0.19**	0.09	0.03	0.12	0.08	0.01	0.17	**0.47**	**0.79**	0.09	0.06	0.01	**0.56**	0.04	**0.66**
Осень(9-11)	**0.23**	**0.36**	0.06	0.04	**0.44**	0.13	**0.25**	**0.28**	**0.45**	**0.53**	**0.27**	**0.35**	**0.22**	**0.52**	0.01	**0.56**
Зима(1-2, 12)	**0.56**	**0.37**	**0.33**	**0.25**	**0.42**	-0.06	**0.28**	**0.45**	**0.15**	**0.22**	**0.41**	0.11	**0.15**	0.15	0.13	**0.22**

Примечания к таблицам 2 и 5: жирным крупным шрифтом выделены достоверные значимые коэффициенты корреляции. **Note to tables 2 and 5:** the reliable significant coefficients of correlation are in bold.

учитывались изменения величин параметров только при значимых коэффициентах корреляции; табл. 2). При этом в среднем за год (1-12 месяцы) и зимний сезон (1-2, 12 месяцы) осадки для всех станций (кроме Тамды) увеличились на 61 мм и 33 мм соответственно, при чем для половины станций осадки увеличились также весной и осенью в среднем на 35 мм и 26 мм соответственно. При том, что летом значимое увеличение выпадение осадков на всех станциях (кроме Чимбай) не отмечалось.

В многолетнем аспекте распределения годовых, полугодовых и сезонных сумм атмосферных осадков значимые достоверные тренды выявлены практически для всех метеостанций. Исключение составляет метеостанция Тамды, для которой не выявлено никаких достоверных трендов многолетнего изменения в выпадении атмосферных осадков.

При этом максимальное увеличение выпадения атмосферных осадков наблюдается, несомненно, в холодное полугодие и зимний сезон, что дает основную долю их повышения за год. Так, годовое

увеличение осадков составило для метеостанций: Чимбай за период 1937-2014 гг. – 65 мм, Аральск (1906-2014) – 94 мм, Торгай (1900-2014) – 50 мм, Иргиз (1936-2014) – 43 мм, Самарканд (1936-2014) – 80 мм, Чарджоу (1895-2014) – 38 мм, Туркестан (1882-2014) – 44 мм (табл. 3).

Для всех метеостанций (исключая Тамды) для двух анализируемых холодных полугодий (1-3, 10-12 и 1-4, 11-12 месяцы) также наблюдается увеличение выпадения атмосферных осадков, всреднем на 51 и 63 мм соответственно, что связано с их повышением зимой и осенью.

Таблица 3. Модуль изменения суммарных атмосферных осадков (в мм) и средней температуры воздуха (в С) по трендам за многолетний период для восьми метеостанций Приаралья и сопредельных территорий. **Table 3.** Module of the variation in the total atmospheric precipitation (mm) and in the average air temperature (°C) with respect to the trends over the long-term period for the eight meteostations in the Aral Sea region and neighboring areas.

Период времени в месяцах	**Модуль изменения осадков, мм**								**Модуль изменения средней температуры воздуха, °C**							
	1. Аральск	**2. Чимбай**	**3.Иргиз**	**4.Торгай**	**5.Туркестан**	**6.Тамды**	**7. Чарджоу**	**8.Самарканд**	**1. Аральск**	**2. Чимбай**	**3.Иргиз**	**4.Торгай**	**5.Туркестан**	**6.Тамды**	**7. Чарджоу**	**8.Самарканд**
Годовое (1-12)	94.1	64.9	42.8	50.2	43.8	-*	38.1	80.4	2.5	2.7	1.5	1.6	1.1	2.2	-	2.2
Тепл. пол. (4-9)	49.7	38.2	-	-	30.0	-	-	-	2.6	2.9	0.6	1.0	0.6	2.0	-	2.2
Холод. пол. (1-3, 10-12)	44.4	61.4	27.3	36.2	82.8	-	39.1	56.3	2.6	2.5	3.0	1.8	1.5	2.3	0.8	2.2
Тепл. пол. (5-10)	25.1	26.2	-	-	18.5	-	-	-	2.4	2.7	-	0.8	-	2.0	-	2.1
Холод. пол. (1-4, 11-12)	69.0	73.4	30.6	45.5	31.7	-	37.1	123.4	2.6	2.7	2.7	2.1	1.6	2.2	1.1	2.3
Весна (3-5)	33.6	48.0	-	23.9	35.0	-	-	-	3.5	3.5	-	2.7	0.9	2.4	0.9	2.6
Лето (6-8)	-	7.0	-	-	-	-	-	-	1.9	3.0	-	-	-	1.8	-	2.0
Осень (9-11)	16.4	19.9	-	-	33.1	-	14.6	42.7	2.6	2.5	1.5	1.9	1.1	2.7	-	2.6
Зима (1-2, 12)	28.8	24.8	16.2	17.6	46.6	-	25.0	61.7	1.5	1.8	3.6	-	1.4	-	-	1.5

Примечания к таблицам 3-4 и 6-7: * – изменения отсутствуют, т.к. трендов нет. **Note to tables 3-4 and 6-7**: * – no change, because no trends.

Кроме того, для трех метеостанций (Аральск, Чимбай, Тургай) для двух анализируемых теплых полугодий (4-9 и 5-10 месяцы) также наблюдается увеличение выпадения атмосферных осадков (всреднем на 40 и 23 мм соответственно), что связано с их повышением в весенний и осенний сезоны.

Таким образом, значимые достоверные тренды за различные периоды в многолетнем распределении выпадения суммарных атмосферных осадков (годовых, за различные полугодия и сезонных) выявлены для 7-ми из восьми анализируемых станций Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии и все они положительные (отрицательные тренды отсутствуют). Положительные тренды годовых сумм осадков также установлены для 7 метеостанций.

Из 72 анализируемых кривых многолетних изменений выпадения атмосферных осадков для различных временных периодов всех метеостанций, более половины (44 кривых или 61% случаев) имели значимые достоверные тренды их повышения. При этом, для всех метеостанций основной тенденцией во внутригодовом перераспределении осадков является их безусловное повышение в три сезона года: зимой (1-2, 12), весной (3-5) и осенью (9-11).

Таким образом, выявлена единственная безусловная тенденция заметного значимого увеличения выпадения атмосферных осадков за год для региона Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии. Это значимое увеличение годовой суммы осадков происходит как за счет холодного полугодия, так и, отчасти, за счет теплого полугодия, что связано с их основным сезонным повышением зимой, и вполовину меньшим повышением осенью и весной.

Анализ *относительных коэффициентов изменений* (ОКИ) многолетнего распределения

суммарных атмосферных осадков (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) показал, что значимые достоверные изменения произошли в 61% случаев (от общего кол-ва анализируемых кривых). При этом основная доля (66% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30%. Минимальные и максимальные значения ОКИ составляют 20% и 14% соответственно от всех установленных трендов изменения осадков. Таким образом, можно сказать, что для региона Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии характерна тенденция увеличения выпадения атмосферных осадков в многолетнем аспекте. При этом наблюдающееся повышение выпадения атмосферных осадков в среднем произошло на одну треть (табл. 4).

Таблица 4. Относительный коэффициент изменений (ОКИ, %) динамики суммарных атмосферных осадков и средней температуры воздуха за многолетний период по восьми метеостанциям Приаралья и сопредельных территорий. **Table 4.** The relative rate of change (OCI, %) the dynamics of total precipitation and average air temperature for long period of eight weather stations Aral Sea region and adjacent territories.

Период времени в месяцах	ОКИ осадков								ОКИ средней температуры воздуха							
	1. Аральск	2. Чимбай	3.Иргиз	4.Торгай	5.Туркестан	6.Тамды	7. Чарджоу	8.Самарканд	1. Аральск	2. Чимбай	3.Иргиз	4.Торгай	5.Туркестан	6.Тамды	7. Чарджоу	8.Самарканд
Годовое (1-12)	38	25	15	18	14	-	10	19	48	56	31	21	16	44	-	54
Тепл. пол. (4-9)	11	27	-	-	18	-	-	-	32	59	13	18	8	42	-	56
Холод. пол. (1-3, 10-12)	29	36	26	21	28	-	15	20	29	32	32	16	17	32	14	39
Тепл. пол. (5-10)	14	23	-	-	15	-	-	-	33	64	-	13	-	43	-	48
Холод. пол. (1-4, 11-12)	41	43	26	23	12	-	11	29	27	35	36	20	18	33	20	34
Весна (3-5)	20	37	-	17	20	-	-	-	31	41	-	27	10	31	13	24
Лето (6-8)	-	10	-	-	-	-	-	-	35	66	-	-	-	45	-	51
Осень (9-11)	14	23	-	-	24	-	12	15	22	44	17	21	14	38	-	42
Зима (1-2, 12)	39	29	26	21	28	-	20	34	8	18	31	-	10	-	-	16

Примечание к таблицам 4 и 7. Note to table 4 and 7. ОКИ:
– 0.1-14%, – 15-30%, – 31-50%, – >50%.

Для *средних температур воздуха* (среднегодовых, средних для различных холодных/теплых полугодий, а также весеннего, летнего, осеннего и зимнего сезонов года) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0.15 (зима в Аральске) до +0.84 (теплое полугодие в Чимбае), т.е. все они положительные (табл. 2). При этом значимое повышение средних значений температур воздуха (табл. 3) зафиксировано от 0.6°С (теплое полугодие в Иргизе и Туркестане) до 3.6°С (зима в Иргизе), в среднем для всех станций и анализируемых временных периодов – на 2.1°С.

В многолетнем распределении средней температуры воздуха (среднегодовой, средней по полугодиям, а также по отдельным сезонам года) установлены только положительные достоверные тренды. Лишь для 13 (18%) из 72 анализируемых кривых изменений средних температур воздуха не выявлены достоверные тренды изменения температур воздуха, половина из них относится к данным по метеостанции Чарджоу.

Таким образом, преобладающей тенденцией в многолетнем распределении средних температур воздуха в регионе Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии является стабильное повышение среднегодовых значений температуры воздуха (в среднем по всем станциям r_{av}=+0.43), которое происходит за счет потепления воздуха как в холодные ($r_{av\ 1\text{-}3,\ 10\text{-}12}$=+0.35, $r_{av\ 1\text{-}4,\ 11\text{-}12}$=+0.37), так и в теплые полугодия ($r_{av\ 4\text{-}9}$=+0.48, $r_{av\ 5\text{-}10}$=+0.61; табл. 2). При этом фактическое повышение средней температуры воздуха в среднем по метеостанциям составило: в целом за год – на 2.0°С

(от 1.1°С до 2.7°С), за основные теплое (4-9) и холодное полугодие (1-3, 10-12) – на 1.7°С (от 0.6°С до 2.9°С) и на 2.1°С (от 0.8°С до 3.0°С) соответственно, за альтернативное теплое (5-10) и холодное (1-4, 11-12) полугодия – на 1.9°С (от 0.8°С до 2.7°С) и на 2.1°С (от 1.1°С до 2.7°С) соответственно, за весну (3-5) – на 2.3°С (от 0.9°С до 2.5°С), за лето (6-8) – на 2.3°С (от 1.8°С до 3.0°С), за осень (9-11) – на 2.1°С (от 1.1°С до 2.7°С), за зиму (1-2, 12) – на 2.1°С (от 1.4°С до 3.6°С; табл. 3).

В сезонном изменении средних температур за многолетний период для лета не выявлено значимое повышение средней температуры воздуха у половины метеостанций (Иргиз, Тургай, Туркестан, Чарджоу), находящихся на периферии исследуемой территории – в основном в северной и восточной ее частях (табл. 2). Для остальных метеостанций (Аральск, Чимбай, Тамды, Самарканд) летние тренды повышения температуры воздуха очень высоки – в среднем r_{av}=+0.62 (от r=+0.47 до r=+0.79; табл. 2), что соответствует повышению летней температуры воздуха за многолетний период в среднем на 2.3°С (от 1.8°С до 3.0°С; табл. 3).

Таким образом, установлена основная тенденция повышения среднегодовой температуры воздуха в Приаралье и на сопредельных территориях, которая происходит как за счет холодного полугодия, так и за счет теплого полугодия. При этом повышения температур в холодное полугодие по абсолютным значениям чуть выше (на 10-20%), чем в теплое полугодие (2.1°С и 1.7°–1.9°С соответственно). Повышение средних температур воздуха происходит также во все сезоны года, однако, основная доля его приходится на весенний (в среднем на 2.3°С для 7-и метеостанций) и осенний (в среднем на 2.1°С для 7-и метеостанций) сезоны, поскольку зимой и летом повышение средних температур (на 2.1°С и на 2.3°С) отмечается только для пяти и четырех станций соответственно (табл. 3).

Анализ *относительных коэффициентов изменений* (ОКИ) средних температур воздуха (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в регионе Приаралья показал, что значимые достоверные изменения произошли в 82% случаев (от общего кол-ва анализируемых кривых). При этом около половины (45% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 30-50%. Минимальных значений ОКИ почти столько же (15%), как и очень высоких – 12%, т.е. максимальных значений, изменения для которых составили уже более 50% от их многолетней амплитуды. Таким образом, можно сказать, что повышение средних температур воздуха в рассматриваемом регионе безусловно и повсеместно как для общего годового цикла, так и для отдельных периодов и сезонов года, а сами эти изменения по своей величине, в целом, достигают от одной трети до половины от возможных (табл. 4).

Для *абсолютных минимальных температур воздуха* (холодных/теплых полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от –0.17 (лето в Чарджоу) до +0.61 (лето в Самарканде), а минимальным по модулю значимым коэффициентом корреляции здесь является 0.17 (осень и лето в Чарджоу). При этом единственное понижение (на 1.1°С) среди всех анализируемых периодов для абсолютных минимальных температур воздуха отмечено только для летнего сезона в Чарджоу. Остальные значимые и незначимые изменения в многолетнем аспекте абсолютных минимальных температур воздуха касаются только их повышения. Все значимые повышения абсолютных минимальных температур воздуха за все анализируемые периоды достигают в среднем для всех анализируемых метеостанций значения в 4.2°С, т.е. лежат в пределах изменений от 1.6°С до 8.2°С.

Для всей территории Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии установлено значимое повсеместное повышение абсолютных минимальных температур воздуха за холодное полугодие (т.е. в целом за год) и зиму (1-2, 12), а также для большинства метеостанций (для 7-и) осенью (9-11) и весной (3-5). При этом для более половины метеостанций отмечается также повышение абсолютных минимальных температур воздуха в теплое полугодие и летний сезон. На всех метеостанциях (исключая лето в Чарджоу) отсутствует тенденция к понижению минимальных температур воздуха. Основные тенденции повышения абсолютных минимальных температур воздуха в Приаралье очень схожи с тенденциями изменений средних температур воздуха. Изменения происходят как во все холодные (для всех 8-и метеостанций: r_{av}=+0.28, r_{max}=+0.39, r_{min}=+0.18), так и в теплые полугодия (для 6-и метеостанций: r_{av}=+0.30, r_{max}=+0.42, r_{min}=+0.17), однако в холодные полугодия изменения на 11-15% больше по своим значениям, чем в теплые (Δ_{av}=4.1°С, Δ_{max}=7.5°С,

Δ_{min}=2.4°C – для холодных полугодий и Δ_{av}=3.5°C, Δ_{max}=6.8°C, Δ_{min}=2.1°C – для теплых полугодий). В сезонном изменении абсолютных минимальных температур воздуха преобладает безусловное повышение зимой (для всех метеостанций: r_{av}=+0.26, r_{max}=+0.36, r_{min}=+0.17), весной (для 7-и метеостанций: r_{av}=+0.33, r_{max}=+0.40, r_{min}=+0.16), осенью (для 7-и метеостанций: r_{av}=+0.32, r_{max}=+0.42, r_{min}=+0.23) и отчасти летом (для 4-х метеостанций: r_{av}=+0.42, r_{max}=+0.61, r_{min}=+0.23).

При этом фактическое повышение абсолютной минимальной температуры воздуха (табл. 5) всреднем по всем анализируемым метеостанциям составило: в целом за год (1-12) и за зиму (1-2, 12) – на 3.8°C (от 2.4°C до 5.1°C), за основные холодное (1-3, 10-12 месяцы) и теплое (4-9 месяцы) полугодия – на 4.2°C (от 2.4°C до 7.5°C) и на 3.5°C (от 2.1°C до 6.8°C) соответственно, а также за остальные сезоны года – за осень – на 5.3°C (от 2.4°C до 8.2°C), за весну – на 5.0°C (от 3.4°C до 7.8°C), за лето – на 3.2°C (от 1.6°C до 3.4°C).

Таблица 5. Модуль изменения абсолютных минимальных и максимальных температур воздуха (в °C) по трендам за многолетний период для восьми метеостанций Приаралья и сопредельных территорий.
Table 5. Module of the variation in the absolute minimum and maximum air temperatures (°C) with respect to the trends over the long-term period for the eight meteostations in the Aral Sea region and neighboring areas.

Период времени в месяцах	Модуль изменения минимальной температуры воздуха, °C								Модуль изменения максимальной температуры воздуха, °C							
	1. Аральск	2. Чимбай	3.Иргиз	4.Торгай	5.Туркестан	6.Тамды	7. Чарджоу	8.Самарканд	1. Аральск	2. Чимбай	3.Иргиз	4.Торгай	5.Туркестан	6.Тамды	7. Чарджоу	8.Самарканд
Тепл. пол. (4-9)	2.1	4.0	-	6.8	-	3.0	2.2	2.8	3.9	3.3	1.8	-	-	1.4	-	1.2
Холод. пол. (1-3, 10-12)	3.1	2.8	3.6	2.4	7.5	3.7	4.4	5.4	4.4	-	-	3.0	2.6	3.0	-	-
Тепл. пол. (5-10)	3.1	-	-	4.9	-	3.0	-	2.7	3.9	2.9	1.8	-	-	1.4	-	1.2
Холод. пол. (1-4, 11-12)	3.1	2.8	3.6	2.4	7.5	3.7	4.4	5.4	5.0	3.6	-	-	-	3.8	-	2.4
Весна (3-5)	7.8	3.7	4.0	4.5	-	3.4	4.3	4.0	3.5	1.8	-	-	-	-	-	-
Лето (6-8)	1.6	2.9	-	-	-	3.9	1.1	4.4	3.8	3.0	1.8	-	-	1.2	-	1.2
Осень (9-11)	4.0	3.6	-	6.2	8.2	6.2	2.4	6.3	4.7	1.9	-	2.4	1.8	3.8	1.4	1.2
Зима (1-2, 12)	3.1	2.7	3.3	2.4	5.1	3.4	4.5	5.0	3.6	-	-	2.2	-	2.6	-	-

Таким образом, максимальные по частоте положительные изменения абсолютных минимальных температур воздуха произошли в холодное полугодие и зимой, а максимальные по амплитуде положительные изменения отмечаются для осени и весны. Изменения летом и в теплые полугодия меньшие как по частоте, так и по амплитуде. В среднем для региона Приаралья и сопредельных территорий заморозки в теплое полугодие снизились на 3.5°C, в то время как самые сильные морозы ослабли на 4.2°C.

И только для 10 из 72 анализируемых кривых многолетних изменений абсолютных минимальных температур воздуха (или в 14% случаях) не установлено достоверных трендов их изменений. Практически для всех метеостанций и анализируемых периодов времени (исключение только летом в Чарджоу) в регионе Приаралья и сопредельных территориях установлены значимые достоверные повышения абсолютных минимальных температур воздуха. Основной тенденцией в многолетней динамике абсолютных минимальных температур воздуха является их повышение в холодное полугодие и зимой, а также значимое безусловное повышение их осенью и весной.

Анализ *относительных коэффициентов изменений* (ОКИ) абсолютных минимальных температур воздуха (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в регионе Приаралья и сопредельных территорий показал, что значимые достоверные изменения произошли в 85% случаев (от общего кол-

ва анализируемых кривых), что немного превышает этот показатель для средних температур воздуха (82%). При этом основная доля (88% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений лежат в пределах 15-30%. Минимальных и максимальных значений ОКИ – 10 и 3% (табл. 6). Таким образом, можно сказать, что повышение абсолютных минимальных температур воздуха в данном регионе также безусловно и повсеместно как для годового цикла, так и для отдельных периодов и сезонов года, а сами эти изменения также составляют от одной трети до половины от возможных.

Таблица 6. Относительный коэффициент изменений (ОКИ, %) динамики абсолютны минимальных и максимальных температур воздуха за многолетний период по восьми метеостанциям Приаралья и сопредельных территорий. **Table 6.** Relative coefficient of variations (RCV, %) in the dynamics of the absolute minimum and maximum air temperatures over the long-term period for the eight meteostations in the Aral Sea region and neighboring areas.

Период времени в месяцах	ОКИ минимальной температуры воздуха, %								ОКИ максимальной температуры воздуха, %							
	1. Аральск	2. Чимбай	3.Иргиз	4.Торгай	5.Туркестан	6.Тамды	7. Чарджоу	8.Самарканд	1. Аральск	2. Чимбай	3.Иргиз	4.Торгай	5.Туркестан	6.Тамды	7. Чарджоу	8.Самарканд
Тепл. пол. (4-9)	11	29	-	27	-	17	18	22	35	38	19	-	-	14	-	20
Холод. пол. (1-3, 10-12)	18	12	24	16	26	17	22	27	25	-	-	13	15	15	-	-
Тепл. пол. (5-10)	17	-	-	25	-	16	-	21	35	34	19	-	-	14	-	20
Холод. пол. (1-4, 11-12)	18	13	24	16	26	17	22	27	33	16	-	-	-	18	-	18
Весна (3-5)	25	19	15	15	-	11	23	23	23	13	-	-	-	-	-	-
Лето (6-8)	16	25	-	-	-	28	11	43	34	34	19	-	-	10	-	20
Осень (9-11)	15	16	-	24	28	23	12	35	34	17	-	16	16	29	16	13
Зима (1-2, 12)	18	12	22	16	18	16	23	25	17	-	-	16	-	8	-	-

Для *абсолютных максимальных температур воздуха* (холодных/теплых полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0.18 (осень в Самарканде) до +0.59 (теплое полугодие в Чимбае). При этом фактические повышения абсолютных максимальных температур воздуха в регионе Приаралья и сопредельных территорий лежат в пределах 1.2°С до 5.0°С (табл. 5), при среднем значении повышения для всех станций и периодов в 2.6°С.

В многолетней динамике абсолютных максимальных температур воздуха по полугодиям и сезонам года на изучаемой территории установлена самая меньшая доля изменений для всех анализируемых метеорологических характеристик. Из 72 анализируемых кривых чуть более половины (43 кривых или 60% случаев) имели достоверный значимый тренд повышения своих значений.

При этом, выделяется лишь одна общая тенденция в изменении абсолютных максимальных температур воздуха – это безусловное их повышение осенью (для 7-и метеостанций), а также частично летом (для 5-и станций), в теплые (для 5-и станций) и в холодные (для 4-х станций) полугодия. Минимальные по частоте встречаемости изменения наблюдаются весной (для 2-х станций) и зимой (для 3-х станций; табл. 5).

Фактическое повышение абсолютной максимальной температуры воздуха для установленных трендов составляет (табл. 5): осенью – на 2.5°С (от 1.2°С до 4.7°С), летом – на 2.2°С (от 1.2°С до 3.8°С), в основное и в альтернативное теплые полугодия (4-9 и 5-10) – на 2.2-2.3°С (от 1.2°С до 3.9°С), в основное холодное (1-3, 10-12) полугодие – на 3.3°С (от 2.6°С до 4.4°С) и в альтернативное холодное (1-3, 11-12) полугодие – на 3.7°С (от 2.4°С до 5.0°С). Таким образом, по частоте

встречаемости повышение максимальных температур выше в теплые периоды, а по амплитуде изменений более значительны (на 1-1.5°С) сдвиги в холодные периоды.

Анализ *относительных коэффициентов изменений* (ОКИ) абсолютных максимальных температур воздуха (совокупно /годовых, полугодовых и сезонных) в регионе Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии показал, что значимые достоверные изменения произошли только в 60% случаев (от общего кол-ва анализируемых кривых), что сопоставимо по частоте изменений с показателем ОКИ осадков (61%). При этом основная доля (79% от всех установленных достоверных трендов) этих изменений (этого ОКИ) лежат в пределах 15-30% (табл. 6). Минимальных и максимальных значений ОКИ приблизительно поровну – 10 и 11%. Таким образом, можно сказать, что повышение абсолютных максимальных температур воздуха в данном регионе также характерная тенденция в годовом цикле, а произошедшие изменения, достигают от одной трети до половины возможных.

Изменение индексов засушливости Педя. Анализируя кривые (рис. 3а, б), построенные на основании полученных в процессе анализа индексов засушливости Педя ($И_{Педя\ 1}$ и $И_{Педя\ 2}$), легко заметить, что изменения влажностно-температурного режима годового цикла (1-12) очень близко с изменениям за весенний сезон (3-5).

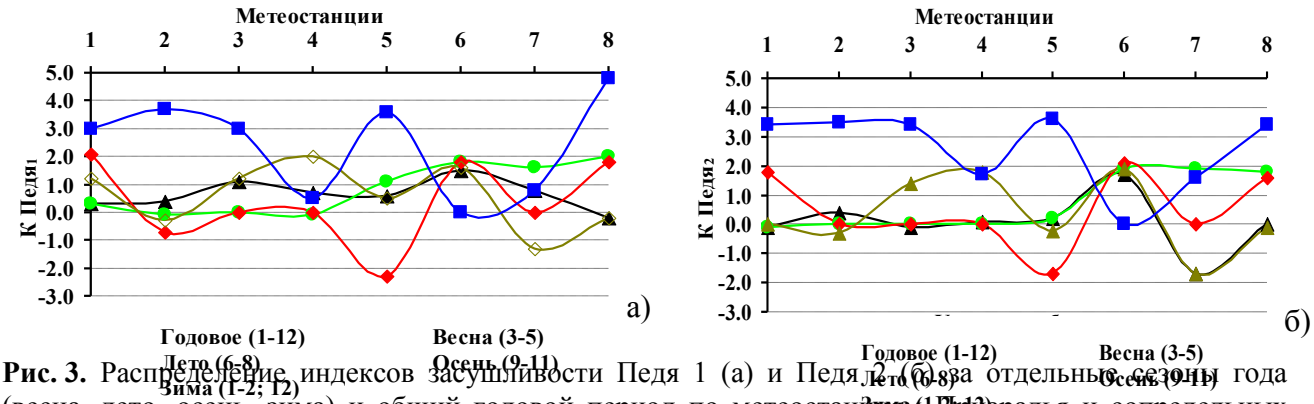


Рис. 3. Распределение индексов засушливости Педя 1 (а) и Педя 2 (б) за отдельные сезоны года (весна, лето, осень, зима) и общий годовой период по метеостанциям Приаралья и сопредельных территорий. Цифрами обозначены метеостанции: 1 – Аральск, 2 – Чимбай, 3 – Иргиз, 4 – Тургай, 5 – Туркестан, 6 – Тамды, 7 – Чарджоу, 8 – Самарканд. *Условные обозначения:* – годовой (1-12 месяцы); – летний (6-8); – зимний (1-2, 12); – весенний (3-5); – осенний (9-11).
Fig. 3. Distribution of the aridity index Pedya 1 (a) and Pedya 2 (b) for certain seasons of the year (spring, summer, autumn, winter), and the total annual period at weather stations Aral Sea region and adjacent territories. These numbers refer to the weather station: 1 – Aralsk, 2 – Chimbay, 3 – Irgiz, 4 – Turgay, 5 – Turkestan, 6 – Tamdy 7 – Chardzhou, 8 – Samarkand. *Legend*: – annual (1-12 months); – summer (6-8); – winter (1-2, 12); – spring (3-5); – autumn (9-11).

В тоже время распределения кривых индексов засушливости Педя ($И_{Педя\ 1}$ и $И_{Педя\ 2}$) для летнего и зимнего сезонов года находятся в противофазе (рис. 3а, б) друг к другу. Это характеризует разнонаправленные процессы в разные сезоны года, которые определяют будущее влажностно-температурного режима. Так, в летний и весенний сезоны года влажностно-температурный режим для половины метеостанций останется без изменений. Летом для метеостанций Иргиз, Тургай, Чарджоу и Чимбай индексы засушливости Педя чрезвычайно низкие ($И_{Педя\ 1}$=0.0, 0.0, 0.0, –0.7 и $И_{Педя\ 2}$=0.0, 0.0, 0.0, 0.0). В то время как для другой части метеостанций (Аральск, Тамды, Самарканд) в этом аридном регионе летом на фоне возрастания температур сильно увеличиться дефицит осадков и усилится формирование атмосферных засух ($И_{Педя\ 1}$=2.1, 1.8, 1.8 и $И_{Педя\ 2}$=1.8, 2.1, 1.6), поскольку индексы засушливости для них имеют значения, близкие к 2 и выше. И только для единственной станции Туркестан летом возможно будет ожидать некоторое понижение температур при повышении увлажнения ($И_{Педя\ 1}$=–2.3 и $И_{Педя\ 2}$=–1.7). Весной, так же, как и летом для половины метеостанций (Аральск, Чимбай, Иргиз, Тургай), находящихся в северной части исследуемого региона, не будут заметны изменения во влажностно-температурном режиме по сравнению с современными

($И_{Педя\ 1}$=0.3, –0.1, 0.0, –0.1 и $И_{Педя\ 2}$=–0.1, 0.0, 0.0, 0.0). Для остальных метеостанций (Туркестан, Тамды, Чарджоу, Самарканд) заметно усилится дефицит осадков на фоне повышения температуры ($И_{Педя\ 1}$=1.1, 1.8, 1.6, 2.0 и $И_{Педя\ 2}$=1.9, 1.9, 1.8). Похожая на летнюю ситуация с изменением увлажнения наблюдается также для осени. Для половины метеостанций (Чимбай, Туркестан, Самарканд) изменений в увлажнении осенью или не произойдет вовсе ($И_{Педя\ 1}$=–0.3, 0.5, –0.2 и $И_{Педя\ 2}$=–0.3, –0.2, –0.1) или возможно очень слабое повышение увлажнения. И только для одной метеостанции – Чарджоу осенью будет заметно ощущаться понижение температур на фоне повышения увлажнения (($И_{Педя\ 1}$=–1.3 и $И_{Педя\ 2}$=–1.7). Для другой половины метеостанций (Аральск, Иргиз, Тургай, Тамды) на фоне повышения температур будет сокращаться увлажнение и усилятся засухи ($И_{Педя\ 1}$=1.2, 1.2, 2.0, 1.6 и $И_{Педя\ 2}$ =1.4, 1.8, 1.9).

Таким образом, основной тенденцией в сезонном изменении влажностно-температурного режима в регионе Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии будет повышение аридизации в вегетационный период и, особенно весной, что существенно ухудшит и без того сложные условия выращивания сельскохозяйственных культур в этом аридном регионе.

В тоже время зима здесь характеризуется существенным повышением температур и увеличением осадков. Так, в среднем для всех 8-и станций по двум холодным полугодиям (основному и альтернативному) индексы засушливости Педя 1и Педя 2 чрезвычайно высоки: $И_{Педя\ 1}$ =2.8 (от 1.6 до 4.2), а $И_{Педя\ 2}$ =3.2 (от 1.8 до 3.5).

Таким образом, существующая в настоящее время тенденция повышения температуры на фоне увеличения увлажнения зимой в этом регионе в будущем будет только усиливаться. Две разнонаправленные тенденции в холодные и теплые периоды объясняют слабую изменчивость индекса засушливости Д.А. Педя в общем годовом цикле (рис. 4а, б).

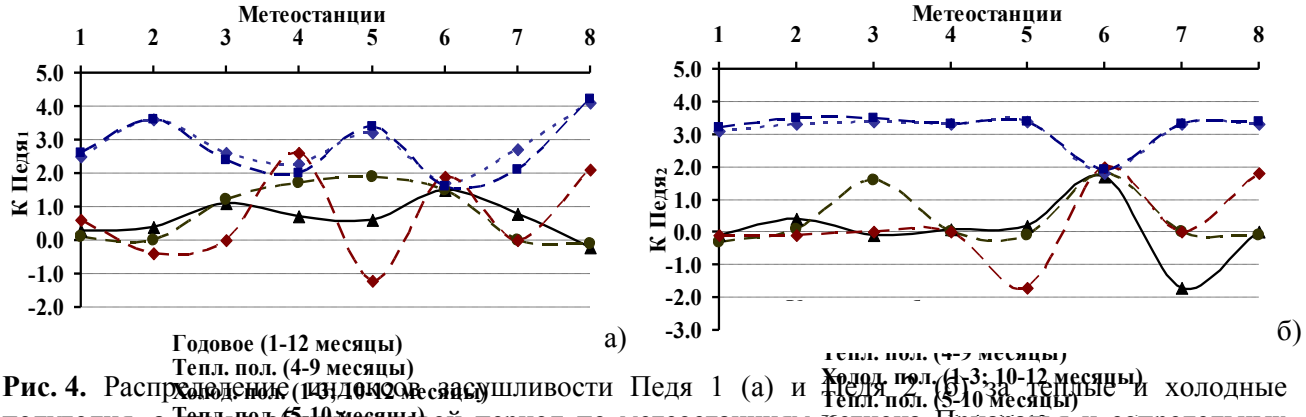


Рис. 4. Распределение индексов засушливости Педя 1 (а) и Педя 2 (б) за теплые и холодные полугодия, а также общий годовой период по метеостанциям региона Приаралья и сопредельных территорий. *Условные обозначения*: ▲ – годовой (1-12 месяцы); ● – за теплое полугодие (4-9 месяцы); ◆ – за холодное полугодие (1-3, 10-12 месяцы); ♦ – за теплое полугодие (5-10 месяцы); ■ – за холодное полугодие. (1-4, 11-12 месяцы). **Fig. 4.** Distribution of the aridity index Pedya 1 (a) and Pedya 2 (b) of the warm and cold half-year, as well as the total annual period at weather stations Aral Sea region and adjacent territories. *Legend*: ▲ – the annual (1-12 months); ● – the warmer half of the year (4-9 months);); ◆ – cold half of the year (1-3, 10-12 months); ♦ – the warmer half of the year (5-10 mechsyatsy); ■ – cold half of the year (1-4, 11-12 months).

Как видно из рисунка 3а, годовой индекс засушливости Д.А. Педя 1 ($И_{Педя\ 1}$), рассчитанный по отношению к базовому периоду (1961-1990 гг.), для большей части метеостанций (для 6-и: Аральск, Чимбай, Тургай, Туркестан, Чарджоу, Самарканд) изменяется очень слабо. Для двух других станций (Иргиз и Тамды) эти изменения в годовой период также не очень высоки ($И_{Педя\ 1}$=1.1, 1.5). Таким образом, в общем годовом цикле региона Приаралье и сопредельных территорий Средней Азии не отмечается существенных изменений во влажностно-температурном режиме. Несмотря на годовое увеличение выпадения суммарных атмосферных осадков, регион также, как и раньше будет развиваться в аридных условиях с общим дефицитом увлажнения.

Однако, если рассматривать изменения индекса засушливости Д.А. Педя по сравнению со всем периодом инструментальных наблюдений ($И_{Педя\ 2}$), то окажется, что заметные изменения проявятся только лишь для двух станций (Тамды – $И_{Педя\ 2}$=1.7 и Чарджоу – $И_{Педя\ 2}$=–1.7). Значения индекса засушливости Д.А. Педя 2 ($И_{Педя\ 2}$) для одной из станций (Тамды) характеризуют усиление засушливости при повышении температур почти до критического уровня засух, при которых индекс Д.А. Педя 2 должен быть равен или больше 2. На другой станции (Чарджоу) наоборот, ожидается понижение температур при увеличении увлажнения. На всей основной территории Приаралья совокупное изменение температурного режима и увлажнения территории в общем годовом цикле, практически, будут не заметны ($И_{Педя\ 2}$ от –0.1 до 0.4).

Как видно из таблицы 7, несмотря на незначительные изменения индексов засушливости Д.А. Педя ($И_{Педя\ 1}$ и $И_{Педя\ 2}$) для всего годового цикла, существуют значительные внутригодовые изменения в перераспределении совокупного воздействия влагообеспеченности и термического режима в результате климатических флуктуаций для регионе Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии.

Таблица 7. Значения индексов засушливости Д.А. Педя (1 и 2) по различным внутригодовым периодам для восьми метеостанций региона Приаралья и сопредельных территорий. **Table 7**. Values of Ped's drought indices (1 and 2) over the different intraannual periods for the eight meteostations in the Aral Sea region and neighboring areas.

Период времени в месяцах	Индекс засушливости Педя 1 ($И_{Педя1}$)								Индекс засушливости Педя 2($И_{Педя2}$)							
	1. Аральск	**2. Чимбай**	**3.Иргиз**	**4.Торгай**	**5.Туркестан**	**6.Тамды**	**7. Чарджоу**	**8.Самарканд**	**1. Аральск**	**2. Чимбай**	**3.Иргиз**	**4.Торгай**	**5.Туркестан**	**6.Тамды**	**7. Чарджоу**	**8.Самарканд**
Годовое (1-12)	0.3	0.4	**1.1**	0.7	0.6	**1.5**	0.8	-0.2	-0.1	0.4	-0.1	0.1	0.2	**1.7**	**-1.7**	0.0
Тепл. пол. (4-9)	0.1	0.0	**1.2**	**1.7**	**1.9**	**1.5**	0.0	-0.1	-0.3	0.1	**1.6**	0.0	-0.1	**1.8**	0.0	-0.1
Холод. пол. (1-3; 10-12)	**2.5**	**3.6**	**2.6**	**2.3**	**3.2**	**1.7**	**2.7**	**4.1**	**3.1**	**3.3**	**3.4**	**3.3**	**3.4**	**1.8**	**3.3**	**3.3**
Тепл. пол. (5-10)	0.6	-0.4	0.0	**2.6**	**-1.2**	**1.9**	0.0	**2.1**	-0.1	-0.1	0.0	0.0	**-1.7**	**2.0**	0.0	**1.8**
Холод. пол. (1-4; 11-12)	**2.6**	**3.6**	**2.4**	**2.0**	**3.4**	**1.6**	**2.1**	**4.2**	**3.2**	**3.5**	**3.5**	**3.3**	**3.4**	**1.9**	**3.3**	**3.4**
Весна (3-5)	0.3	-0.1	0.0	-0.1	**1.1**	**1.8**	**1.6**	**2.0**	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	**1.9**	**1.9**	**1.8**
Лето (6-8)	**2.1**	-0.7	0.0	0.0	**-2.3**	**1.8**	0.0	**1.8**	**1.8**	0.0	0.0	0.0	**-1.7**	**2.1**	0.0	**1.6**
Осень (9-11)	**1.2**	-0.3	**1.2**	**2.0**	0.5	**1.6**	**-1.3**	-0.2	0.0	-0.3	**1.4**	**1.8**	-0.2	**1.9**	**-1.7**	-0.1
Зима (1-2; 12)	**3.0**	**3.7**	**3.0**	0.5	**3.6**	0.0	**0.8**	**4.8**	**3.4**	**3.5**	**3.4**	**1.7**	**3.6**	0.0	**1.6**	**3.4**

Во все холодные полугодия (1-3, 10-12 и 1-4, 11-12) для всех метеостанций и в зимний сезон (1-2, 12) для 5-и метеостанций (табл. 7) характерны максимально высокие (от 1.6 до 4.8) значения индексов засушливости Д.А. Педя ($И_{Педя\ 1}$ и $И_{Педя\ 2}$). При этом сами значения индекса засушливости Д.А. Педя 2, который отражает совокупную динамику изменений влажностно-температурного режима за весь многолетний период наблюдений, несколько больше ($Иср._{Педя\ 2}$=3.2), чем для индекса Д.А. Педя 1 ($Иср._{Педя\ 1}$=2.8), который отражает таковые изменения по сравнению с базовым периодом (1961-1990 гг.). Таким образом, заметно, что тенденция климатических изменений в регионе Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии стремится к значительно более теплому и влажному холодному периоду. Уже сейчас зимой для 5-и из 8-и метеостанций (Аральск, Чимбай, Иргиз, Туркестан и Самарканд) индекс Д.А. Педя 1 ($И_{Педя\ 1}$) лежит в пределах от 3 до 4.8, что означает чрезвычайно теплую и увлажненную (включая снег) зиму. При этом в дальнейшем следует ожидать таких же изменений для всех станций (за исключением Тамды) в сторону потепления и увеличения выпадения атмосферных осадков в зимний период ($И_{Педя\ 2}$ от 1.6 до 3.6 для 7-и станций).

Таким образом, для изучаемого региона выявлена еще одна основная тенденция климатических

изменений, заключающаяся в увеличении увлажнения территории при повышении температурного режима в холодное полугодие и зимний сезон.

Проявление климатических изменений в экосистемах. Поскольку климат – один из основных факторов, формирующих экосистемы, претерпевает сегодня быстрые динамические сдвиги, то в экосистемном покрове исследуемого региона будут наблюдаться очень существенные изменения.

Таким образом, для наземных и водных экосистем региона Приаралья и сопредельных территорий в настоящее время и в будущем ожидается существенный недостаток увлажнения в вегетационный период, а также формирование засух весной, летом и осенью, при очень значительном повышении во все сезоны и полугодия средних, а также абсолютных минимальных и максимальных температур воздуха. Более существенное повышение температур воздуха в холодные полугодия будет способствовать меньшему промерзанию почв и большей их влагоудерживающей способности в холодный период. Это приведет к активизации почвенных процессов в зимний период, что ранее было менее выражено. Таким образом, процесс засоления и испарения в почвах будет происходить не только в теплое полугодие, но также и в холодный период. Это, наряду с антропогенной зарегулированностью стока и снижением частоты заливания верхних и средних уровней поймы приведет к полному высыханию, опустыниванию и засолению ранее незасолённых или слабозасолённых пойменных и дельтовых территорий, а также к ухудшению качества земель при орошении.

Выводы

Таким образом, в ходе проведенных исследований, для региона Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии были установлены некоторые основные тенденции климатических изменений, а также оценена величина этих изменений как для отдельных климатических характеристик (осадков, средней, минимальной, и максимальной температуры воздуха), так и для их совокупного воздействия.

1. Для региона Приаралья и сопредельных территорий в многолетней динамике сумм атмосферных осадков, средних, абсолютных максимальных и минимальных температур воздуха установлены некоторые общие закономерности их изменений.

- Основной тенденцией в многолетнем изменении *сумм атмосферных осадков* является их значимое повышение в годовом цикле в основном за счет холодного полугодия и зимнего сезона и, отчасти за счет теплого полугодия, что связано с их сезонным повышением зимой и осенью.
- В изменении *средних температур воздуха* основной тенденцией является повышение среднегодовых температур воздуха за счет повышения их как в холодное, так и в теплое полугодия. При этом повышение средних температур в холодное и теплое полугодия отличаются незначительно: чуть повыше оно в холодные периоды (на 10-20%). Такое положение определяется тем, что основная доля в повышении средних температур воздуха в сезонном распределении приходится на весну и осень.
- В многолетней динамике *абсолютных минимальных температур воздуха* основной тенденцией является повышение их в холодное полугодие и зимой, а также значимое безусловное повышение их осенью и весной. В среднем для региона Приаралья и сопредельных территорий заморозки в теплое полугодие снизились на 3.5°С, в то время как самые сильные морозы ослабли на 4.2°С. Таким образом, установлено ослабление как весенних заморозков, так и зимних морозов, что, наряду с повышением среднегодовых температур воздуха, может улучшить условия сельскохозяйственного производства.
- Наименьшие изменения произошли в многолетней динамике *абсолютных максимальных температур воздуха*. Отмечается безусловное повышение их осенью, летом и в теплые полугодия, а также частично в холодные полугодия. По частоте встречаемости повышение максимальных температур выше в теплые периоды, а по амплитуде изменений более значительны (на 1-1.5°С) сдвиги в холодные периоды.

2. На основе анализа индексов засушливости Д.А. Педя для региона Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии были установлены определенные тенденции совокупного изменения влажностно-температурного режима. В целом они слабо проявляются для общего годового цикла, но значительны во внутригодовом распределении. Основная тенденция совокупных климатических изменений в регионе Приаралья и сопредельных территорий в настоящем и будущем – это

значительно более теплые и влажные зима и холодное полугодие. Второй особенностью совокупных климатических изменений для данного регионе является очень сильное увеличение аридизации в основной период вегетации – весеннее-летне-осенний и, особенно весной, что существенно ухудшит и без того сложные условия выращивания сельскохозяйственных культур в этом аридном регионе.

3. Анализ *относительных коэффициентов изменений* (ОКИ) многолетних метеорологических характеристик в регионе Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии показал, что для большей части установленных достоверных трендов (в 66% случаев для осадков, в 88% случаев для абсолютной минимальной и в 79% случаев для абсолютной максимальной температуры воздуха) изменения уже лежат в пределах от 15% до 30%. При этом в 45% случаев для средней температуры воздуха значения относительного коэффициента изменений, лежат в интервале от 30 до 50%, а 12% составляют значения ОКИ более 50% (51-66%). Таким образом, по величине значений изменения для всех анализируемых климатических характеристик очень существенны, особенно они велики для средних температур воздуха.

4. Выявленные тренды климатических изменений наряду с антропогенными воздействиями негативно отразятся на естественной и культурной растительности региона Приаралья и сопредельных территорий Средней Азии. Поддержание сельскохозяйственного производства в регионе потребует увеличения мелиоративного обводнения, поскольку будут формироваться больше засух в весенний, летний и осенний сезоны года. Изменения климата без дополнительных усилий по обводнению сельскохозяйственных, пойменных и дельтовых территорий приведет к нарушению естественной модели динамики растительности. Будут формироваться более пустынные ксерофитные, экстроксерофитные и экстрогалофитные фитоценозы, в то время как мезофитные, ксеромезофитные, пойменные и дельтовые на прежде слабо и среднезасоленных почвах подвергнутся полной необратимой редукции и опустыниванию.

5. Климатические изменения в регионе Приаралья и сопредельных территориях Средней Азии имеют как общие, так и отличительные черты с таковыми для Центральной и Южной частей Европейской части России. Так, например, повышение увлажнения и температур воздуха как в годовом цикле, так и по отдельным сезонам года отмечается для всех территорий. Для всех регионов отмечается безусловное потепление в холодное полугодие и зимний период, которое сопровождается увеличением выпадения атмосферных осадков. Для всех регионов повышение максимальных температур воздуха наименьшее по частоте встречаемости. А повышение средних и минимальных температур воздуха достигло средних значений, составляющих от 30 до 50% от возможных. В тоже время, при оценке совокупного влияния изменений осадков и температуры воздуха выявляются существенные отличия. Если для Центральной части Европейской России – это преимущественно гумидный вариант потепления, то для Южной части России и Приаралья – это аридный вариант потепления (Кузьмина и др., 2013, Кузьмина, Трешкин, 2009, 2014).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2014. 93 с.

Кузьмина Ж.В. 2007. Анализ многолетних метеорологических трендов на Юге России и Украины (от лесостепи до пустынь) // Аридные экосистемы. Т. 13. № 32. С. 53-67.

Кузьмина Ж.В., Каримова Т.Ю., Трешкин С.Е., Феодоритов В.М. 2011. Влияние климатических изменений и зарегулирования речного стока на динамику растительности долин рек // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 2 (116). С. 34-40.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2009. Изменения основных метеорологических характеристик на юге Европейской части России // Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве / Ред. А.Л. Иванов, В.И. Кирюшин. М.: Россельхозакадемия. С. 402-416.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. Тугаи и возможности их восстановления в современный период // Аридные экосистемы. 2012. № 3 (52). С. 44-59.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2014. Климатические изменения в бассейне Нижней Волги и их влияние на состояние экосистем // Аридные экосистемы. Т. 20. № 3 (60). С. 14-32.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Каримова Т.Ю. 2013. Воздействие основных тенденций совокупного влияния климатических и гидрологических изменений на сукцессионную динамику растительности в мелиоративно трансформируемых экосистемах зоны южной тайги // Материалы Международной практической

конференции «Современные проблемы использования мелиорированных земель и повышения их плодородия», г. Тверь, 27-28 июня 2013 г. Тверь. С. 246-252.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008. Техническое резюме. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). 89 с.

Педь Д.А. 1975. О показателях засухи и избыточного увлажнения // Труды Гидрометцентра СССР. Вып. 156. С. 19-39.

Переведенцев Ю.П., Исмагилов Н.В., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Гоголь Ф.В. 2008. Современные изменения климатат республики Татарстан // Вестник ВГУ. Серия: География, Геоэкология. № 2. С. 13-23.

Kuzmina Zh.V., Treshkin S.Ye. Phytomelioration of Solonchaks in the Uzbekistan Pre-Aral Region Under Recent Climate Change//Aralkum a Man-Made Desert. The Desiccated Floor of the Aral Sea (Central Asia)/Eds. S-W. Breckle et al. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2012. Pp. 407-429.

Climate Change. 2013. The Physical Science Basis // Working Group i Contribution to the fifth Assessment report of the intergovernmental panel on climate change / Edited by Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, Alexander Nauels, Yu Xia, Vincent Bex, Pauline M. Midgley. Cambridge University Press, 32 Avenue of the Americas, New York, NY 10013-2473, USA. 1535 p. /http://www.climatechange2013.org.

CLIMATE CHANGE IN THE ARAL SEA REGION AND CENTRAL ASIA

© 2016. Zh.V. Kuzmina*, S.E. Treshkin**

**Institute of Water Problems Russian Academy of Sciences*
Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3. E-mail: jannaKV@yandex.ru
***Federal Agency for Scientific Organizations*
Russia, 119334 Moscow, Leninskiy prospekt, 32a. E-mail: biost@yandex.ru

The long-term annual, semiannual, and seasonal dynamics of the main meteorological ecosystem characteristics (total atmospheric precipitation and average, maximum, and minimum air temperature) are analyzed for the Aral Sea region and central Asia by their trends for a long-term period of 70–125 years until 2014 with the use of the diurnal records from eight meteorological stations of the WMO (the Aral Sea, Chimbai, Tamdy, Torgai, Irgiz, Samarkand, Turkestan, Chardzhou). Based on an analysis of the combined humidity-temperature regime for the long-term period, the main trends of climate changes are established, the share of variations in each meteorological characteristic is estimated by the proposed relative coefficient of variations in meteorological characteristics (RCV), and the impact of the climate changes on the ecosystems is studied.

Keywords: air temperature, total atmospheric precipitation, relative coefficient of variations in main meteorological characteristics (RCV), Ped's drought index 1, Ped's modified drought index 2, climate changes.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2016, том 22, № 4 (69), с. 21-29

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 631.4

ЗАСОЛЕНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ СРЕДНЕАЗИАТСКОГО РЕГИОНА: СТАРЫЕ И НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

© 2016 г. Е.И. Панкова
**Почвенный институт им. В.В. Докучаева*
Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7. E-mail: pankova@agro.net.ru

Поступила 20.05.2016

В статье приведены сведения о генезисе и распространении засоленных почв в регионе Туранской равнины Средней Азии. Показано, что до начала активного развития орошения в XX веке процесс современного соленакопления проявлялся преимущественно в природно-гидроморфных почвах. При этом на пойменных землях он регулировался природными паводками; в автоморфных условиях активно не проявлялся. В результате орошения произошел переход природных автоморфных почв в категорию орошаемых гидроморфных. Это привело к активизации процессов соленакопления даже на фоне дренажа глубиной 2.5-3м. В XXI веке в регионе возникли новые проблемы: не хватает пресной воды; активизировался эоловый солеперенос; ухудшились климатические, экологические и социальные условия.
Ключевые слова: аридные экосистемы, засоление, Туранская равнина.

К территории Средней Азии российские почвоведы традиционно относят земли пяти государств: Узбекистана, Туркменистана, Таджикистана, Киргизии и части Казахстана, расположенных в бассейне Аральского моря, в отличие от Центральной Азии, куда входят территории Монголии, Китая и других стран (Герасимов, 1954). Предметом обсуждения данной статьи является проблема развития вторичного засоления на землях именно государств Средней Азии, орошаемые земли которых приурочены, главным образом, к Туранской равнине среднеазиатского региона.

Орошение в этом регионе насчитывает тысячелетия (Толстов, 1948; Орлов, 1958; Андрианов, 1962 и др.), о чем свидетельствует наличие древнеорошаемых оазисов, расположенных в долинах рек или в зонах выклинивания пресных грунтовых вод на подгорных равнинах Средней Азии (рис. 1). Однако широкомасштабное развитие орошения на территории Туранской равнины началось лишь в XX веке, после присоединения среднеазиатских государств к России. Это было связано с необходимостью создания в СССР собственной базы производства хлопка-сырца. В итоге активного развития орошения в регионе сложилась парадоксальная ситуация, связанная с тем, что развитие орошения всегда считалось основой жизни и благополучия населения аридных территорий, а в Средней Азии в XX веке именно орошение стало причиной активизации процесса вторичного засоления. Это привело к ухудшению экологической и экономической обстановки в регионе.

Целью данной статьи является определение причин широкого развития вторичного засоления на орошаемых землях Средней Азии. В заключительной части статьи мы попытались определить старые и новые проблемы, возникшие в регионе в конце XX – начале XXI веков, которые требуют новых подходов и решений для сокращения площадей вторично-засоленных почв и улучшения экологической обстановки в регионе.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются засоленные почвы Среднеазиатского региона, в том числе, орошаемые вторично-засоленные почвы. Рассмотрена система мероприятий, направленных на борьбу с развитием вторичного засоления. Проанализированы причинно-следственные связи развития засоления на орошаемых землях (Аверьянов, 1978; Айдаров, 1985, 2006). В основу статьи положены опубликованные, в том числе авторские материалы, собранные во время работ в Среднеазиатском регионе (Панкова и др. 1996; Айдаров, Панкова, 2007), а также публикации последних лет, содержащие сведения о состоянии орошаемых земель в регионе в XXI веке (Кузиев, Сектименко, 2009, Атлас …, 2010; 2 International …, 2014).

Публикации последних лет, в том числе материалы совещания, проведенного в Самарканде (2014) свидетельствуют о том, что вопрос, связанный с развитием вторичного засоления на орошаемых землях среднеазиатского региона в XXI веке по-прежнему остается актуальным.

Поэтому мы сочли возможным и даже необходимым вернуться к этой проблеме, кратко изложить свои взгляды и выделить новые проблемы, возникшие в последние десятилетия, связанные с развитием вторичного засоления на орошаемых землях Средней Азии.

Рис. 1. Распространение орошаемых земель в пределах Среднеазиатского региона (Ирригация Узбекистана, 1979). *Условные обозначения:* 1 – староорошаемые земли, 2 – орошаемые и новоорошаемые, 3 – пригодные для орошения. **Fig. 1.** Irrigated lands distribution in the middle–Asian region (Irrigation …, 1979). *Legend*: 1 – old-irrigated lands, 2 – irrigated and newly irrigated lands, 3 – lands suitable for irrigation

Результаты и их обсуждение

Природное засоление почв Среднеазиатского региона к настоящему времени можно считать хорошо изученным (Ковда и др., 1954). В 1976 году была опубликована карта типов химизма засоления почв СССР, в которую составной частью вошла карта засоления почв Среднеазиатских республик. Авторами этой карты являлись ведущие почвоведы среднеазиатского региона. Данные отраженные на карте, а также в монографических обобщениях специалистов, работающих в Средней Азии (Розанов, 1951; Генусов, 1983; Камилов, 1985; Кимберг, 1974; Лобова, 1960; Минашина, 1995; Панков, 1962; Панкова и др., 1996; Кузиев, Сектименко, 2009 и др.) свидетельствуют о том, что Туранская равнина до орошения характеризовалась преобладанием автоморфных почв (табл. 1). При этом засоленность в той или в иной степени проявлялась до орошения практически во всех автоморфных почвах Туранской равнины. Так, пустынные песчаные почвы, занимающие до 43% площади равнины, несмотря на легкий гранулометрический состав, часто содержат некоторое количество легкорастворимых солей и гипса в первом или во втором метрах почвенного профиля, либо в подстилающих породах (Кимберг, 1974; Муратова, 1976).

Серо-бурые пустынные почвы, занимающие около 23% площади Туранской равнины по данным Н.В. Кимберга (1974), содержат соли уже в первом метре и даже в первом полуметре почвенного профиля. Такыры и такыровидные почвы всегда засолены практически с поверхности. Сероземы подгорных равнин Средней Азии по данным А.Н. Розанова (1951) и многочисленным публикациям других авторов, содержат соли в первом метре почвенного профиля (светлые сероземы), а в темных сероземах соли и гипс содержатся на глубине 2-5 м. Таким образом, большая часть природных автоморфных почв, приуроченных к Туранской равнине до развития орошения относилась к засоленным или потенциально засоленным почвам, содержащим соли в профиле почв или в почвообразующих породах. При этом, по данным Н.В. Кимберга (1974) и А.Н. Розанова (1951) автоморфные почвы до орошения не испытывали активного современного соленакопления, их солевой профиль скорее указывал на процесс медленного рассоления поверхностных горизонтов. Все это свидетельствует о том, что процесс активного современного засоления, в том числе и в результате эолового поступления солей, до середины XX века на большей части Туранской равнины в автоморфных почвах практически не проявлялся. Иная картина наблюдалась в гидроморфных почвах, которые на территории Туранской равнины до орошения занимали относительно небольшую площадь (табл. 1). В гидроморфных почвах (в отличие от автоморфных) основным природным процессом до орошения являлся процесс современного соленакопления. Особенно активно он проявлялся в замкнутых котловинах – зонах аккумуляции природного подземного и поверхностного стоков. Минерализация грунтовых вод в этих котлованах достигла 200 г/л (Егоров, 1957).

Исключение составили гидроморфные почвы речных долин и верхних частей конусов выноса, где содержание солей в целинных почвах регулировалось за счет притока пресных подземных вод и фильтрацией пресных речных вод, связанных с пойменным режимом, приводящим к природным промывкам, периодически затопляемых пойменных земель (Егоров, 1959). Именно эти земли в среднем и нижнем течении Амударьи и Сырдарьи являлись основными объектами древнего орошения и, судя по данным археологических и почвенных исследований, не испытывали процесса активного засоления; хотя и относились к гидроморфным почвам (Андрианов, 1962, Толстов, 1948).

Таблица 1. Процент участия разных типов почв в почвенном покрове Туранской равнины (Минашина, 1995). **Table. 1.** Percentage of various soil types in the soil cover of the Turan Valley (Minashina, 1995).

Почвы	Площадь, % от площади равнин	Ландшафтный показатель
Пустынно-песчаные	43.1	Гряды и барханы песков. Пески закрепленные, полузакрепленные и незакрепленные. Псаммофитовая растительность, травянистая, полукустарничковая, древесно-кустарниковая
Серо-бурые	22.6	Плато, останцы, шлейфы останцовых поверхностей, глинистые, глинисто-щебнистые и гипсовые пустыни под солянково-кустарниковой и полынной растительностью
Сероземные	13.1	Подгорные равнины, адыры на лессовых и гравийно-галечниковых отложениях с покровом лессовидных суглинков разной мощности. Эфемеровая травянистая растительность
Такыровые (такыровидные и такыры)	8.9	Опустыненные аллювиальные, пролювиально-аллювиальные суглинистые и глинистые равнины с редкой полукустарничковой растительностью и без нее (днища депрессий)
Солончаки	4.6	Понижения различного генезиса с близкими минерализованными грунтовыми водами, с солянковой растительностью
Гидроморфные (луговые, болотные, тугайные пойменные)	2.4	Поймы, дельты, периферии конусов выноса, сбросы оазисных коллекторно-дренажных вод. Растительность травянистая, солянковая, тростниковая, тугайная
Оазисные орошаемые	5.3	Оазисы с оросительной сетью и сельскохозяйственной растительностью

Подводя итог характеристике засоленности природных почв Туранской равнины до начала активного развития орошения в XX веке, можно констатировать, что автоморфные почвы до орошения не испытывали процесс активного современного соленакопления, хотя и содержали в своем профиле легкорастворимые соли, т.е. автоморфные почвы до орошения относились в большинстве своем, к глубоко или потенциально-засоленным. Гидроморфные почвы в природных условиях испытывали процесс соленакопления, если их солевой режим не регулировался природными промывками-паводками. Известно, что на территории Средней Азии орошение возникло в V-IV вв. до н. э. Массивы древнего орошения были сосредоточены, главным образом, в долинах и дельтах Амударьи и Сырдарьи, где в настоящее время сохранились плодородные древнеорошаемые почвы с мощным агроирригационным наносом (Андрианов, 1962; Толстов, 1948; Орлов, 1958). Эти почвы не испытывали активного засоления, водный и солевой режимы их регулировались паводковыми водами и фильтрацией пресных речных вод. Однако древнеорошаемые земли имеют на территории Средней Азии ограниченное распространение (рис. 1).

Наиболее активное развитие орошения на территории Туранской равнины началось в XX веке.

Оно резко изменило природную ситуацию в регионе. Наиболее пригодными для орошения считались автоморфные сероземные почвы, не содержащие соли в первом и даже во втором метрах почвенного профиля. Считалось, что эти почвы можно осваивать сразу, и они не нуждаются в каких-либо предварительных мелиоративных мероприятиях. Предполагалось, что процесс орошения этих почв приведет их к дальнейшему опреснению, а также к опреснению подстилающих пород и грунтовых вод. Такой подход к освоению сероземов не был подтвержден прогнозом, основанным на изучении процессов формирования водного и солевого режимов ни в природных условиях, ни при орошении, что привело в последствии к неожиданным результатам – к широкому развитию вторичного засоления на орошаемых землях Среднеазиатского региона (Айдаров, 2006).

Первым крупным объектом орошения начала XX века после присоединения Туркестана к России, стала Голодная степь. Орошались автоморфные почвы, которые характеризовались до орошения отсутствием солей в верхнем 1-2 метровом слое. Строительство оросительной сети с КПД < 0.7 и применением высоких оросительных норм (брутто 15-20 тыс. м^3/га) и уже через 10-12 лет после начала орошения этих земель привело к подъему уровня грунтовых вод и формированию гидроморфного режима на бывших до орошения автоморфных почвах, а так же к развитию на них вторичного засоления (Айдаров, 2006). Вопреки ожиданиям, орошение не способствовало опреснению грунтов и грунтовых вод. Минерализация грунтовых вод возросла с 5-6 до 10-15 г/л. Проявление вторичного засоления на орошаемых землях в Голодной степи привело некоторых специалистов к выводу о неизбежности развития при орошении вторичного засоления и необходимости разработки методов борьбы с вторичным засолением, а не с предупреждением этого процесса. Наряду с этим мнением существовало и иное мнение. Так, профессор Г.К. Ризенкампф (1925) на основе анализа ситуации в Голодной степи, утверждал, что в условиях аналогичных рассматриваемому объекту, то есть в условиях недостаточной естественной дренированности недопустимо создание на орошаемых землях гидроморфного режима. Он считал, что для этих условий единственно верным решением было создание технически совершенной оросительной системы с высоким КПД и широким применением дождевания, с целью снижения дополнительной нагрузки на грунтовые воды и обеспечения условий: П<0 (где П – дополнительная нагрузка на грунтовые воды, мм; 0 – естественный подземный отток, мм). В этом случае, по мнению Г.К. Ризенкампфа, обеспечивается сохранение автоморфного режима и опреснение почв и подстилающих грунтов. Выполненные позже теоретические и экспериментальные исследования влаго- и солепереноса подтвердили эти выводы (Аверьянов, 1978; Айдаров, 1985). Однако в период начала освоения земель Туранской равнины в XX веке, рекомендации Г.К. Ризенкампфа не были учтены.

Широкое развитие орошения в Средней Азии в начале XX веке привело на большинстве оросительных систем к подъему грунтовых вод и развитию вторичного засоления почв. При этом на вторично-гидроморфных и вторично-засоленных почвах борьба с засолением в начале XX века проводилась путем простейших противофильтрационных мероприятий с применением посевов люцерны и других культур, с помощью которых в течение ряда лет безуспешно пытались бороться с вторичным засолением. Однако положительного эффекта добиться не удалось (Айдаров, 2006). К середине XX века стало очевидным необходимость применения иных методов борьбы с вторичным засолением. В 1964 году, было принято Постановление Всесоюзной научно-технической конференции по вопросам борьбы с засолением и улучшением мелиоративного состояния орошаемых земель Средней Азии, на основе строительства дренажа и промывного режима орошения, признанных в качестве основного мероприятия по борьбе с засолением на орошаемых землях (Постановление …, 1964). Было предусмотрено создание на орошаемых землях промывного режима орошения, интенсивностью 20-30% от оросительной нормы нетто. Это позволяло создать нисходящие потоки влаги в зоне аэрации, что и должно было обеспечить опреснение почв, а дренаж должен был обеспечить отвод промывной части оросительной нормы и поддержание уровня грунтовых вод на глубине 2.5-3 м. (Борьба с засолением орошаемых земель, 1967). Однако такой подход обладал серьезным побочным эффектом: забор воды из рек на орошение с учетом фильтрационных потерь из каналов (при КПД<0.7) увеличился в 1.7-1.9 раза (Айдаров, 1985). Сброс дренажных вод в реки к концу XX века повысил минерализацию речной воды, что также усложняло обстановку. Повторное использование дренажных вод на орошения создавало иллюзию эффективного использования водных ресурсов. Высокие оросительные нормы и большой забор воды на орошение резко снизили приток речных вод к Аральскому морю. Это создало угрозу его

исчезновения. Однако, экологическое значение этого процесса в 60-е годы XX века, явно было недооценено. Так, в книге Средняя Азия (1968) было указано, что Аральское море и прилегающие дельты рек испаряют, примерно 60 км^3/год воды, которые пополняются главным образом двумя реками и в малой степени осадками и подземными водами. Считалось, что испарение с поверхности моря – бесполезная потеря воды, а искусственное понижение Аральского моря или его исчезновение как озера, приведет к осушению огромных болотных массивов в дельте Амударьи и Сырдарьи, к понижению уровня грунтовых вод, а, следовательно, к улучшению мелиоративной обстановки. Считалось, что эти осушенные земельные массивы будут частично вовлечены в земельное использование (Средняя Азия, 1968, стр. 10). С современных позиций это точка зрения была явно ошибочной. Приведенная выше цитата свидетельствует о том, что уже в шестидесятых годах XX века было очевидно, что принятая стратегия развития орошения в Средней Азии неминуемо приведет к снижению уровня воды в Аральском море, но экологическая значимость этого процесса тогда не рассматривалась.

Второй ошибочный факт (с современных позиций) связан с тем, что согласно постановлению 1964 г., повсеместно на орошаемых землях Средней Азии планировалось создание и поддержание гидроморфного режима почв и его регулирование с помощью неглубокого (2.5-3 м) горизонтального дренажа и промывного режима орошения.

В результате принятого постановления в 1964 году, ко второй половине 20 века площади орошаемых земель в регионе сильно возросли (рис. 2). При этом на орошаемых землях были созданы и поддерживались гидроморфный и полугидроморфный режимы, которые способствовали активизации вторичного засоления на орошаемых землях Среднеазиатского региона. На рисунке 3 отражены засоленность и мелиоративное состояние орошаемых земель на конец XX века (Панкова, Головина, 1986).

Таким образом, предусмотренный промывной режим орошения на фоне дренажа 2.5-3 м не привел к ожидаемому положительному эффекту: площадь засоленных почв на орошаемых землях увеличилась и к 90-м годам XX века достигла 50% от площади орошаемых земель (табл. 2).

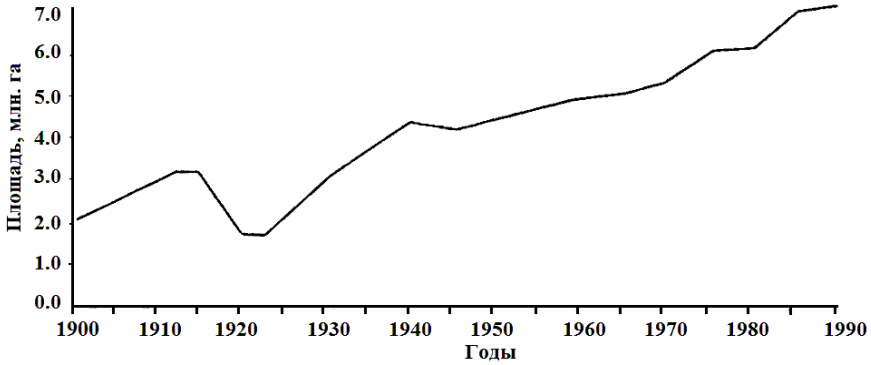


Рис. 2. Динамика развития орошения в Среднеазиатском регионе (по данным Союзгипроводхоза, 1988).
Fig. 2. Irrigation development dynamics in the middle–Asian region (according Soyuzgiprovodkhoz, 1988).

Табл. 2. Площадь распространения орошаемых, в том числе незасоленных земель на территории Среднеазиатских республик (по данным Союзводпроекта, 1988). **Table 2.** Area Distribution of irrigated, including non-saline lands in the territory of the Central Asian republics (according Soyuzvodproekt, 1988).

Государство	Площадь орошаемых земель	Площадь незасоленных почв
Узбекистан	4164.2	2115.4
Киргизия	1034.2	903.5
Таджикистан	689.7	566.2
Туркмения	1317.0	161.8
Итого по региону	7205.1	3746.7

Площадь засоленных почв на большей части орошаемых земель составляла 20-50% от площади орошения (рис. 3). Солевой баланс орошаемых земель, рассчитанный по разности между поступлением солей и их выносом с дренажнымим стоком вроде бы свидетельствовал о высоком рассоляющем эффекте дренажа. Вместе с тем, площадь засоленных орошаемых земель не сокращалась. Детальный анализ солевого баланса отдельных массивов орошения на территории

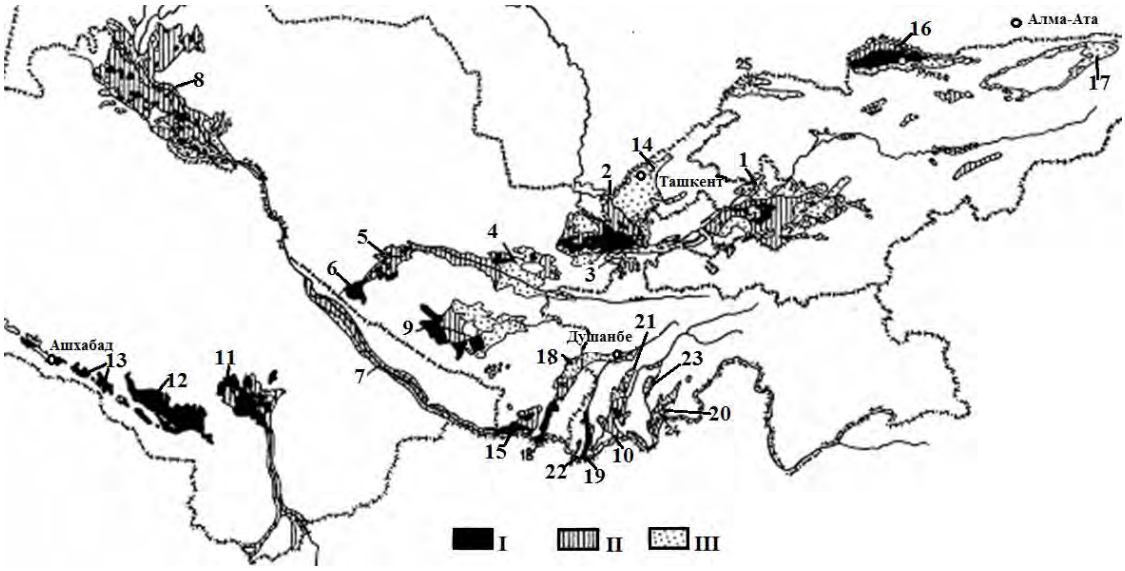


Рис. 3. География и мелиоративное состояние орошаемых земель Среднеазиатского региона (Панкова и др., 1986). *Условные обозначения.* Мелиоративное состояние: I – плохое, почвы с высокой степенью засоления занимают более 50% площади; контуры по фотоизображению неоднородные, крупнопятнистые с преобладанием светлых пятен-выпадов; II – слабоудовлетворительное, почвы с высокой степенью засоления составляют 20-50% площади, контуры по фотоизображению неоднородные-пятнистые; III – условно удовлетворительное, засоленные почвы не превышают 20% площади, фотоизображение преимущественно однородное. Орошаемые массивы: 1 – Ферганская долина, 2 – Голодная степь (старая зона орошения), 3 – Голодная степь (новая зона орошения) и Джизакская степь, 4 – Самаркандский оазис, 5 – Бухарский оазис, 6 – Каракульский оазис, 7 – среднее течение Амударьи, 8 – дельта Амударьи (Хорезмский и Ташаузский оазисы), 9 – Каршинская сеть и Шахрисабзский оазисы, 10 - Вахшская долина, 11 – дельта и долина р. Мургаб, 12 – дельта р. Теджен, в том числе Хаузханский массив, 13 – Прикопетдагская равнина, 14 – Ташкентский оазис, 15 – Сурхандарьинский оазис, 16 – Чуйская долина, 17 – Иссыккульская котловина, 18 – Гиссарская долина, 19 – Нижнекафирниганская долина, 20 – долина рек Кызылсу и Яхсу, 21 – Яванская и Обикиикская долина, 22 – Бешкентская долина, 23 – Дангаринский массив, 24 – Пянджский массив, 25 – Таласский массив. **Fig. 3.** Geography and melioratinoe condition of irrigated lands of the Central Asian region (Pankov et al., 1986). *Legend*. Meliorative condition: I – poor soil with high salinity occupy more than 50% of the area, contours by photographs heterogeneous, krupnopyatnistye with a predominance of bright spots-attacks; II – slaboudovletvoritelnoe, soil with a high degree of salinity is 20-50% of the area, contours by photographs heterogeneous-spotted; III – conditionally satisfactory, saline soils do not exceed 20% of the area, facsimile mostly homogeneous. Irrigated areas: 1 – Ferghana Valley, 2 – Hungry Steppe (old irrigation zone), 3 – Hungry Steppe (new irrigation zone) and Jizzakh steppe, 4 – Samarkand oasis, 5 – Bukhara oasis, 6 – Karakul oasis, 7 – middle reaches of the Amu Darya, 8 – the Amu Darya delta (Khorezm and Tashauz oases), 9 – Karshi network and Shakhrisabz oasis, 10 – Vakhsh valley, 11 – Murgab river delta and valley, 12 – Tejen River delta, including an array of Hauzhan, 13 – Pre-Copetdag plain, 14 – Tashkent oasis, 15 – Surkhandarya oasis, 16 – Chuy valley, 17 – Issyk-Kul basin, 18 – Hissar valley, 19 – Nizhnekafirniganskaya valley, 20 – valley Kyzylsu and Yakhsu, 21 – Javanese and Obikiik valley, 22 – Beshkent valley, 23 – Dangara array, 24 – Panj array, 25 – Talas array.

Узбекистана на конец XX века показал, что на некоторых массивах орошения происходит не вынос, а накопление солей (Панкова и др., 1996). И в целом площадь засоленных орошаемых почв на территории Туранской равнине в настоящее время остается высокой и даже возрастает.

Это подтверждается и данными о засолении орошаемых земель Узбекистана, полученным в первой половине 21 века (Кузиев, Сектименко, 2009), согласно которым площадь засоленных почв в Узбекистане, включая слабозасоленные, в начале XXI века составляла 63%. Причины устойчивого проявления вторичного засоления на орошаемых землях Среднеазиатского региона были подробно проанализированы нами в монографии (Панкова и др., 1996) и в ряде других публикаций

(Айдаров, Панкова, 2007; Pankova, Aidarov, 2010). Широкое обсуждение этой проблемы на совещании в Самарканде (2014) заставило нас вновь вернуться к рассмотрению этой проблемы. Несомненно, что причиной соленакопления на орошаемых землях является гидроморфный режим, который искусственно поддерживается на орошаемых землях Среднеазиатского региона. Высокое содержание солей в почвообразующих и подстилающих породах региона, обусловленное как современным геохимическим стоком с окружающих гор, так и высокими реликтовыми запасами солей в подстилающих породах, в том числе, связанных с морскими трансгрессиями, позволяют констатировать, что дренажный сток выносит не только соли из почв орошаемых полей, но и соли, содержащиеся в породах и грунтовых водах, что значительно увеличивает общее количество солей, выносимых с дренажным стоком. Этот вывод хорошо согласуется с расчетами, выполненными И.П. Айдаровым для отдельных массивов орошения (Голодная степь, Хорезмская область, Ферганская долина; Панкова, Айдаров, 1996) которые показали, что несмотря на большой вынос солей с дренажным стоком на массивах орошения сохраняется положительный солевой баланс за счет поступления солей из грунтовых вод и подстилающих пород. Этот вывод совпадает с точкой зрения Н.Ф. Глазовского (1987), который оценивая баланс солей аридных территорий Средней Азии и писал, что в результате орошения в оборот включаются глубинные запасы солей. Таким образом, причиной широкого развития вторичного засоления на орошаемых землях Средней Азии является гидроморфный режим орошения, на фоне высокого засоления почвообразующих пород, а также аридного климата, способствующего испарительной концентрации солей в гидроморфных условиях.

В настоящее время в мире широко обсуждается вопрос о влиянии климатических изменений (повышение аридности климата на процесс соленакопления. На основе сопоставления климатических условий и проявления засоленности почв в аридных регионах Средней Азии и более аридных пустынях Монголии мы пришли к выводу, что аридность климата усиливает соленакопление только в гидроморфных условиях, т.е. при близких грунтовых водах (Панкова, Конюшкова, 2013). При глубоких грунтовых водах повышение аридности климата лишь способствует сохранению реликтовых солевых запасов.

Табл. 3. Климатические показатели суббореальных и субтропических пустынь бассейна Аральского моря и активность процесса соленакопления в гидроморфных почвах Средней Азии (Панкова и др., 1996). **Table 3.** Climatic indicators Subboreal and subtropical deserts of the Aral Sea basin and the activity of salt accumulation process in hydromorphic soils of Central Asia (Панкова и др., 1996).

Температура воздуха, °C			Сумма температур выше 10°C	Осадки за год, мм	Осадки за июнь-август, мм	Радиационный баланс, кДж/см² год	Испаряемость за год, мм/год	Индекс сухости	Коэффициент континентальности	Критическая глубина грунтовых вод, см	Испарение грунтовых вод с глубины 1 м, мм	Интенсивность соленакопления при глубине грунтовых вод 1м и минерализации 5 г/л, т/га/год
год	январь	июль										
Суббореальные пустыни												
+8.6	-11.6	+27.0	3710	122	23.0	204	925	6.6	260	254	350	17.0
Субтропические пустыни (Северо-Туранские)												
+12.0	-4.5	+27.4	4380	79	5.0	232	1080	11.7	234	282	456	24.0
Субтропические пустыни (Южно-Туранские)												
+15.1	-0.6	+29.6	5150	125	2.0	264	1257	8.4	229	306	564	30.0

Примечание. Расчеты по интенсивности соленакопления выполнены И.П. Айдаровым.
Note. Calculations based on the intensity of salt accumulation performed I.P. Aidarov.

Активизация процессов соленакопления при повышении аридности климата отчетлива видна из материалов, приведенных в таблице 3, которая показывает, что при равной глубине грунтовых вод (1 м) и равной в них минерализации усиление аридности климата в субтропических пустынях

южного Турана приводит к более активному соленакоплению, по сравнению с суббореальными пустынями. Повышение аридности климата при сохранении гидроморфного режима на орошаемых почвах несомненно будет способствовать дальнейшей активизации засоления орошаемых земель.

Заключение

Анализ причин устойчивого проявления вторичного засоления на орошаемых землях среднеазиатского региона в условиях дренажа и промывного режима орошения позволили нам придти к следующим выводам.

Приведенные в статье факты свидетельствуют о том, что принятый в XX веке метод мелиорации орошаемых земель в Средней Азии с созданием гидроморфного режима, нельзя считать достаточно эффективным, способным привести к сокращению площадей засоленных орошаемых почв.

Применяемая методика расчета солевого баланса орошаемых земель не учитывает особенности работы горизонтального дренажа, который отводит соли не только из почв, но и способствует перераспределению и выносу глубинных запасов солей из солесодержащих пород и подземных вод. Таким образом, на орошаемых землях в оборот поступают соли, содержащиеся в глубоких горизонтах почвообразующих и подстилающих пород. Объем солей, отводимых из глубоких горизонтов, в зависимости от гидрогеологических условий, глубины и расстояния между дренами может составлять от 20 до 60% от общего объема солей, поступающих в дренажный сток (Айдаров, 1985, 2006).

Высохшее Аральское море утратило роль регулятора климата и геохимического стока и превратилось в источник засоления почв, в связи с эоловым переносом солей на окружающие земли. Это привело к ухудшению экологической обстановки в регионе и создало новые экологические и экономические проблемы в Средней Азии.

Негативным экологическим процессам способствовала и сложная социально-политическая обстановка в регионе, возникшая после распада СССР. До 1991 года республики Средней Азии входили в состав единого государства. После распада СССР ситуация изменилась. Это коснулось, прежде всего, водных ресурсов. Узбекистан и Туркмения особенно остро испытывают недостаток поливной воды.

Заканчивая данную статью следует подчеркнуть, что развитие вторичного засоления в регионе мы относим к старым проблемам, возникшим в результате широкого развития орошения в XX веке, определившим перевод автоморфных почв в гидроморфные. К новым проблемам мы относим экологические, социальные, экономические проблемы, возникшие в конце XX и в начале XXI веков в связи с усыханием Аральского моря и распадом СССР.

Решение старых и новых проблем взаимосвязано: нельзя решить социальные и экологические проблемы без улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель в регионе. Решение этого вопроса требует разработки новых подходов к развитию орошения в регионе. Прежде всего, необходимо провести инвентаризацию орошаемых земель на основе современных методов дистанционного зондирования и моделирования процессов засоления-рассоления для отдельных массивах орошения для того, чтобы установить направленность и интенсивность процесса соленакопления. Уже на основе этих данных выявить наиболее перспективные для орошения земли. Именно на этих массивах следует внедрять новые, широко используемые в настоящее время в мире методы орошения, в частности, капельное орошение.

Главное, необходимо отказаться от шаблона при проектировании мелиоративных мероприятий и учитывать специфику природных особенностей каждого массива орошения при регулировании водно-солевого режима орошаемых земель. Вероятно, целесообразно будет исключить из орошения наиболее засоленные и трудномелиорируемые земли, но этот вопрос должен быть экономически обоснован для каждого конкретного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос. 1978. 265 с.

Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и пищевого режимов орошаемых земель. М.: Агропромиздат. 1985. 275 с.

Айдаров И.П. Очерки по истории и развитию орошения в СССР и России. М.: Изд-во МГУП. 2006. 269 с.

Айдаров И.П., Панкова Е.И. Соленакопление на равнинах Средней Азии и пути его регулирования // Почвоведение. 2007. №6. С. 676-690.

Андрианов Б.В. Древние оросительные системы Приаралья. М.: Наука. 1962. 254 с.

Атлас почвенного покрова республики Узбекистан. Государственный комитет республики Узбекистан по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру. Ташкент: Изд-во Ташкент. 2010. 46 с.
Борьба с засолением орошаемых земель. Научные труды ВАСХНИЛ. М.: Колос. 1967. 213 с.
Генусов А.З. Почвы и земельные ресурсы Средней Азии. Ташкент: Изд-во ФАН УзССР. 1983. 136 с.
Герасимов И.П. Черты сходства и различий в природе пустынь // Природа. 1954. №2. С.11-22.
Глазовский Н.Ф. Современное соленакопление в аридных областях. М.: Наука. 1987. 191 с.
Егоров В.В. Почвы сарыкамышской впадины // Труды АККЭ. 1957. Вып. 8. с.176-206.
Егоров В.В. Почвообразование и история проведения оросительных мелиораций в дельтах Арало-Каспийской низменности. М.: Изд-во АН СССР. 1959. С.176-206.
Ирригация Узбекистана. Ташкент: ФАН. 1979. С.14-354.
Камилов А.К. Мелиорация почв Узбекистана. Ташкент: ФАН. 1985. 211 с.
Карта типов химизма засоления почв СССР. Масштаб 1:2 500 000. М.: ГУГК. 1976.
Кимберг Н.В. Почвы пустынной зоны Узбекской СССР. Ташкент: ФАН. 1974. 120 с.
Ковда В.А., Егоров В.В., Морозов А.Т., Лебедев Ю.П. Закономерность процесса соленакопления в пустынях Арало-Каспийской низменности // Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева АН СССР. 1954. Т. 44. С. 5-78.
Кузиев Р.К. Сектименко В.Е. Почвы Узбекистана. Ташкент: Extremum press. 2009. 251 с.
Лобова Е.В. Почвы пустынной зоны СССР. М.: Наука. 1960. 364 с.
Минашина Н.Г. Почвенно-экологические изменения и проблемы мелиорации почв в бассейне Арала // Почвоведение. 1995. №9. С. 1141-1149.
Муратова В.С. Засоление почв Туркмении. // Природно-мелиоративная характеристика Средней Азии и Казахстана. Пущино: Изд-во: АН СССР. 1976. С. 106-107.
Орлов М.А. Оазисно-культурные хлопковые почвы Средней Азии // Труды Среднеазиатского университета. Биологические науки. 1958. Вып. 138. С. 17-27.
Панков М.А. Процессы засоления и рассоления почв Голодной степи. Ташкент: Изд-во: Мин-во с.-х. УЗ ССР. 1962. 334 с.
Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А., Новикова А.Ф., Благоволин Н.С. Природное и антропогенное засоление бассейна Аральского моря. М.: РАСХН. 1996. 187 с.
Панкова Е.И., Головина Н.Н., Венцкевич С.Д., Панадиади Е.И. 1986. Опыт оценки засоления почв орошаемых территорий Средней Азии по материалам космической съёмки // Почвоведение. № 3. С. 138-146.
Панкова Е.И., Конюшкова М.В. 2013. Влияние глобального потепления климата на засолённость почв аридных регионов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 71. С. 3-15.
Постановление Всесоюзной научно-технической конференции по вопросам борьбы с засолением и улучшением мелиоративного состояния орошаемых земель Средней Азии (28-31 января 1964г., г. Ташкент). 1967 // Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос. С. 257-269.
Ризенкампф Г.К. 1925. Основы ирригации. Т.1. Л.: Изд-во: 2 типография Транспечати НКПС. 604 с.
Розанов А.Н. 1951. Серозёмы Средней Азии. М.: Изд-во АН СССР. 459 с.
Средняя Азия. 1968. М.: Наука. 483 с.
Толстов С.П. 1948. По следам Хорезмской цивилизации. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 352 с.
Pankova Je.I., Aidarov I.P. 2010. Secondary Salinization of Soils in the Aral Basinas a Factor of Anthropogenic Desertification // Nova Seience Publishers. Inc. NewYork. Vol. 2. P. 189-216.
2hd International Conference on Arid Land Studies Innovations for sustainability and food security ur arid and semiarid lands (10-14 September, 2014, Samarkand, Uzbekistan). Abstract Book. Samarkand 171 p.

SALINIZATION OF IRRIGATED SOILS IN THE MIDDLE-ASIAN REGION: OLD AND NEW ISSUES

© 2016. E.I. Pankova
V.V. Dokuchaev Soil Science Institute
Russia, 119017 Moscow, Pyzhyovskiy per., 7. E-mail: pankova@agro.net.ru

The article provides information on the genesis and distribution of saline soils in the Turan Plain region of middle Asia. It is demonstrated that, prior to the start of active irrigation in the 20th century, the modern salt-accumulation process was developed mainly in naturally hydromorphic soils. On floodplains, the process was regulated by natural floods; it has not developed actively in automorphic soils. Due to irrigation, natural automorphic soils have been transformed into irrigated hydromorphic soils. This resulted in the activation of salt-accumulation processes, even with a drainage of 2.5–3 m deep. In the 21st century, new issues arose in the region: a freshwater deficiency; increased eolic salt transfer; deteriorating climatic, environmental, and social conditions.
Keywords: arid ecosystems, salinization, Turan plain.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2016, том 22, №4 (69), с. 30-42

СИСТЕМНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 631.471.

ДИАГНОСТИКА ОПУСТЫНИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСНОВНОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВ

© 2016 г. Т.Э. Щерба*, Г.С. Куст*, А.В. Смагин, О.В Андреева*, В.Д. Славко***

**Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова*
Россия, 11999, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail: takhir.shcherba@yandex.ru, gkust@yandex.com
***Институт лесоведения РАН*
Россия, 143030, Московская обл., п/о Успенское, ул. Советская, д. 21.

Поступила 16.11.2015

На основании рассмотрения таких проявлений опустынивания как засоление, осолонцевание, опесчанивание в почвах Прикаспийской низменности показано, что в качестве интегрального признака опустынивания для всего разнообразия различных трендов опустынивания в почвах может выступать показатель их водоудерживающей способности, характеризуемый кривой основной гидрофизической характеристики почв (ОГХ). Физический смысл использования ОГХ для характеристики опустынивания заключается в том, что он, отражая способность почв удерживать влагу, подвижность и доступность почвенной влаги для растений, интегрально характеризует главные эдафические факторы, лимитирующие биологическую продуктивность как в природных экосистемах, так и агроэкосистемах засушливых регионов. ОГХ почв – величина постоянная, не имеющая признаков сезонной изменчивости, что делает ее универсальной по сравнению со многими другими почвенными признаками, обладающими сезонной изменчивостью, тем самым затрудняющей диагностику степени опустынивания.
Ключевые слова: опустынивание, основная гидрофизическая характеристика почв, диагностика, доступность влаги.

Опустынивание является одной из наиболее острых экологических проблем в засушливых регионах. Причины опустынивания и проявления опустынивания в затрагиваемых компонентах экосистем, а также их взаимные сочетания как в России, так и во всем мире, чрезвычайно многообразны (Куст, Андреева, 2012), что затрудняет диагностику этого комплексного явления, проявляющегося в изменениях почв, растительного и животного мира, состояния местных водных ресурсов, состояния поверхности, а также экологических и гидрологических процессов, происходящих внутри «земной биопродуктивной системы» (Конвенция …, 1996).

Индикаторы опустынивания, как правило, отражают в первую очередь состояние растительности, для чего используются в разных формах такие параметры как проективное покрытие, общая биомасса или продуктивность, различные «вегетационные индексы» (NDVI, PVI, DVI, WDVI, RVI, SAVI и другие; Черепанов, 2011), реже – состав растительных сообществ (Kust, Novikova, 2006; Гунин и др., 2010, 2014), В любом случае признаки состояния растительности выступают в качестве наиболее очевидных и значимых физиономических индикаторов опустынивания, поскольку отражают состояние и динамику биопродуктивности земель (потенциальной и актуальной).

Вместе с тем, например, для сельскохозяйственных земель, где естественная растительность отсутствует, а динамика продуктивности не отличается постоянством трендов, а часто и в естественных экосистемах из-за сильных флуктуаций климата растительные индикаторы недостаточно уверенно диагностируют опустынивание. Таким образом, почвенные индикаторы могут и должны служить основными в таких ситуациях, а также дополнять и подтверждать оценки, сделанные на базе растительных индикаторов.

Однако с почвами дело обстоит сложнее. Для целей мелкомасштабного картографирования, как правило, наиболее удобными индикаторами служат доли (в составе неоднородного почвенного покрова) априори малопродуктивных почв (солончаков, солонцов, эродированных, «скальпированных» и др.), или почв, затронутых в разной степени соответствующими, так

называемыми, деградационными процессами: в основном водной и ветровой эрозией, засолением, осолонцеванием, в некоторых случаях – техногенным загрязнением (Куст и др., 2002; Славко и др., 2014). Иными словами, через эти индикаторы находит косвенное применение все тот же принцип отражения потенциальной биологической продуктивности на конкретных землях Удачным способом для целей среднемасштабной оценки оказался также способ учета в составе почвенного покрова так называемых «переходных» почв, промежуточных в ряду динамических и эволюционных изменений почв при опустынивании (Куст, 1999).

Для целей крупномасштабного исследования или «точечной» характеристики отдельных участков указанные способы по понятным причинам оказываются неприменимыми, что создает трудности при диагностике опустынивания, и требует поиска «особых» почвенных индикаторов. Очевидными предложениями в данных случаях выступают, как правило, признаки все тех же «деградационных» процессов: содержание солей в почвах, разные признаки солонцеватости, уплотнения, эродированности, которые устанавливаются для отдельно взятого почвенного разреза или почвенного индивидуума (Харин и др., 1987, 1992; Бананова, 1986). Однако, при использовании этих признаков сущность опустынивания как деградации земель, «снижения или потери их биологической или экономической продуктивности» остается как бы «за кадром», «рассыпаясь» на отдельные проявления деградации почв. Возникает вполне резонный вопрос: «Зачем заменять, например, известное явление засоления почв или эрозии почв на новый, объединяющий их термин – опустынивание? В чем смысл этого, и не отдает ли такое предложение псевдонаукой?» Особенно остро такая постановка вопроса звучит при обосновании «опустынивания» тем, что все это происходит в «аридных, субаридных и засушливых субгумидных районах» (то есть, это районы, помимо полярных и субполярных, в которых отношение среднего ежегодного уровня осадков к потенциальной эвапотранспирации колеблется в диапазоне от 0.05 до 0.65), а вне таковых уже опустыниванием не является, а остается в пределах индивидуальных форм и вариантов деградации почв. Нонсенс, не укладывающийся в нормальную логику!

В данной работе мы делаем попытку разобраться в том, имеется ли какой-либо физический смысл в том, когда о проявлениях опустынивания в почвах говорится в терминах засоления, эрозии и пр.. Можно ли использовать термин «опустынивание» в отношении почв, а не в целом «земель», и как это может быть связано со «снижением или потерей их биологической или экономической продуктивности»? Может ли быть оправдан разговор о «почвенной» форме опустынивания, тем более, если в научной литературе периодически появляются предложения рассматривать «климатическое опустынивание» (Золотокрылин, 2003) или «биологическое опустынивание» (Гунин и др., 2015). Дополнительную остроту этой проблеме придает предложение включать в систему глобальных индикаторов состояния земель наравне с показателями земельного покрова и продуктивности земель, некоторые сугубо почвенные параметры, например, такие, как почвенный углерод (UNCCD …, 2015).

Методы и объекты исследования

Главным методологическим подходом для данного исследования послужила высказанная нами ранее (Куст, Андреева, 2012) гипотеза о том, что, несмотря на разнообразие проявлений опустынивания в почвах в формах засоления, осолонцевания, эрозии, уплотнения и др., роль почв в явлении опустынивания теоретически можно свести к сохранению и регулированию доступной для растений влаги, что в конечном итоге определяет реализацию потенциала биопродуктивности. Иначе говоря, в определенных ситуациях, часто связанных с деградацией почв, создаются условия, несмотря на их разную генетическую природу, определяющие недостаток влаги в почвах: так называемую «почвенную» засушливость или «почвенную» аридность.

Эта гипотеза вытекает из идей, ранее высказывавшихся В.А. Ковдой с соавторами (Kovda et al., 1998) в отношении того, что не столько климатическая, сколько именно почвенная аридность и засуха определяют в конечном итоге характер растительности и биопродуктивности экосистем. Например, по утверждению В.А. Ковды, для большинства растений-негалофитов засоленная почвенная влага является недоступной для питания, а некоторые соли (гипс, мирабилит и пр.) способны связывать часть почвенной влаги в кристаллическую форму. В результате засоления возникает недостаток влаги в почвах, что приводит к гибели растений (Ковда, 1977).

Близкие суждения и предложения были высказаны также Б.Г. Розановым и И.С. Зонном (1981):

«степень аридизации почв можно количественно устанавливать в конкретных показателях водно-физических свойств и водного режима».

Эту мысль можно продолжить, рассматривая такие почвенные явления как водная и ветровая эрозия, коркообразование, опесчанивание, карбонатизацию, внутрипочвенное соленакопление, загипсовывание, обесструктуривание, осолонцевание, уплотнение, снижение доли биологических процессов в почвообразовании и другие, в качестве процессов, прямо или косвенно снижающих количество почвенной влаги и/или степень ее доступности растениям. Механизмы действия этих процессов достаточно очевидны (табл. 1), однако с точки зрения возможности оценить опустынивание в конкретных терминах водно-физических свойств данный подход на практике пока не реализован, хотя существует большое количество публикаций, в которых показано направленное изменение почвенных свойств при опустынивании.

Главным методом в нашем исследовании послужил расчет, построение и изучение основной гидрофизической характеристики (ОГХ) почв как альтернативы прямым измерениям влажности почв и других водно-физических и химических свойств, определяющих доступность влаги растениям. Причина этого выбора состоит в том, что прямые измерения величин влажности и физических свойств оказываются достоверно сравнимы для целей оценки опустынивания и деградации почв только в одинаковых или близких условиях почвообразования и функционирования почв (Куст и др., 2008), и единый параметр для оценки степени деградации почв через условия, определяющие недостаток влаги растениям, оказывается трудно подобрать даже из числа таких свойств как плотность, влажность, структурное состояние, гранулометрический и микроагрегатный состав и пр.

Напомним, что «ОГХ – это количественная характеристика водоудерживающей способности почв. Водоудерживание можно определить, как способность почвы удерживать влагу в основном капиллярно-сорбционными силами; это влажность почвы при определенном давлении. Чем выше влажность почвы при одном и том же давлении, тем выше водоудерживающая способность или водоудерживание почвы» (Шеин, 2005). То есть ОГХ как зависимость капиллярно-сорбционного потенциала (давления) почвенной влаги от влажности является интегральным показателем физического состояния почв, ее водоудерживающей способности, доступность влаги растениям (Воронин, 1984; Смагин, 2003), может быть в связи с этим и сравнительным интегральным показателем степени аридизации почв, диагностическим критерием опустынивания. Наиболее правильно здесь, по-видимому, использовать комбинацию ОГХ и ПГХ – полной гидрофизической характеристики (зависимости от влажности не только капиллярно-сорбционного, но и полного давления, включающего осмотическую составляющую, лимитирующую доступность влаги при засолении почв), как это было предложено для характеристики физического состояния и водоудерживания в почве в целом (Смагин, 2003). Однако в связи с большей динамичностью ПГХ из-за подвижности легкорастворимых солей, подобный подход требует более частых мониторинговых исследований этой характеристики, например, с использованием кондуктометрической оценки (Смагин и др., 2006). Поскольку такие исследования в данной работе не были запланированы, мы представляем здесь лишь базовый вариант оценки с использованием только ОГХ, как наиболее стабильного и достаточно эффективного диагностического критерия опустынивания по водоудерживающей способности почв.

Таким образом, основная цель работы была поставлена как проверка предположения, что ОГХ почв может быть использована в качестве интегрального показателя опустынивания, отражающего доступность влаги растениям вне зависимости от причин и форм (типов) опустынивания.

Экспериментальные данные для построения ОГХ были получены методом равновесного центрифугирования (Смагин и др., 1998). В качестве ординаты на кривых ОГХ были использованы pF – единицы по Скофилду, рассчитываемые как десятичный логарифм модуля капиллярно-сорбционного давления почвенной влаги, выраженного в сантиметрах водного столба (Воронин, 1984):

$$pF=\lg(P_{см.вд.ст}) \quad (1).$$

Объектами послужили образцы почв, отобранные на различных ключевых участках в Волгоградской и Астраханской областях, для которых степень опустынивания/деградации в местах отбора образцов устанавливалась на основании разработанных ранее параметров (Andreeva, Kust, 1998; Куст, 1999, Славко и др., 2014). Местоположение и краткое описание ключевых участков (КУ) представлены в тексте. Выбор объектов на КУ проводили таким образом, чтобы условия

Таблица 1. Краткая характеристика существующих представлений о причинах «почвенной засухи», вызываемой деградационными процессами в почвах. **Table 1.** Brief description of the general ideas about the reasons "of soil drought," caused by soil degradation processes.

Процесс	Механизм снижения доступности влаги растениям
Водная эрозия	Смыв верхнего структурного горизонта почв, обладающего высокой водоудерживающей способностью, приводит к выходу на поверхность слоев с меньшей водоудерживающей способностью, результатом чего становится повышенный расход влаги атмосферных осадков на боковой сток и/или проникновение по крупным трещинам в глубь грунтовой толщи, за пределы зоны распространения основных корней
Ветровая эрозия (дефляция)	Выдувание мелкозема из поверхностных структурных горизонтов почв и перенос на дальние расстояния лишает их наиболее ценных в отношении создания высокой водоудерживающей способности гранулометрических фракций ила и мелкой пыли, а также органических и органо-минеральных частиц. Часто приводит к опесчаниванию (см. ниже)
Коркообразование	Корка препятствует проникновению влаги в глубь почвы и созданию запасов влаги. Испарение с поверхности корки интенсивнее, чем из глубоких слоев почв
Растрескивание поверхности	При попадании в глубокие трещины влага минует корнеобитаемые горизонты, не насыщая их в засушливый период
Опесчанивание	Песчаные почвы обладают пониженной влагоудерживающей способностью и повышенной инфильтрацией по сравнению с суглинистыми и глинистыми, при опесчанивании корнеобитаемых горизонтов запасы влаги в них в связи с этим существенно снижаются
Карбонатизация	Карбонаты кальция, закупоривая почвенные поры и цементируя почвенную массу на определенной глубине, препятствуют тем самым проникновению влаги в глубь, и при наступлении засухи влага из надкарбонатных горизонтов быстро расходуется на испарение
Засоление	Засоление повышает осмотическое давление почвенного раствора и делает его влагу недоступной для всасывания растениями. Снижение дзета-потенциала почвенных коллоидов сопровождается снижением их гидратированности. Кроме того, некоторые соли физиологически токсичны
Загипсовывание	Гипс гигроскопичен, и активно связывает влагу, особенно при ее дефиците в период засухи. Кроме того, действие гипсовых пропиток зачастую близко действию карбонатизации
Обесструктуривание	Потеря «агрономически ценной» почвенной структуры связано со снижением активного порового пространства, служащего для хранения почвенной влаги
Уплотнение	Уплотнение может быть результатом обесструктуривания (см выше), а кроме того, образование уплотненных «экранов» разного генезиса внутри почвы препятствует как поступлению избытка влаги в глубь почвы и созданию запасов на случай засухи, а, следовательно, перерасходу воды на испарение, так и наоборот – препятствует поступлению влаги из глубоких слоев в корнеобитаемые горизонты в случае быстрого повышения температуры поверхности и скорости ветра
Осолонцевание	Совокупность эффектов растрескивания, уплотнения и обесструктуривания, иногда сопровождаемых эффектом токсичности ионов натрия в составе почвенных растворов
Снижение биологической активности	Способствует косвенно деградации почвенной структуры (см обесструктуривание) в результате снижения биологического рыхления и структурирования почвенной массы, уменьшения органических полимеров-влагоабсорбентов

почвообразования, потенциально оказывающие влияние на водоудерживающую способность почв, были близки для всех объектов, за исключением рассматриваемого условия, по которому прослеживается определенный градиент значений. Так, например, объекты участка «Засоление» близки по всему набору параметров, кроме засоления. Объекты для оценки степени «опесчанивания» выбирались в пределах одного почвенного контура светло-каштановой солонцеватой среднемощной почвы, и т.п. Поскольку в рамках одной статьи трудно привести результаты всех исследований, то для демонстрации различий ОГХ были выбраны наиболее типичные примеры по каждой паре сравниваемых объектов. Характеристика исследованных объектов представлена в таблице 2.

Таблица 2. Некоторые характеристические свойства исследованных почв. **Table 2.** Some characteristic properties of studied soils.

Диагностические показатели	Коды некоторых почвенных разрезов, используемых для сравнения					
	Koch_1	Bul_3	Pri 1_1_1	Pri 1_2	Pri 1_3	Pri 1_4
Название почвы	каштановая остаточно-солонцеватая среднемощная легкосуглинистая	темно-каштановая слабосолонцеватая мощная среднесуглинистая	светло-каштановая солонцеватая среднемощная среднесуглинистая	светло-каштановая солонцеватая среднемощная легкосуглинистая	светло-каштановая солонцеватая маломощная легкосуглинистая	светло-каштановая солончаковатая солонцеватая маломощная легкосуглинистая
Показатели биопродуктивности						
NDVI	0.29	0.307	0.15	0.13	0.03	0.01
Проективное покрытие, %	45	80	60	60	20	5
Морфологические показатели						
Признаки засоления и глубина появления новообразований	нет	нет	нет	нет	Нет	30 см и ниже, в форме прожилок и белых пятен (кристаллы солей)
Признаки осолонцевания	обильные ГГК по ГСО в горизонте В, плотное сложение горизонта В	редкие ГГК по ГСО в горизонте В1	ореховато-призматическая структура горизонта В1, ГГК по ГСО в гор. В1	нет	нет	глыбисто-ореховатая структура горизонта В, ГГК по ГСО
Гранулометрический состав горизонта А	легкий суглинок	средний суглинок	легкая глина	суглинок тяжелый	суглинок средний	суглинок тяжелый
Гранулометрический состав горизонта В	средний суглинок	средний суглинок	суглинок тяжелый	суглинок тяжелый	суглинок средний	суглинок тяжелый
Сложение, горизонт А	уплотненное	рыхлое	уплотненное	уплотненное	рыхлое	плотное
Структура гумусового горизонта	глыбисто-комковато-порошистая	зернисто-комковатая (бусы по корням)	зернисто-комковато-порошистая	глыбисто-комковато-порошистая	комковато-порошистая	глыбисто-комковато-порошистая

Продолжение таблицы 2. Некоторые характеристические свойства исследованных почв. **Extension Table 2.** Some characteristic properties of studied soils.

Структура горизонта, имеющего признаки осолонцевания	мелко-призмо-видная-крупно-ореховатая	ореховато-комковатая	ореховато-призмовидная	-	-	глыбисто-ореховато-порошистая
Граница вскипания от 10% HCL, см	35	65	с поверхности	с поверхности	с поверхности	с поверхности
Физико-химические показатели						
EC (горизонт A), µSm/sm	48	193	107	580	350	348
EC (горизонт B), µSm/sm	99	120	800	112	125	4000
pH (горизонт A)	7.38	7.61	9.35	8.6	8.22	9.39
pH (горизонт B)	8.9	8.77	9.61	8.65	9.1	8.37
pNa	3.64	3.75	2.41	3.8	3.47	2.56
Содержание углерода в гумусовом горизонте, %	1.31	3.8	0.94	0.69	0.30	1.85
Водопрочность агрегатов по Андрианову (горизонт A)	30.5	99.75	76.75	59.75	12.25	28

Результаты и обсуждение

Оценка различий ОГХ почв при засолении. Для оценки различий ОГХ при засолении был выбран ключевой участок PRI, в 3х километрах на юго-запад от озера Эльтон (Палласовский район, Волгоградская область). Расположенные на нем почвы разрезов и Pri 1_4 представляют залежь, в настоящее время находящуюся под выпасом. Pri 1_4 по ряду показателей (электропроводность, морфологические признаки) отнесен к солончаковатым почвам (табл. 2), в отличие от незасоленной Pri 1_1_1. Другие особенности, в частности гранулометрический состав выбранной пары объектов – горизонтов B исследуемых почв - оказываются очень близкими (рис. 1), что позволяет сравнивать их по отношению к засолению и оценить вклад засоления почвенного раствора в поведение кривой ОГХ.

Воздействие легкорастворимых солей на водоудерживающую способность почв, доступность растениям и подвижность почвенной влаги не однозначно и проявляется в зависимости от ряда факторов, среди которых важное значение имеет дисперсность (Смагин, 2003; Шеин, 2005). Так в грубодисперсных (песчаных) почвах практически засоление не влияет на ОГХ, увеличивая (по модулю) лишь полный потенциал и тем самым водоудерживающую способность почв в особенности в иссушенном состоянии при выпадении солей за счет их гигроскопичности. Подвижность жидкой влаги при этом не меняется, а ее доступность растениям уменьшается, вплоть до полного отсутствия с ростом концентрации и, соответственно, осмотического давления порового раствора (Смагин, 2012). В тонкодисперсных почвах и грунтах действие засоления проявляется в большей мере через ионно-электростатический барьер, предохраняющий тонкие частицы от коагуляции, и дающий тем самым их поверхностной энергии участвовать в связывании влаги (Смагин, 2003, Шеин, 2005). Ширина указанного барьера (λ), обратно пропорциональна квадратному корню из произведения концентрации (C) раствора и квадрата заряда (валентности) ионов (z; Смагин, 2003):

$$\lambda \sim \frac{1}{\sqrt{Cz^2}} \quad (2).$$

Поэтому рост концентрации, а в еще большей мере – заряда катионов, снижает ширину барьера в виде диффузионного слоя ионов и тонкие частицы, коагулируя друг с другом, элиминируют свою поверхностную энергию, как главный фактор расклинивающего давления, а значит, и возможность удерживать воду в прежних (до коагуляции) количествах. Это отражается смещением ОГХ влево, то есть уменьшением равновесной влажности при неизменном давлении влаги или давления (по модулю) при неизменной влажности (Смагин, 2003). Тот же механизм справедлив и для подвижности влаги, которая под воздействием солевых растворов будет в тонкодисперсных почвах увеличиваться, на чем основан известный в мелиорации эффект солевых промывок солонцов. Доступность влаги растениям по ОГХ, казалось бы, тоже увеличивается вслед за снижением водоудерживающей способности, но надо помнить, что это кажущееся увеличение, поскольку влага – соленая, а значит, может быть не доступной растениям из-за высокого осмотического давления. В этом случае диагностика опустынивания по ОГХ, очевидно, нуждается в дополнительном критерии – ПГХ, о чем мы писали выше.

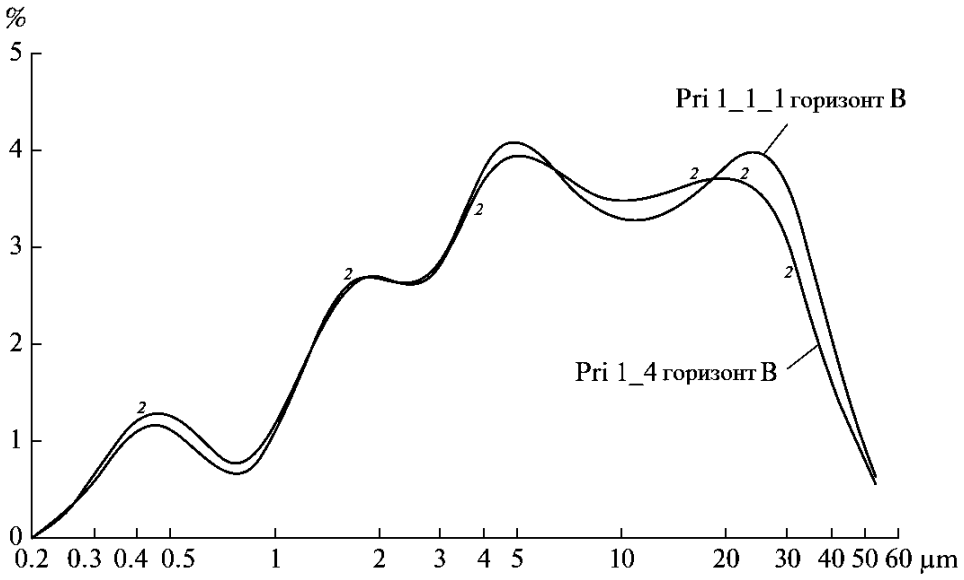


Рис. 1. Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам (почвенные разрезы Pri 1_1_1 и Pri 1_4, горизонты B). **Fig. 1.** Soil particles' size differential curves (soil profiles Pri 1_1_1 and Pri 1_4, B horizons).

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно убедиться, что расположение кривой ОГХ горизонта B почвы Pri 1_4 левее (рис. 2), чем кривая ОГХ горизонта B почвы Pri 1_1. Поскольку гранулометрический состав обоих горизонтов – тяжелосуглинистый, согласно описанному выше физическому механизму, увеличение концентрации легкорастворимых солей в 5 раз (4000 μSm/sm /800 μSm/sm) должно уменьшать водоудерживающую способность (количество, удерживаемой тонкими частицами равновесной влаги) не более чем в $\sqrt{5}$=2.2 раз при условии близкого химического состава раствора. И действительно, максимальное снижение влажности, судя по рисунку 2, не превышает 2 кратного значения. Доступность влаги при этом формально увеличивается. Так для влажности 50% равновесные значения pF падают от 3 до 1.5 единиц, то есть потенциал влаги, или работа, которую надо затратить против капиллярно-сорбционных сил, чтобы извлечь данное количество воды из почвы уменьшается в $10^{1.5}$ =32 раза. Но надо помнить о том, что это соленая влага: 4000 μSm/sm=4 dSm/m, градация начала слабого засоления, что для нетолерантных по такому фактору видов растений (бобовые, зонтичные, луковичные, плодовые деревья) может приводить к снижению продуктивности от 50% и выше, вплоть до гибели (Смагин и др., 2006, Смагин, 2012).

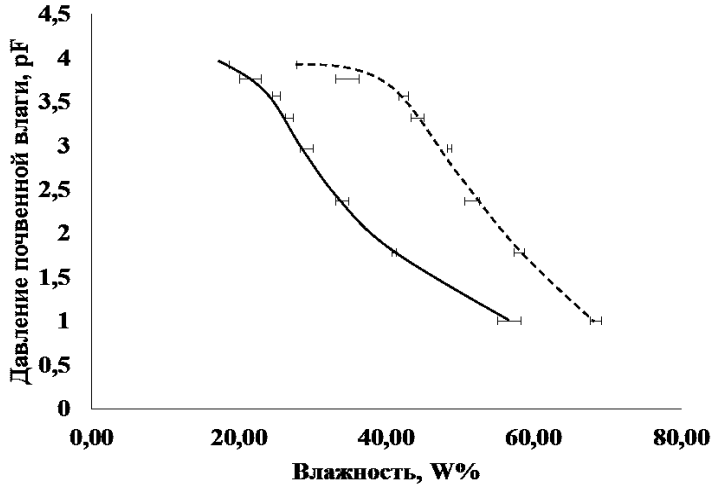


Рис. 2. Кривые ОГХ горизонтов B почв Pri 1_1 и Pri 1_4. *Legend:* - - – данные; — – Pri 1_4 гор-т B (30-35). **Fig. 2.** The water retention curves for B horizons (soil profiles Pri 1_1 и Pri 1_4).

Оценка различий ОГХ при осолонцевании. Для оценки изменений ОГХ при осолонцевании сравнивались объекты ключевых участков Koch и Bul. Выбор участков (Koch расположен в 6 километрах на восток от поселка Лиманный, Волгоградской области, Bul – в 20 км на северо-восток от озера Булухта) обусловлен их репрезентативностью для значительной части Прикаспийской низменности: локальные замкнутые понижения (мелкие и крупные лиманы) сочетаются с пологими слабоволнистыми равнинами. На равнинах формируются каштановые и темно-каштановые почвы,склоны, как правило, заняты их солонцеватыми родами, тогда как понижения представлены лугово-каштановыми осолоделыми почвами. Существенное отличие участков Koch и Bul состоит в том, что на последнем морфологическая солонцеватость почв для аналогичных геоморфологических позиций проявляется в целом для участка в значительно меньшей степени (несмотря на в целом более тяжелый гранулометрический состав; рис. 3), почвы участка Bul также отличаются повышенной гумусированностью, а поверхность – большим проективным покрытием. Перечисленные отличия мы связываем с давним (с 1988 г.) пребыванием участка Bul в залежи с использованием под сенокосы (что хорошо диагностируется по ретроспективному анализу космических снимков), тогда как участок Koch находился в интенсивном пахотном земледелии до 2005 года, и в настоящее время активно используется под выпас.

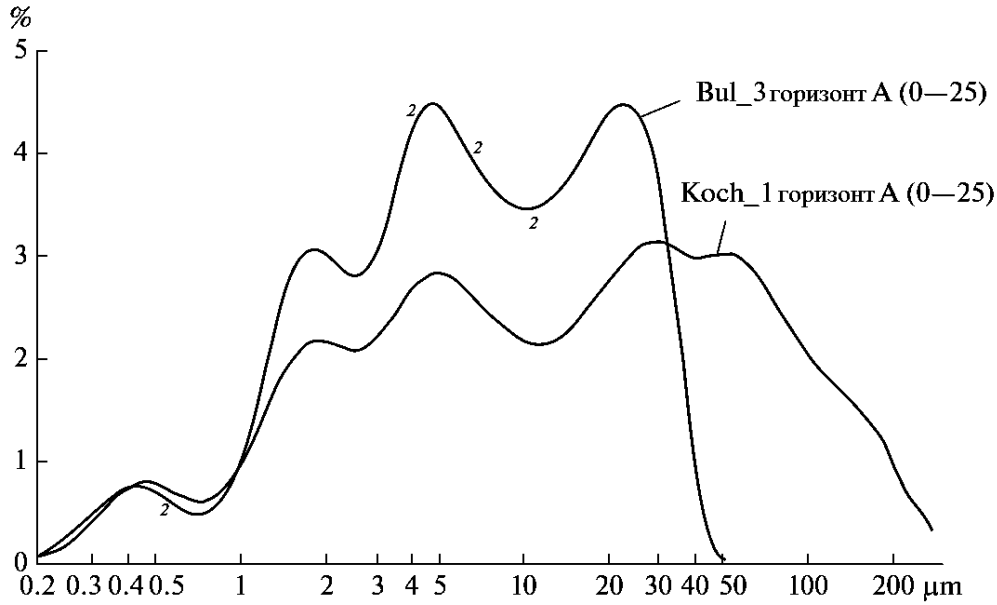


Рис. 3. Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам (почвенные разрезы Koch_1 и Bul_3, гумусовые горизонты). **Fig. 3.** Soil particles' size differential curves (soil profiles Koch_1 и Bul_3, humus horizons).

Несмотря на то, что современный процесс осолонцевания слабо затрагивает сравниваемые почвенные разрезы Koch_1 и Bul_3 (на что указывают близкие для этих почв значения относительно низкой активности натрия при несколько повышенной щелочности иллювиальных горизонтов), их физические свойства подтверждают, что осолонцевание в Koch_1 выражено сильнее, что отражается, в том числе, в формировании менее ценной агрономической структуры гумусового горизонта и большей элювиально-иллювиальной дифференциации профиля по гранулометрическому составу. Например, показатель водопрочности агрегатов по Андрианову для гумусового горизонта почвы Bul_3 с качественной зернисто-комковатой структурой и высоким содержанием гумуса равен 99.8%, тогда как для Koch_1 этот показатель составляет только 30.5.

Полученные результаты в целом подтверждают высказанную ранее (Смагин и др., 2004) мысль о том, что при деструкции органического вещества почвы происходит неизбежная деградация их физического состояния, фиксируемая по ряду таких показателей, как уплотнение и слитизация, дезагрегация, потеря водопрочности структуры, ухудшение водоудерживания и способности почвы проводить влагу и газообразные вещества.

Сравнение ОГХ гумусовых горизонтов исследуемых почв (рис. 4) полностью подтверждает эти выводы: смещение кривой ОГХ гумусового горизонта Koch_1 влево говорит о пониженной водоудерживающей способности, очевидно, за счет меньшего содержания амфифильных органических веществ (гумуса) и повышенного содержания крупных фракций гранулометрического состава в результате элювиального процесса, вызванного осолонцеванием. Таким образом, ОГХ интегрально отражает влияние сразу нескольких взаимосвязанных факторов – гранулометрического состава, содержания органического вещества, структурного состояния, проявляющихся в условиях процесса осолонцевания. Конечно, в дальнейшем потребуется детальное обоснование исходной литологической идентичности сравниваемых объектов и ее изменений именно под воздействием указанного процесса, но уже сейчас в пользу этой гипотезы свидетельствуют близкие свойства горизонтов В, включая гранулометрический состав (табл. 2).

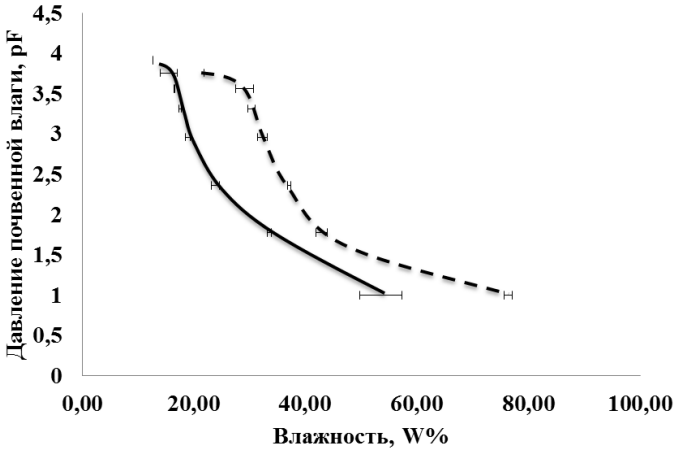


Рис. 4. Кривые ОГХ гумусовых горизонтов почв Koch_1 и Bul_3. *Условные обозначения:* - - – данные; — – Koch_1 гор-т А (1.5-25). **Fig. 4.** The water retention curves for humus horizons (soil profiles Koch_1 и Bul_3). *Legend:* - - – data; — – Koch_1 horizon A (1.5-25).

Оценка различий ОГХ при опесчанивании. Для исследования различий при опесчанивании на ключевом участке Pri была заложена трансекта протяженностью 6 км с разрезами, находящимися на разной удаленности от загона для скота (кошары). Такие ситуации хорошо диагностируются на космических снимках (рис. 5), а описания различий почв участков, подверженных пастбищной дигрессии, особенно в связи с удаленностью от мест водопоя или загонов, хорошо представлены в научной литературе (Добровольский и др., 1991; Можарова, Федоров Н.В., 1990; Huanga et al., 2007).

Из данных, приведенных в таблице 2 видно, что по мере приближения к кошаре проективное покрытие снижается в 12 раз (!), что подтверждается уменьшением вегетационного индекса (в 15 раз!). Аналогичные тенденции (при исключении точки Pri 1_4, где сказывается влияние экскрементов скота) наблюдаются и в содержании углерода, которое в ряду почв Pri 1_1 – Pri 1_2 – Pri 1_3 снижается на треть.

Опесчанивание почв в ряду Pri 1_1 – Pri 1_2 – Pri 1_3 проявляется в следующем:

1) гранулометрический состав гумусового горизонта исследуемых почв облегчается (глина легкая – суглинок тяжелый – суглинок средний);

2) сложение гумусового горизонта меняется с уплотненного на рыхлое;

3) водопрочность агрегатов по Андрианову в гумусовых горизонтах снижается в 6 раз;

4) морфологические признаки качества структуры указывают на ее снижение.

Прямое подтверждение опесчанивания показывает анализ дифференциальных кривых гранулометрического состава: по направлению к загону для скота в гумусовых горизонтах резко снижается содержание пылеватых частиц и возрастает содержание песчаных (рис. 6).

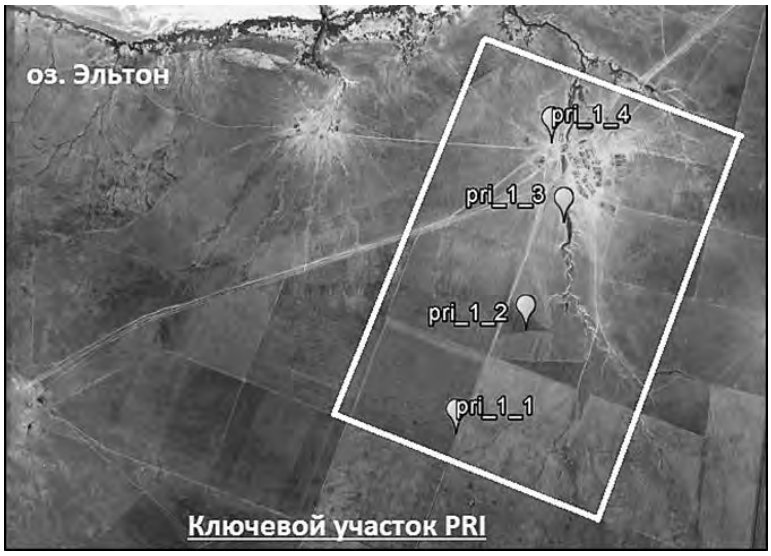


Рис. 5. Ключевой участок Pri (снимок Spot. Дата съемки 01.10.2012. Источник Google Earth). Несмотря на хорошо читаемую «сетку» полей, участок представляет собой залежь 12-летней давности.
Fig. 5. The PRI field site (satellite image "Spot". Date 01.10.2012. Source: Google Earth). Despite the well-read "grid" of fields this is a 12-year-old fallow land.

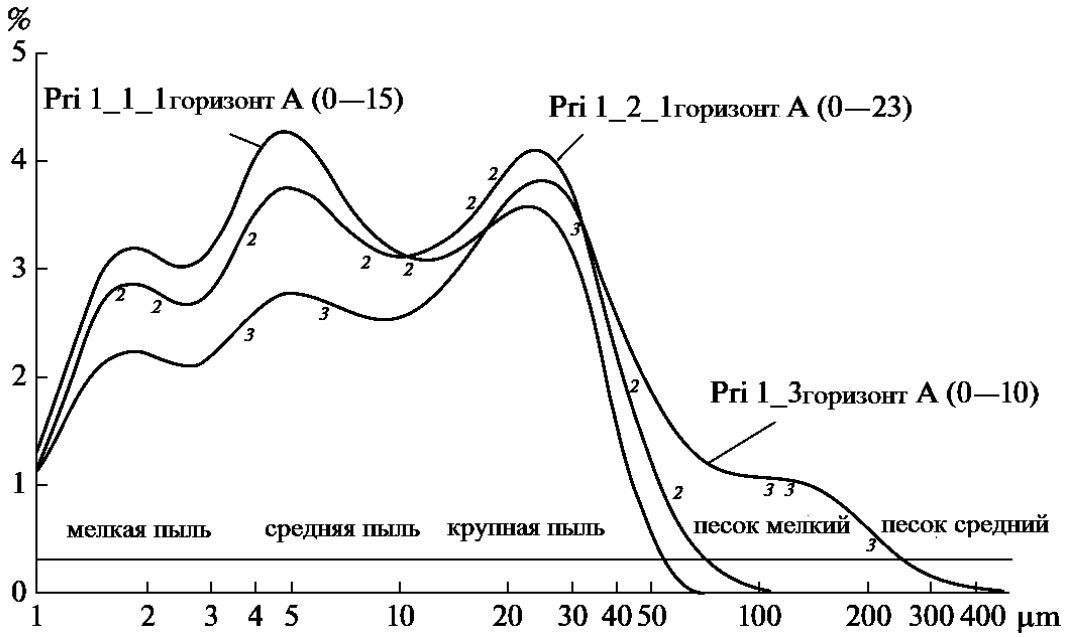


Рис. 6. Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам гумусовых горизонтов ряда почв Pri 1_1, Pri 1_2, Pri 1_3. **Fig. 6.** Soil particles' size differential curves (soil profiles Pri 1_1, Pri 1_2, Pri 1_3, humus horizons).

Сравнение кривых ОГХ (рис. 7) полностью подтверждает полученные результаты: по мере усиления опесчанивания происходит смещение кривой влево, что указывает на снижение водоудерживающей способности гумусовых горизонтов. Это значит, что влага осадков будет в меньшей степени задерживаться в корнеобитаемом слое по мере нарастания опесчанивания в рассматриваемом ряду (трансекте).

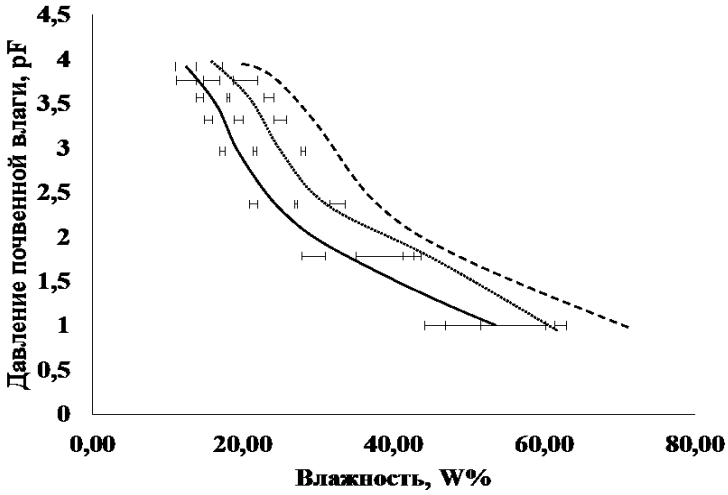


Рис. 7. Кривые ОГХ гумусовых горизонтов ряда почв Pri 1_1, Pri 1_2, Pri 1_3. **Fig. 7.** The water retention curves for humus horizons (soil profiles Pri 1_1, Pri 1_2, Pri 1_3).

Так различия в 10% влажности, сохраняющиеся между крайними ветвями ОГХ (Pri 1_1– Pri 1_3) на протяжении практически всего диапазона измеряемых величин означают при характерной мощности горизонтов в 20 см и плотности 1.3-1.5 г/см3 потерю водоудерживания в 260-300 т/га влаги или 26-30 мм осадков, при том, что суточные нормы осадков здесь редко превышают 5-10 мм. В условиях дефицита влаги это может быть решающим фактором продуктивности, а, следовательно, и опустынивания территории.

Заключение

На основании рассмотрения таких проявлений опустынивания как засоление, осолонцевание, опесчанивание в почвах Прикаспийской низменности показано, что в качестве интегрального признака опустынивания для всего разнообразия различных трендов опустынивания в почвах может выступать показатель их водоудерживающей способности, характеризуемый кривой основной гидрофизической характеристики почв – ОГХ. Физический смысл использования ОГХ для характеристики опустынивания заключается в том, что он отражает водоудерживающую способность, подвижность и доступность почвенной влаги для растений, а соответственно – главные

факторы, лимитирующие биологическую продуктивность как в природных экосистемах, так и агроэкосистемах засушливых регионов.

Преимущества использования ОГХ для характеристики опустынивания заключаются в том, что его можно с успехом использовать даже тогда, когда в почвах наблюдается одновременно несколько синергетически проявляющихся признаков деградации/опустынивания, да еще и проявляющиеся в разной степени, действующие на фоне исходно разных условий (разного гранулометрического и минералогического состава почв, геоморфологической приуроченности, и пр.).

ОГХ почв – величина относительно постоянная, не имеющая признаков сезонной изменчивости, что делает ее универсальной по сравнению со многими другими почвенными признаками, обладающими сезонной изменчивостью, тем самым затрудняющей диагностику степени опустынивания.

В связи со сказанным можно сделать вывод, что применение термина «опустынивание» в отношении почв возможно, и его физический смысл заключается в том, что различные деградационные процессы в почвах интегрально приводят к снижению доступности почвенной влаги растениям, что можно диагностировать по кривым ОГХ почв. Это позволяет интегрировать в рамках единого подхода диагностики опустынивания используемые по отдельности диагностические признаки засоления, осолонцевания, эрозии, опесчанивания и других деградационных процессов в почвах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бананова В.А. 1986. Методические указания по изучению процессов опустынивания аридных территорий АССР. Элиста: КГУ. 35 с.

Воронин А.Д. 1984. Структурно-функциональная гидрофизика почв. М.: Изд-во МГУ. 204 с.

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

Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Казанцева Т.И., Цэрэнханд Г. 2014. Инвазионные сукцессии как индикатор опустынивания экосистем сухих степей Монголии // Опустынивание Центральной Азии: оценка, прогноз, управление. Материалы I Международной конференции. Астана: РК. С. 185-193.

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

Добровольский Г.В., Федоров К.Н., Стасюк Н.В., Можарова Н.В., Быкова Е.П. 1991. Типизация структур почвенного покрова равнинного Дагестана и его антропогенная устойчивость // Почвоведение. № 3. С. 5-13.

Золотокрылин А. Н. 2003. Климатическое опустынивание. М.: Наука. 245 с.

Ковда В.А. 1977. Аридизация суши и борьба с засухой. М.: Наука. 272 с.

Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке. Текст Конвенции с приложениями. 1996. Женева: КБОООН. 78 с.

Куст Г.С. 1999. Опустынивание: принципы эколого-генетической оценки и картографирования. М.: Изд-во Московского университета. 362 с.

Куст Г.С., Андреева О.В. 2012. Проблема опустынивания и почвы // Почвы в биосфере и жизни человека. М: ФГБОУ ВПО МГУЛ. С. 70-117.

Куст Г.С., Глазовский Н.Ф., Андреева О.В., Шевченко Б.П., Добрынин Д.В. 2002. Опустынивание, засухи и деградация почв // Деградация и охрана почв. М.: Изд-во Московского университета. С. 551-600.

Куст Г.С., Розов С.Ю., Кутузова Н.Д., Болышева Т.Н., Стома Г.В., Макаров И.Б., Цейц М.А., Девин Б.А., Андреева О.В., Марчук Е.В. 2008. Почвенно-экологические и агротехнологические особенности выращивания сои на черноземах в Краснодарском крае // Доклады по экологическому почвоведению. Электронный журнал Москва. Вып. 9. № 2. 527 с.

Можарова Н.В., Федоров К.Н. 1990. Эволюция почвенных мезоструктур аккумулятивно-морской равнины Терско-Кумской низменности // Биологические науки. № 2. С. 15-20.

Розанов Б.Г., Зонн И.С. 1981. План действий по борьбе с опустыниванием в СССР: оценка, мониторинг, предупреждение и борьба с ним // Проблемы освоения пустынь. N 6. С. 22-31.

Славко В.Д., Куст Г.С., Розов С.Ю., Андреева О.В., Кегиян М.Г. 2014. Опыт тестирования и адаптации метода LADA в России для оценки и картографирования деградации земель в засушливых регионах на локальном уровне // Аридные экосистемы. Т. 20. № 4 (61). С. 44-56.

Смагин А.В. 2003. Теория и методы оценки физического состояния почв // Почвоведение. №3. С. 328-341.

Смагин А.В. 2012. Теория и практика конструирования почв М.: Изд-во Московского университета. 544 с.

Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Глаголев М.В., Кириченко А.В. 2006. Новые инструментальные методы и портативные электронные средства контроля экологического состояния почв и сопредельных сред // Экологический вестник Северного Кавказа. Т. 2. № 1. С. 5-16.

Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Мизури Маауиа Бен-Али. 1998. Определение основной гидрофизической характеристики почв методом центрифугирования // Почвоведение. № 11. С. 1362-1370.

Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Назарова Т.В., Кирюшова А.Б., Машика А.В., Еремина А.М. 2004. Влияние органического вещества на водоудерживающую способность почв // Почвоведение. № 3. С. 312-321.

Харин Н.Г., Орловский Н.С., Бабаева Т.А. 1987. Пояснительная записка к карте антропогенного опустынивания аридных территорий СССР. Ашхабад: Ылым. 32 с.

Харин Н.Г., Бабаев А.М., Курбанмурдов К. 1992. Методические указания по изучению процессов опустынивания аридных территорий (на примере Монголии). Ашхабад: Ылым. 80 с.

Черепанов А. С. 2011. Вегетационные индексы // Геоматика. № 2. 201 с.

Шеин Е. В. 2005. Курс физики почв. М.: Изд-во МГУ. 432 с.

Andreeva O.V., Kust G.S. 1998. Application of Desertification Assessment Methodology for Soil Degradation Mapping in the Kalmyk Republic of the Russian Federation // Desertification Control Bulletin. Vol. 32. P. 2-13.

Huang D., Wang K., Wu W.L. 2007. Dynamics of soil physical and chemical properties and vegetation succession characteristics during grassland desertification under sheep grazing in an agropastoral transition zone in Northern China // Journal of Arid Environments. Vol. 70. № 1. P. 120-136.

Kovda V.A., Kust G.S., Rozanov B.G. 1998. Aridity and Soil Salinization risks. World Map (1:80000000) // Resources and environment. World Atlas. Vienna-Moscow. P. 101-102.

Kust G., Novikova N. 2006. Desertification and sabkhat formation in the Aral Sea region // Sabkha Ecosystems. Vol. II: West and Central Asia. Springer: Netherlands. P. 53-70.

UNCCD. United Nations Convention to Combat Desertification. Proposal for an indicator for Sustainable Development Goals target 15.3. Provision of metadata including annex with country example (updated 07 September 2015). http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Rio+20 / Land%20 degradation %20 neutrality%202015/UNCCD%20Metadata%20Target%2015.3.pdf.

DIAGNOSTICS OF DESERTIFICATION WITH THE USE OF WATER RETENTION CURVE OF SOILS

© 2016. T.E. Shcherba*, G.S. Kust*, A.V. Smagin, O.V. Andreeva*, V.D. Slavko***

**Soil Science Faculty of M.V. Lomonosov Moscow State University*
Russia, 119991 Moscow, Leninskie Gory. E-mail: takhir.shcherba@yandex.ru, gkust@yandex.com
***Institute of Forest Science RAS*
Russia, 143030 Moscow region, P.O. Uspenskoe, ul. Sovetskaya, 21.

Based on a study of processes developed upon desertification (salinization, solonetzization, and sand accumulation) in the soils of the Caspian Sea Lowland, it is shown that soil's water retention capacity may be used as an integral parameter of all desertification trends. It is characterized by the main hydrophysical parameter (MHP)—the water retention curve—of soils. The physical sense of the use of the MHP to characterize desertification consists in the fact that it shows the capability of soil to retain moisture and soil moisture mobility and availability for plants and thus characterizes the main edaphic factors, which limit biological productivity in natural ecosystems and the agroecosystems of arid regions. The soil MHP is a constant value without seasonal fluctuations, and this makes it universal in comparison with other soil parameters that undergo seasonal variations, thus making determination of the desertification rate difficult.
Keywords: desertification, main hydrophysical parameter of soils, diagnostics, moisture availability.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2016, том 22, № 4 (69), с. 43-51

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 556.182.

ОЦЕНКА ВОДНОГО ДЕФИЦИТА НА ИРРИГАЦИОННЫХ ЗЕМЛЯХ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

© 2016 г. А.Д. Никанорова*, Е.В. Миланова, Н.М. Дронин**, Н.О. Тельнова****

**Дипломатическая Академия Министерства иностранных дел РФ*
Россия, 119034, г. Москва, ул. Остоженка, д. 53/2, стр. 1. E-mail: aleksanika@gmail.com
***Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова*
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail: elena.v.milanova@gmail.com

Поступила 19.05.2016

Оценен возможный водный дефицит на ирригационных землях Ферганской долины для различных сценариев изменения климата и управления водными ресурсами. Ферганская долина представляет собой межгорную котловину, по которой протекает крупнейшая река Центральной Азии Сырдарья, имеющая трансграничный характер для обеспечения водой Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана. В связи с разрушением механизмов интегрированного управления водными ресурсами между этими странами Ферганская долина испытывает хронический дефицит воды. Изменение климата может привести к значительному росту спроса на воду в орошаемом земледелии. Улучшение практики орошения, а также восстановление дренажной и ирригационной инфраструктуры могут значительно снизить водный дефицит в ближней и среднесрочной перспективе.

Ключевые слова: ирригация, изменение климата, Центральная Азия, Ферганская долина, потребности в воде, выращивание хлопчатника.

Ферганская долина является важнейшим экономическим районом Центральной Азии. Долина обладает относительно плодородными почвами и обеспечена водными ресурсами – реками Нарын и Кара-Дарья, которые при слиянии образуют Сырдарью. Орошаемое земледелие представляет основу экономической жизни в долине, обеспечивая занятость и доходы населения. Масштабное строительство трансреспубликанской ирригационной системы во второй половине 20-го века позволило освоить большую часть территории долины под посевы хлопчатника и других требовательных к воде культур. С 1991 г. в связи с распадом Советского Союза вопрос распределения водных ресурсов стал источником острых конфликтов между новыми центральноазиатскими странами. До 1993 г. здесь работала система бартерных отношений "вода в обмен на топливо" между Кыргызстаном, Узбекистаном и Казахстаном, рухнувшая в значительной мере из-за несовпадения по сезонам потребностей в воде и топливных ресурсах. При растущем недоверии между странами и ряде случаев неполноценного выполнения бартерных сделок в условиях усугубляющего энергетического кризиса Кыргызстан перевел Токтогульское водохранилище на режим сброса воды для выработки электроэнергии в холодный период, в результате чего летние попуски сократились на 30%. Только перевод Андижанского водохранилища, располагающегося в Узбекистане, на максимальные попуски в летние месяцы, позволил несколько смягчить ситуацию дефицита воды в долине.

Фактором, усугубляющим современный дефицит воды в регионе, является ухудшение технического состояния ирригационной и дренажной инфраструктуры, а также распределение и расход воды, определяемый завышенными (исторически сложившимися) нормами полива. Наблюдаемое изменение климата Ферганской долины может стать еще одним значительным фактором дестабилизации ситуации в обеспечении водными ресурсами. В нашей работе оценивается дефицит воды в Ферганской долине на 2020-е, 2050-е и 2080-е гг., в результате совокупного воздействия трех факторов: неустойчивого трансграничного поступления воды в долину, сложившейся практики орошения и изменения климата. Также исследуются перспективы и возможности уменьшения дефицита воды в условиях изменения климата за счет оптимизации водопользования в орошаемом земледелии.

Материалы и методы

Климатические сценарии. Сценарии климатических изменений для 2020-х, 2050-х и 2080-х гг. для бассейна Аральского моря, в которое впадает Сыр-Дарья, были разработаны на основе 5-ти моделей глобальной циркуляции: CGCM2, CSIROmk2, ECHam4, DOE PCM, и HadCM3 (Mitchell, 2003) и 4-х социально-экономических сценариев МГИК (A1FI, A2, B1, B2; Nakićenović, 2000). Методика моделирования подробно изложена в работе (Kirilenko et al., 2008). Исторический (базовый) климат 1961-1990 гг. представлен показателями среднемесячных температур, осадков и упругости водяного пара на поверхности земли на сетке 0.5ºx0.5º (Mitchell et al., 2004). Современные (1990-2010 гг.) и будущие показатели климата (2020-2080 гг.) получены с помощью стохастического погодного генератора А. Фрейнда (Friend, 1998). В итоге будущий климат охарактеризован 5-ю основными показателями: средними температурами и осадками за год, средними температурами и осадками за вегетационный период (апрель-сентябрь), потенциальной эвапотранспирацией за вегетационный период.

Сценарии распределения воды на орошаемых землях. Оценка величины дефицита воды и выявление земель с нехваткой воды при современном (историческом) и будущем климате проводится на основе ГИС «Распределение водных ресурсов при орошении сельскохозяйственных угодий Ферганской долины» (Никанорова, 2014).

На основе разработанной ГИС мы выявили 560 полигонов, привязанных к определенным элементам ирригационной инфраструктуры и характеризующихся однородностью гранулометрического состава почв и определенным уровнем залегания грунтовых вод.

Для моделирования распределения воды по ирригационным каналам и определения полигонов, которые недополучат воду в различных климатических условиях, мы выявляем ключевые факторы распределения водных ресурсов и условия их проявления, что определяет возможные сценарии распределения воды по орошаемым землям Ферганской долины (табл. 1).

Таблица 1. Сценарии распределения воды по орошаемым землям Ферганской долины. **Table 1.** Water distribution scenarios on irrigated lands of Fergana Valley.

Факторы	Условия		Сценарии
Трансграничная подача воды (ТС)	ТС1 – оптимальное поступление	ГИС «Распределение водных ресурсов при орошении сельскохозяйственных угодий»	ТС1+ПР1+Э1+К3 ТС3+ПР1+Э1+К1 ТС1+ПР1+Э1+К2 ТС3+ПР1+Э1+К2 ТС1+ПР1+Э1+К3 ТС3+ПР1+Э1+К3 ТС1+ПР2+Э1+К1 ТС3+ПР2+Э1+К1 ТС1+ПР2+Э1+К2 ТС3+ПР2+Э1+К2 ТС1+ПР2+Э1+К3 ТС3+ПР2+Э1+К3 ТС1+ПР2+Э2+К1 ТС3+ПР2+Э2+К1 ТС1+ПР2+Э2+К2 ТС3+ПР2+Э2+К2 ТС1+ПР2+Э2+К3 ТС3+ПР2+Э2+К3
	ТС2 – относительно неудовлетворительное поступление		
	ТС3 – крайне неудовлетворительное поступление		
Порядок распределения воды (ПР)	ПР1 – распределение «сверху-вниз»		
	ПР2 – на основе «гидромодульного районирования»		
Эффективность подачи воды (Э)	Э1 – КПД техники полива 65%		
	Э1 – КПД техники полива 80%		
Структура посевов (К)	С1 – монокультура хлопчатника		
	С2 – диверсифицированная структура с приоритетом посевов зерновых		
	С3 – садово-плантационная структура в комбинации с посевами озимых зерновых		

Трансграничная подача (ТП) воды в ирригационную систему долины может быть представлена тремя вариантами условий проявления этого фактора : ТП1 – оптимальное поступление воды, когда

оба – Токтогульское и Андижанское – водохранилища функционируют в ирригационном режиме (как это было в 1990 г.); ТП2 – относительно неудовлетворительное поступление воды, когда Токтогульское водохранилище работает в "энергетическом" режиме, а Андижанское водохранилище частично компенсирует недостаток воды за счет максимальных попусков в летнее время (примером может служить 1998 г.); ТП3 – крайне неудовлетворительное поступление воды с минимальными попусками из обоих водохранилищ в летние месяцы, что может быть связано с условиями недостаточного естественного увлажнения в данный год или необходимостью выработки энергии (примером может служить 1987 г.).

Порядок распределения (ПР) воды по полигонам представлен в модели двумя вариантами: ПР1 – современная практика поступления воды на полигоны "сверху-вниз", когда в благоприятной ситуации оказываются земли, расположенные в "голове" канала, а земли, находящиеся в "хвосте" канала, получают воду по остаточному принципу. Недостаток такой системы связан с тем, что фермеры, имеющие земли вблизи изголовья канала стремятся изъять воду по максимальной норме ("с запасом"), и этот избыточный забор в "голове" канала создает риски нехватки воды для всех других фермеров ниже по течению; ПР2 – рекомендуемая, местами уже внедренная практика распределения воды, учитывающая такие параметры как гранулометрический состав почв и уровень залегания грунтовых вод. Приоритетными для подачи воды являются поля с легкими почвам и низким уровнем грунтовых вод, а в последнюю очередь подача воды осуществляется на поля с тяжелыми по гранулометрическом составу почвами и неглубоким залеганием грунтовых вод. Описанная система, известная под названием "гидромодульное районирование", была разработана в советское время с целью оптимизации водораспределения и снижения рисков подтопления и вторичного засоления.

Эффективность (Э) подачи изъятой из магистральных каналов воды на поля зависит от правильного устройства поливочных борозд. Борозды, как правило, прокладываются фермерами самостоятельно и часто без учета особенностей рельефа их участков. Средняя эффективность полива по проложенным фермерами бороздам составляет 65% (Мухамеджанов, Нерозин, 2008). Правильное устройство борозд может повысить этот показатель до 80% (Лактаев, 1978). Соответственно мы используем в модели два варианта эффективности подачи воды на поля: Э1 – 65% и Э2 – 80%.

Различные культуры имеют определенные нормы полива в условиях современного климата Центральной Азии. В среднем посевы риса требуют 12000 м^3/га, хлопчатника – 4900 м^3/га, пшеницы – 3144 м^3/га, плантации садовых культур – 3722 м^3/га. Также важные различия условий орошения связаны с тем, что озимые культуры и садовые плантации получают большую часть воды зимой, когда происходят "энергетические" попуски из Токтогульского водохранилища. В модели учитываются 3 варианта структуры посевов в Ферганской долине по составу сельскохозяйственных культур (К): К1 – монокультура хлопчатника, характерная для советского времени; К2 – диверсифицированная современная структура с приоритетом посевов зерновых озимых культур, но и с существенной долей хлопчатника; К3 – садово-плантационная структура в комбинации с посевами озимых зерновых культур (такой вариант, например, реализуется в Ташкентской области).

Комбинация факторов и описанных вариантов условий их проявления позволяет сформировать 36 сценариев (табл. 1), из которых мы выбираем несколько наиболее контрастных сценариев для оценки дефицита воды в климатических условиях 2020-х, 2050-х и 2080-х гг.

Результаты и обсуждение

Прогнозы изменения климата. Данные местных метеорологических станций свидетельствует о поступательном росте средних температур в Ферганской долине в период 1970-2000 гг. (Стулина, 2010), тогда как динамика осадков не показывает выраженного тренда (Чуб, 2007).

Наблюдаемый тренд изменения климата, выражающийся в росте температур и незначительном колебании осадков, приведет к увеличению спроса на воду в орошаемом земледелии в бассейне Аральского моря. Согласно Ф. Миклину (Micklin, 2007), который ссылался на более ранние прогнозы Гидрометеорологической службы Узбекистана (Чуб, 2002), рост среднегодовых температур к 2030-му г. составит от 0.5^{o}C до 3.5^{o}C в различных частях бассейна Аральского моря при умеренном росте осадков на 10%. Т. Ососкова с соавторами (2000) прогнозировала рост температур на 3.0^{o}C к 2050-му г. Заметим, что такой рост температур превышает прогнозные оценки для глобального климата, но близок к результатам многих моделей для северного полушария.

В согласии с упомянутыми выше работами мы прогнозируем для ирригационных земель бассейна Аральского моря рост среднегодовых температур к 2020-м гг. на 0.9-2.1°С по сравнению с периодом 1961-1990 гг. Изменение годовых осадков лишено выраженного тренда, и для разных климатических сценариев получается либо некоторое их повышение (на 2-15 мм), либо незначительное понижение. Оценки роста температур для 2050-х гг. колеблются от 1.7°С до 4.7°С в зависимости от сценариев. Осадки увеличиваются незначительно – на 6-37 мм. Для 2080-х гг. модели показывают значительный рост температур – от 3.9°С до 7.8°С. Динамика осадков на равнинных территориях отрицательная (уменьшение на 28 мм), а в горах – положительная (увеличение на 128 мм; Kirilenko et al., 2008).

В современном климате средняя величина эвапотранспирации в бассейне Аральского моря составляет приблизительно 1500-2000 мм (Зонн, 1986). В более теплом и сухом климате эта величина может значительно возрасти, что приведет повсеместно к увеличению спроса на воду для орошения. Ферганская долина также будет испытывать значительный рост температур и слабое увеличение осадков, что приведет к изменению спроса на воду в орошаемом земледелии. Согласно нашему прогнозу к 2020-м гг. в регионе дефицит осадков (разница между осадками и эвапотранспирацией) вырастет на 14-18% по сравнению с современным периодом. К 2050-м гг. разница между осадками и эвапотраспорацией увеличится на 23-33%. В соответствии с нашим прогнозом для 2080-х гг. разница между осадками и эвапотранспирацией увеличивается на 30-56% в зависимости от климатических сценариев (рис. 1).

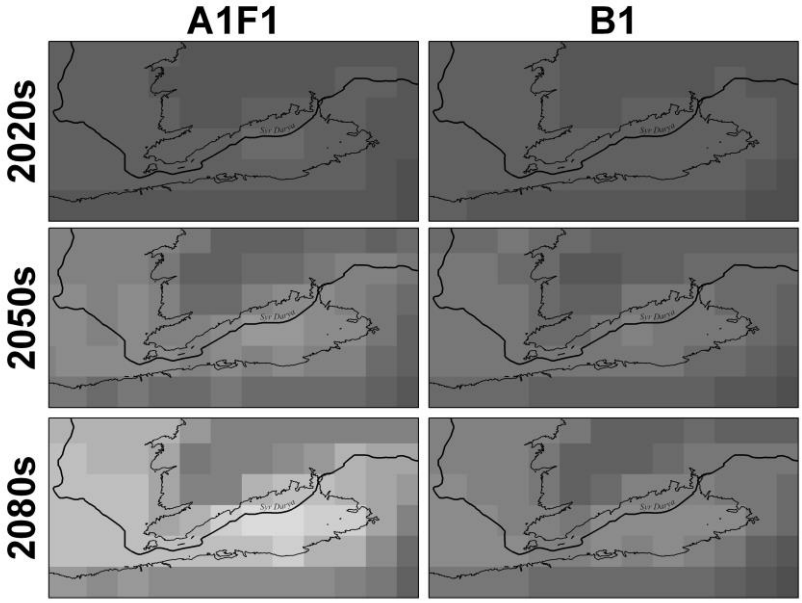


Рис. 1. Прогноз изменения разницы между осадками и эвапотранспирацией в Ферганской долине относительно исторических (1961-1990 гг.) значений (мм). Показаны два контрастных климатических сценария – A1F1 и B1. *Условные обозначения:* – 0 мм, – 50 мм, – 100 мм, – 150 мм, – 200 мм, – 250 мм, – 300 мм, – 350 мм, – 400 мм, – 450 мм, – 500 мм, – 550 мм, – 600 мм, – 650 мм. **Fig. 1.** Change of mean annual water deficit dD (the difference of potential evapotranspiration and precipitation) from the 1961 – 1990 average, mm. Two contrasting CMIP3 scenarios, A1FI and B1 are shown. *Legend:* – 0 mm, – 50 mm, – 100 mm, – 150 mm, – 200 mm, – 250 mm, – 300 mm, – 350 mm, – 400 mm, – 450 mm, – 500 mm, – 550 mm, – 600 mm, – 650 mm.

Изменение климата может увеличить сток рек в Ферганскую долину с окружающих горных хребтов из-за таяния горных ледников. Многие авторы полагают, что таяние ледников в Памире и на Тянь-Шане может усилиться в среднесрочной перспективе, а затем сток уменьшится по мере отступания ледников (Micklin, 2007). Но для горных рек, впадающих в Сырдарью в пределах Ферганской долины, характерно преимущественно снеговое питание (Чуб, 2007). Потепление

климата скорее уменьшит накопление снега в горах, а увеличение осадков прогнозируется с большой долей неопределенности. Поэтому мы предполагаем, что поступление воды в долину останется в пределах наблюдаемой изменчивости.

Прогнозы изменения дефицита воды в орошаемом земледелии Ферганской долины. Результаты моделирования водного дефицита на ирригационных землях Ферганской долины в условиях сильной аридизации климата (A1F1) для ключевых сценариев распределения водных ресурсов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Прогноз доли ирригационных земель с дефицитом воды (%) в условиях изменения климата (сценарий A1F1) в Ферганской долине для трех ключевых сценариев распределения водных ресурсов. **Table 2.** Forecast of the share of irrigation land with water scarcity (%) in the context of climate change (A1F1 scenario) in the Fergana Valley for three key water allocation scenarios.

Период	Относительно неудовлетворительное поступление воды (ТП2)		Оптимальное поступление воды (ТП1) и оптимизация практики орошения
	При современной практике орошения	При оптимизации практики орошения	
2020-е гг.	18.7	8.3	5.2
2050-е гг.	27.0	16.0	13.9
2080-е гг.	38.2	20.2	23.2

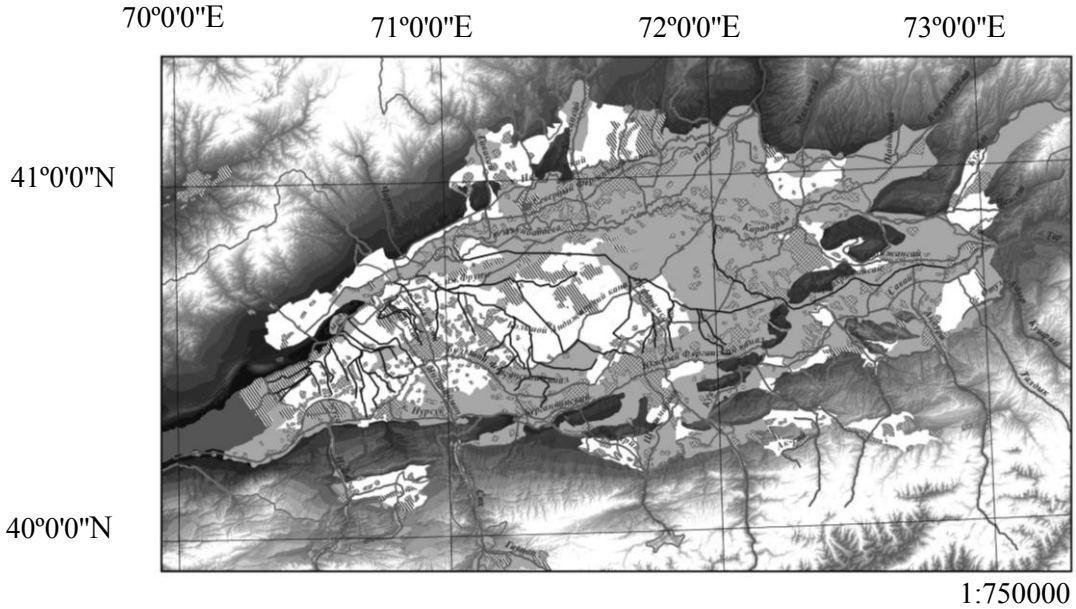


Рис 2. Прогноз водного дефицита на ирригационных землях Ферганской долины в 2080-х гг. при сохранении существующей практики орошения (сценарий "бизнес как обычно"). *Условные обозначения к рис. 2-4:* – поля с дефицитом воды на орошение, – поля без дефицита воды на орошение, – неиспользуемые земли, – поселения, – водохранилища, – ирригационные каналы, – коллекторно-дренажная сеть. **Fig. 2.** Projection of water deficit in the Fergana Valley under the 2080s climate and the «business as usual» scenario. *Legend to fig. 2-4:* - lands with water deficit, - lands without water deficit, - bared lands, - settlements, - water reservoirs, - irrigation channels, - drainage network.

Самый неблагоприятный из трех ключевых сценариев управления водными ресурсами относится к категории "бизнес как обычно", так как предполагает ограниченное поступление воды из Токтогульского водохранилища в вегетационный период (ТП2), распределение воды по полигонам (полям) "сверху-вниз" (ПР1), эффективность подачи воды на поля не превышающей 65% (Э1) и

диверсифицированную структуру посевов, но с заметным участием хлопчатника (К2). В этом сценарии доля земель, недополучающих воду на орошение, вырастет с текущих 12% до 18.7% к 2020-м гг., 27% – к 2050-м гг. и 38.2% – к 2080-м гг. Массивы орошаемых земель с дефицитом воды располагаются в центральных частях долины (рис. 2).

Оптимизация практики орошения и переход на садово-плантационный тип землепользования может значительно смягчить дефицит воды даже в условиях ограниченного трансграничного водоснабжения долины (ТП2). Доля земель с дефицитом воды к 2020-м гг. будет даже ниже, чем в современном климате – 8.3% против 12%. К 2050-х гг. доля таких земель увеличится до 16%, а к 2080-х гг. составит 20.2% (табл. 2). Ирригационные земли с дефицитом воды будут располагаться в центральных частях долины и на предгорных участках (рис. 3).

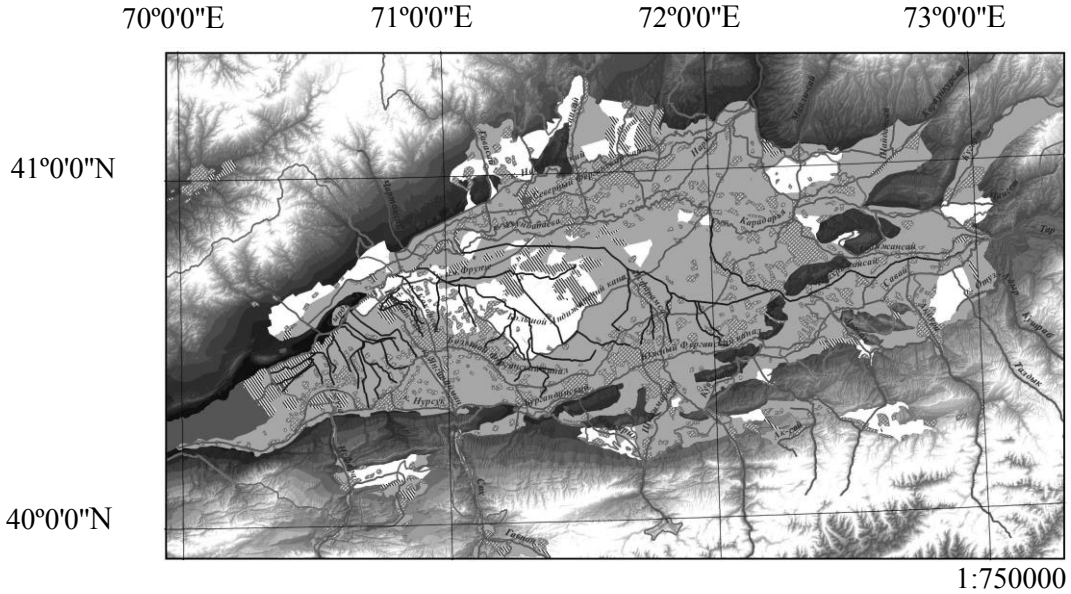


Рис. 3. Прогноз водного дефицита на ирригационных землях Ферганской долины в 2080-х гг. при сохранении нестабильного трансграничного поступления воды и оптимизации практики орошения.
Fig. 3. Projection of water deficit in the Fergana Valley under the 2080s climate and «intermediate» scenario.

Оптимальный сценарий предполагает функционирование обоих водохранилищ в ирригационном режиме (ТП1), распределение воды по полигонам согласно гидромодульному районированию (ПР2), повышение КПД подачи воды на поля до 80% (Е2), а также переход на садово-плантационный тип землепользования (К3). В этом сценарии возможно снижение доли ирригационных земель с дефицитом воды до 5% в 2020-х гг. Масштабы дефицита воды (14%) в долине будут близкими к современным показателям даже в условиях более жаркого климата 2050-х гг. Но в 2080-х гг. доля земель с нехваткой воды на орошения возрастет до 23%, что даже несколько выше, чем в предыдущем сценарии. Это объясняется переходом Андижанского водохранилища на нормальный (а не мобилизационный) режим, предполагающий возобновление выработки электроэнергии. Дополнительные 3% ирригационных земель с нехваткой воды располагаются в зоне действия Большого Андижанского канала (рис. 4).

В дополнение к заметной экономии воды на орошение оптимальный сценарий должен принести значительные геоэкологические улучшения качества земельных ресурсов. Существующая практика орошения приводит к распространению вторичного засоления почв, что в свою очередь требует использование дополнительных объёмом воды для их промывки. По оценкам около 19% орошаемых земель подвержены вторичному засолению в Ферганской долине. Урожайность хлопчатника снижается на 10-20% на слабозасоленных почвах, на средне и сильнозасоленных почвах этот показатель составляет 30-40% и 60-70% соответственно (Нерозин, 1980). Между 1990 и 2005 гг. в хлопковом хозяйстве продуктивность воды (количество производимого продукта в денежном

эквиваленте на единицу воды) в Ферганской долине упала в 2-3 раза – с 0.46 кг/м^3 и 0.8 кг/м^3 (на лучших землях) до 0.24 кг/м^3 (Стулина, 2010; Мухамеджанов, 2007). Объёмы воды, необходимые для разовой промывки засоленных почв, достигают 3000-3500 м^3/га, а таких промывок может быть от двух до четырех по завершении сбора урожаев в ноябре-декабре, когда происходит снижение уровня грунтовых вод (Murray-Rust et al., 2003).

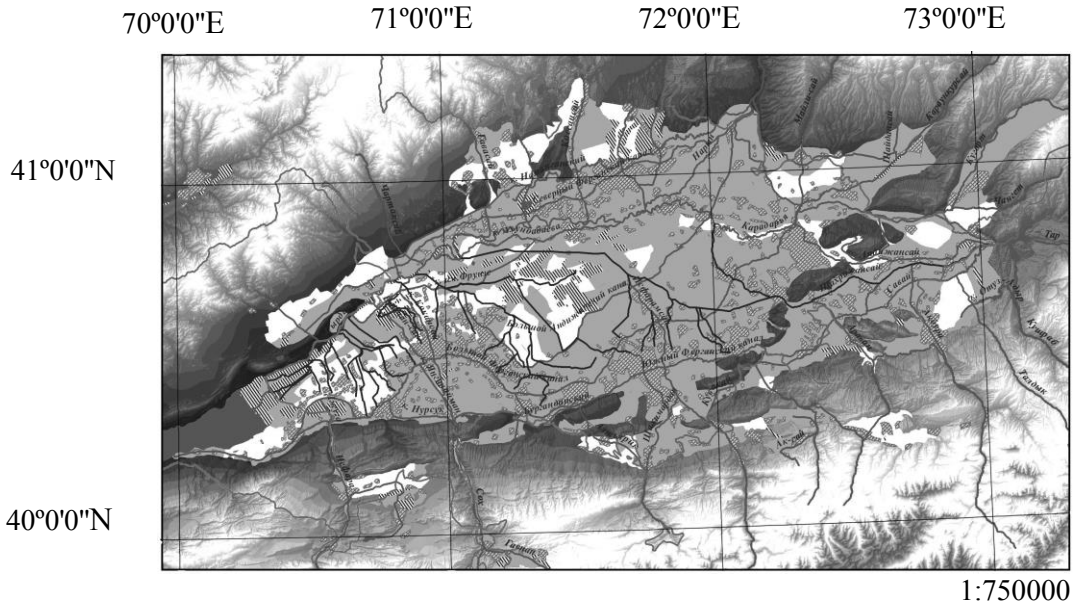


Рис. 4. Прогноз водного дефицита на ирригационных землях Ферганской долины в 2080-х гг. при оптимальном трансграничном поступлении воды и оптимизации практики орошения.
Fig. 4. Projection of water deficit in the Fergana Valley under the 2080s climate and «optimal» scenario.

По мнению многих специалистов для существующей практики орошения характерно использование исторически завышенных (примерно в 1.5 раза) норм полива (Стулина, 2010). Избыток воды с орошаемых полей сбрасывается по дренажным каналам в Сырдарью, постепенно ухудшая качество вод ниже по течению даже в пределах одной Ферганской долины (Valentini, 2004). Большинство дренажных систем находится в неудовлетворительном состоянии, тогда как восстановление дренажной инфраструктуры представляет собой даже более сложную техническую задачу, чем реабилитацию ирригационных каналов (World Bank, 2003). Повсеместно наблюдается подъем уровня грунтовых вод (Мухамеджанов, 2007), что приводит к снижению продуктивности сельскохозяйственных культур. По оценкам, с 25% до 50% земель в Ферганской долине характеризуются уровнем залегания грунтовых вод менее 2 метров (Baknell, 2003). При таком неглубоком залегании в случае повышенной минерализации вод возникает вторичное засоление почв. Кроме того, ухудшается санитарно-гигиеническое состояние почв за счет накопления вредных химических веществ (пестицидов) в водных источниках, используемых местным населением для бытовых нужд (Baknell, 2003).

Некоторые современные тенденции развития орошаемого хозяйства в регионе делают оптимальный сценарий реализуемым. Улучшение водопользования невозможно без поиска новых механизмов для регулирования распределения воды между сотнями тысяч индивидуальных хозяйств. Таким институтом может быть развивающаяся система ассоциаций водопользователей. Ее создание призвано решить многие вопросы, включая повышение надежности предоставления воды в согласованных и своевременных количествах на основании графиков ее использования, проведения технических работ по реабилитации ирригационных и дренажных систем, обеспечения оплаты за пользование водой и др. (Anarbekov, Pinkhasov, 2007).

Внедрение цены за использование воды в орошаемом земледелии, соответствующей ее рыночной стоимости, также может послужить сильным стимулом для более рационального водопользования в Центральной Азии (Духовный, 2008). Современные цены на воду для орошения

являются слишком низкими для того, чтобы компенсировать текущие расходы на техническое поддержание ирригационной инфраструктуры (Spoor, Krutov 2003; Wegerich, 2001).

Изменение структуры посевов в пользу менее водопотребляющих культур может послужить эффективной мерой для решения проблемы нехватки воды в регионе. По оценкам экспертов для поддержания баланса экономических и экологических интересов в Ферганской долине и более широко – в бассейне Аральского моря под посевы хлопчатника должно отводиться не более 40%, а под пшеницу и кукурузу – не менее 32% орошаемых земель (Cai et al., 2006). Развитие садово-плантационного хозяйства является еще одним перспективным путем развития товарного сельского хозяйства в регионе. С 2004 г. в Узбекистане экспорт фруктов и овощей увеличился в 7 раз по объёму и в 25 раз в денежном эквиваленте (до $1.5 млрд в 2013; Yuldashbaev 2014).

Заключение

Ферганская долина является регионом, играющим важную роль в поиске путей по решению проблемы хронического дефицита воды в орошаемом земледелии в условиях изменения климата. Климатические модели показывают значительный рост водопотребления в орошаемом земледелии к концу столетия. Тем не менее, Ферганская долина имеет большой потенциал для смягчения последствий потепления климата, особенно, в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Более того, наши модели показывают, что сокращение дефицита воды в Ферганской долине может быть достигнуто даже в условиях нестабильного трансграничного водообеспечения за счет улучшения практики орошения и изменения структуры землепользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бакнелл Д., Клычникова И., Лампетти Д. 2003. Ирригация в Центральной Азии. Социальные, экономические и экологические аспекты. Отчет Департамента Европы и Центральной Азии, отдел экологически и социально-устойчивого развития Всемирного банка. Вашингтон: Всемирный Банк. 120 с.

Духовный В.А., Соколов В.И. 2008. Введение – Истоки // Интегрированное управление водными ресурсами: от теории к реальной практике. Опыт Центральной Азии. Ташкент: НИЦ МКВК. С. 10-18.

Валентини К.Л., Оролбаев Э.Э., Абылгазиева А.К. 2004. Водные проблемы Центральной Азии. Бишкек: СОЦИНФОРМБЮРО. 142 с.

Зонн С.В. 1986. Тропическое почвоведение. М.: Изд-во УДН. 400 с.

Лактаев Н.Т. 1978. Полив хлопчатника. М: Колос. 175 с.

Мухамеджанов Ш.Ш. 2007. Распространение усовершенствованных технологий по повышению продуктивности воды. Ташкент: НИЦ МКВК. 70 с.

Мухамеджанов Ш.Ш., Нерозин С.А. 2008. Использование воды – нацеленность на продуктивность воды и земли // Интегрированное управление водными ресурсами: от теории к реальной практике. Опыт Центральной Азии. Ташкент: НИЦ МКВК. С. 218-250.

Нерозин А.Е. 1980. Сельскохозяйственные мелиорации: зона Средней Азии. Ташкент: Укитувчи. 269 с.

Никанорова А.Д. 2014. Сравнительная оценка механизмов повышения эффективности системы управления и использования водных ресурсов Ферганской долины // Проблемы региональной экологии. № 4. С. 116-121.

Стулина Г.В. 2010. Рекомендации по гидромодульному районированию и режиму орошения сельскохозяйственных культур. Ташкент: НИЦ МКВК. 48 с.

Anarbekov O., Pinkhasov M., Sokolov V., Mantritilake H. 2007. Guideline for WUA Business Plan Development. Guideline is produced along “IWRM Ferghana” project jointly together with two partner institutions IWMI and SIC, ICWC. Tashkent: ICWC. 35 p.

Cai X., McKinneyb D.C., Rosegrant M.W. 2006. Sustainability Analysis for Irrigation Water Management in the Aral Sea Region. Washington, DC: International Food Policy Research Institute. 36 p.

Friend A.D. 1998. Parameterization of a global daily weather generator for terrestrial ecosystem modeling // Ecological Modelling. № 109. P. 121-140.

Kirilenko A.P., Dronin N.M., Ashakeeva G.Zh. 2008. Projecting Water Security in the Aral Sea Basin Countries: Climate Change, Irrigation and Policy // Natural Resources: Economics, Management and Policy. Nova Science Publishers, Inc. P. 51-87.

Micklin P.A. 2007. The Aral Sea Disaster // Annual Review Earth Planet Science. № 35. P. 47–72.

Mitchell T.D., Carter T.R., Jones P.D., Hulme M., New M. 2004. A Comprehensive Set of High-Resolution Grids of Monthly Climate for Europe and the Globe: the Observed Record (1901-2000) and 16 Scenarios (2001-2100). Working Paper 55. Ireland, Cork: Tyndall Centre for Climate Change Research. 30 p.

Murray-Rust H., Abdullaev I., ul Hassan M., Horinkova V. 2003. Water Productivity in the Syr-Darya River Basin. Research Report 67. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 67 p.

Nakićenović N. J., Alcamo G., Davis B., de Vries J., Fenhann S., Gaffin K., Gregory A., Grübler T., Jung Y., Kram T., Lebre L., Rovere E., Michaelis L., Mori S., Morita T., Pepper W., Pitcher H., Price L., Riahi K., Roehrl A., Rogner H.H., Sankovski A., Schlesinger M., Shukla P., Smith S., Swart R., van Rooijen S., Victor N., Dadi Z. 2000. Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press. 570 p.

Ososkova T., Gorelkin N., Chub V. 2000. Water Resources of Central Asia and Adaptation Measures for Climate Change // Environmental Monitoring and Assessment. № 61(1). P. 161-166.

Spoor M., Krutov A. 2003. The "Power of Water" in a Divided Central Asia // Perspectives on Global Development and Technology. № 2 (3-4). P. 593-614.

Wegerich K. 2001. Not a Simple Path. A Sustainable Future for Central Asia // Water Issues Study Group. Occasional paper № 28. London: University of London. P. 1-21.

Yuldashbaev N. 2014. Uzbekistan Fresh Deciduos and Stone Fruits. Tashkent: Global Agricultural Information Network. 11 p.

ESTIMATION OF WATER DEFICIT UNDER CLIMATE CHANGE AND IRRIGATION CONDITIONS IN THE FERGANA VALLEY OF CENTRAL ASIA

© 2016. A.D. Nikanorova*, E.V. Milanova, N.M. Dronin**, N.O. Telnova****

**Diplomatic Academy of Ministry for foreign affairs of Russian Federation*
Russia, 119034 Moscow, Ostojenka str., 53/2, str. 1. E-mail: aleksanika@gmail.com
***Faculty of Geography, M.V. Lomonosov Moscow State University*
Russia, 119991 Moscow, Leninskie Gory, 1. E-mail: elena.v.milanova@gmail.com

We evaluated the changes in irrigation water deficit in the Fergana Valley, Central Asia under different scenarios of climate change and water management. The Fergana Valley is located within the Syr Darya river basin and is shared between Uzbekistan, Kyrgyzstan and Tajikistan. We estimated the climate-related changes in irrigational water demand in the Fergana Valley in 2020s, 2050s, and 2080s. Considerably higher temperatures and a moderate change in precipitation lead to increasing potential evapotranspiration (PET), which nearly doubles irrigation water demand by the 2080s. That is driving request for a scientifically substantiated scheme of irrigation keeping in mind the quality of soils and ground water table, correction of water consumption norms for different crops, and change of crop composition in favor of the winter horticulture plantations and cereals.

Keywords: climate change, irrigation, agriculture, Central Asia, Fergana Valley, water demand, cotton production.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2016, том 22, № 4(69), с. 52-63

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 574.9+574.472

СТРУКТУРА ФЛОРЫ ПОБЕРЕЖИЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

© 2016 г. Н.М. Новикова, Н.А. Волкова

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

Поступила 18.10.2015

Охарактеризована таксономическая, биоморфологическая, экологическая и эколого-ценотическая структура флоры побережий Краснодарского, Цимлянского, Веселовского и Пролетарского водохранилищ, расположенных на юге европейской части России. Натурные данные получены в период полевых работ авторов в 2004-2013 гг. и на их основе сформирована база данных. Учитывая расположение исследованных искусственных водоемов в разных подзонах степной зоны, выявленные особенности флоры побережий можно рассматривать как эколого-географические (зонально-региональные).

Ключевые слова: Россия, юг европейской части, водохранилище, воздействие, флора, побережье, степной регион, таксономическая, биоморфологическая, экологическая структура, богатство и разнообразие.

Статья написана в развитие и дополнение к результатам научных исследований по проблеме воздействия водохранилищ на прилегающие территории аридных районов, выполненных авторами на водохранилищах на юге европейской части России и опубликованных в журнале Аридные экосистемы (Новикова, 2006; Новикова, Волкова, 2011; Новикова, и др., 2012; Новикова, Назаренко, 2007, 2013; Новикова и др., 2014, 2015) и других изданиях (Новикова, Волкова, 2011; Новикова, Уланова, 2012 и др.). В указанных работах было показано, что искусственные водоемы вносят существенные изменения в ландшафты степной зоны, приводят к трансформации пространственной структуры и функционирования экосистем. На побережьях под влиянием заливания, подтопления, аккумуляции наносов, водной эрозии и абразии, формируются гидрогенные природные комплексы, отличающиеся от исходных зональных тем, что грунтовые воды приближены к дневной поверхности, формируются почвы гидрогенного ряда – луговые и болотные, а в растительном покрове участвуют или доминируют виды, устойчивые к заливанию, повышенному грунтовому увлажнению, засолению и застаиванию грунтовых вод. Эти изменения в степном регионе усиливаются по мере возрастания аридности климата с северо-запада на юго-восток, в направлении к границе с пустыней. В этом же направлении отмечается возрастание минерализации поверхностных вод водоемов и подземных вод на их побережьях и замена пресных вод на сильно засоленные, а химический состав изменяется с гидрокарбонатно-сульфатного на сульфатно-хлоридный. Под влиянием искусственных водоемов на побережьях формируется своеобразное фиторазнообразие, но его специфика пока не охарактеризована и не оценена. Поэтому цель данной работы – дополнить представленную ранее информацию об экосистемах побережий наиболее крупных водохранилищ Краснодарского, Цимлянского, Веселовского и Пролетарского, располагающихся на юге европейской части России данными об их флористическом богатстве и разнообразии: его таксономической, биоморфологической и экологической структуре. Выявление особенностей современной флоры побережий водохранилищ весьма актуально в связи с тенденцией климатических изменений в направлении аридного потепления, снижением водности на юге европейской части России, и необходимостью решения проблемы дальнейшего использования ресурсов водохранилищ из-за их старения.

Особенности функционирования водохранилищ (рис. 1, табл. 1). Водный фактор (поверхностные и подземные воды) в зоне влияния водохранилища для растительности имеет важнейшее значение. *Поверхностные воды.* В связи с тем, что рассматриваемые водохранилища относятся к одному типу по геоморфологическим условиям заложения (равнинные русловые) и предназначены для близких целей (промышленно-коммунальное водоснабжение, транспорт, гидроэнергетика, рыболовство, сельское

хозяйство и др.), они имеют сходный режим регулирования уровня: максимальное наполнение в мае-начале июня и сработку к ноябрю-декабрю. Самые южные водохранилища – Веселовское и Пролетарское, формирующиеся на привлеченном стоке из бассейнов других рек и предназначенные, в основном, для целей сельского хозяйства (орошения) имеют непостоянное наполнение в многолетнем разрезе и их уровень из-за притока воды в вегетационный период, колеблется незначительно, и в течение года его изменение составляет, в среднем, 1-2 м.

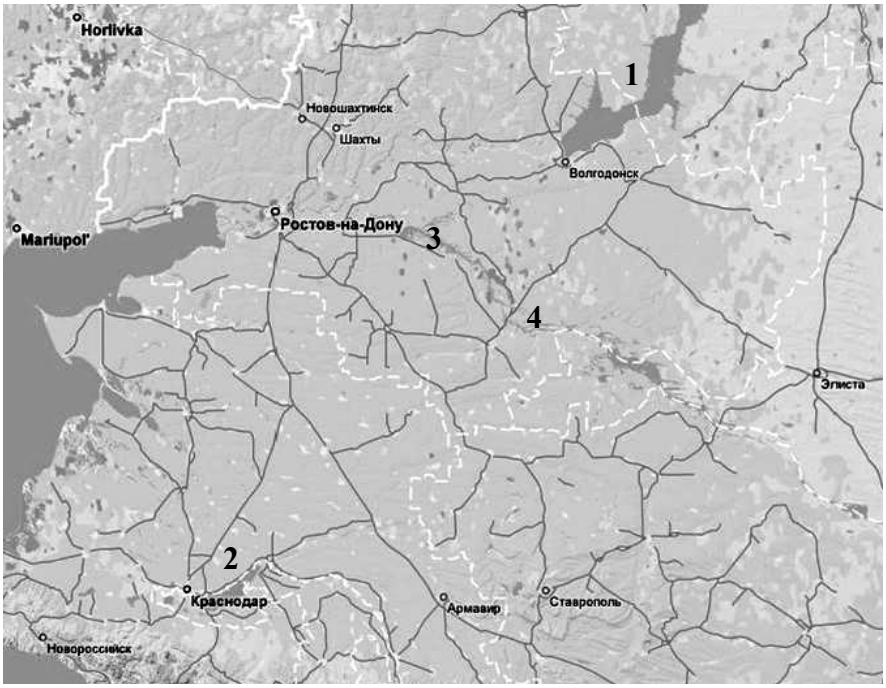


Рис. 1. Схема расположения водохранилищ. *Условные обозначения*: водохранилища: 1 – Краснодарское, 2 – Цимлянское, 3 – Веселовское, 4 – Пролетарское. **Fig. 1.** The arrangement of reservoirs. *Legend*: reservoirs: 1 –Krasnodarskoe, 2 – Tsimlyanskoe, 3 – Veselovskoie, 4 – Proletarskoie.

Крутизна склонов водохранилищ определяет протяженность зоны его влияния на прилегающую территорию на побережье. Увеличению ее протяженности вглубь суши способствуют высокие значения годовых амплитуд уровня и малые уклоны побережья. Как показали наши исследования, максимальная ширина ежегодно заливаемой и обнажающейся территории, располагается на Краснодарском водохранилище, где в заливах на южном побережье она может достигать 2 км. Значительные площади ежегодно заливаются и обнажаются в приплотинной части на Цимлянском водохранилище. Протяженность этой динамичной территории от уреза воды до кромки берега бывает более 500 м. Наименьшая ширина зоны влияния, до 50-100 м, характерна для Веселовского и Пролетарского водохранилищ, имеющих также и наименьшую внутригодовую амплитуду колебания уровня. Однако для этих водохранилищ, в особенности для Пролетарского, характерны резкие межгодовые колебания уровня, в результате чего также происходит обнажение дна в прибрежной полосе, шириной до километра.

Для формирования природных комплексов важное значение имеет длительность пребывания территории под водой. На открытых участках побережья всех водохранилищ, в отличие от речных пойм, сформированный растительный покров сохраняется при длительности заливания не более 30-40 дней и высоте столба воды около 1 м. При более длительном заливании сохраняются только отдельные экземпляры устойчивых к заливанию видов деревьев и кустарников. На Краснодарском и Цимлянском водохранилищах это различные виды ив (*Salix alba, S. viminalis*[1] и др.). Тополь черный (*Populus nigra*) оказался менее устойчивым к заливанию, чем ивы. Как свидетельствуют наши данные, он выносит

[1] Латинские названия растений даны по С.К. Черепанову (1995).

заливание не более, чем на 30 дней при столбе воды высотой 1-1.30 м. Дополнительным фактором, препятствующим сохранению растительности и почвенного покрова в амфибиальном блоке при более длительном заливании служит волновая абразия.

Акватория водохранилищ – среда обитания водных организмов и важный ресурс, используемый для хозяйственных целей: питьевого водоснабжения, орошения, рыбоводства. Все водохранилища за исключением Манычских (Пролетарского и Веселовского), формируются на местном стоке и их воды по режиму и качеству соответствуют зональным условиям. Минерализация вод Цимлянского водохранилища, сформированного в пойме реки Дон, колеблется в пределах 0.28-0.86 г/л и относится к категории пресных (табл. 1). Подобная ситуация наблюдается и в Краснодарском водохранилище, которое образовано на реке Кубань и находится в пределах степных умеренно засушливых аллювиальных аккумулятивных ландшафтов.

Таблица 1. Основные характеристики водохранилищ и прибрежных районов в их расположении.
Table 1. Main characteristics of reservoirs and coastal areas in their location.

Характеристика	Водохранилище			
	Краснодарское	Цимлянское	Веселовское	Пролетарское
Годовая сумма осадков, мм	735	447	315	246
Среднегодовые температуры, °С	11.6	9.0	8.9	14.9
Река, питающая водохранилище	Кубань	Дон	Маныч (+Дон и Кубань)	Маныч (+Дон и Кубань)
Назначение водохранилища*	И, Н, Р, С, От	С, И, Р, Э, Н, В	С, Э, И, Р	С, Э, Р
Площадь водного зеркала при НПУ, км^2	420	2702	246	798
Оценка водохранилища по размерам (Авакян, Шарапов, 1977)	крупное	очень крупное	крупное	очень крупное
Колебание уровня водохранилища, м/год	4.5	3.7	1-2	1-2
Ширина зоны воздействия водохранилища на побережье, м	500-2500	10-500	20-300	40-400
Минерализация воды водохранилища, г/л	0.10-0.21	0.28-0.86	2.06-2.92	1.80-9.30
Тип химизма	SO_4-HCO_3	Cl-SO_4	Cl-SO_4	Cl-SO_4
Минерализация грунтовых вод, г/л	0.11-5.00	0.45-13.42	4.34-52.01	5.40-30.90
Тип химизма	SO_4-HCO_3	SO_4-Cl	Cl-SO_4	SO_4-Cl
Почвы	черноземы обыкновен-ные	черноземы южные, каштановые	каштановые солонцеватые	
Засоление почв	не засолены	на глубине	в приповерхностных горизонтах	

Примечание к таблице 1. *Назначение водохранилища: В – хозяйственно-питьевое водоснабжение, С – судоходство, Р – рыбное хозяйство, Н – борьба с наводнениями, И – ирригация, Э – гидроэнергетика, От – рекреация. **Note to table 1.** *Purpose of the reservoir: В – potable water supply, С – navigation, Р – fisheries, Н – flood control, И – irrigation, Э – hydropower, От – recreation.

На Веселовском и Пролетарском водохранилищах, образованных на реке Западный Маныч и располагающихся в сухостепных сухих морских аккумулятивных ландшафтах, минерализация поверхностных вод относится к категории слабой (Веселовское) и средней (Пролетарское) степени минерализации в многолетнем разрезе. Это является результатом того, что эти водоемы сформировались

на засоленных отложениях морского генезиса, и существовавшие здесь до создания водохранилищ водоемы имели более высокую минерализацию. В настоящее время они наполняются донской и кубанской водой, что способствует их распреснению. Химический состав поверхностных вод исследуемых водоемов также различен. Цимлянское, Веселовское и Пролетарское водохранилища, находящиеся в пределах сухостепных ландшафтов имеют хлоридно-сульфатный тип засоления, в то время как воды Краснодарского водохранилища, расположенного в степных ландшафтах, сульфатно-содовые. Воды водохранилищ имеют гидравлическую связь с подземными водами прилегающих территорий, часто создают условия подпора и на этом участке они оказываются менее минерализованными. Это подтвердили и наши исследования.

Грунтовые воды. Наблюдения за глубиной вскрытия грунтовых вод и установившимся уровнем в скважинах позволили выявить наличие напора в грунтовых водах на побережьях водохранилищ. На Краснодарском водохранилище, на его южном побережье, максимальное удаление границы подпора грунтовых вод на побережье до края воды в межень на дне водохранилища находится на расстоянии почти 600 м, на Цимлянском – 300 м, Веселовском – 141 м, и Пролетарском – 107 м. Сезонные наблюдения показали, что на всех этих водохранилищах к осени грунтовые воды заглубляются по сравнению с весенними значениями, в среднем, на 1.5-2 м.

Минерализация грунтовых вод на побережьях водохранилищ существенно выше, чем в водоемах, что вполне объясняется их географическим положением в зоне, для которой характерен дефицит влаги, а Веселовского и Пролетарского водохранилищ – нахождением на территории, сложенной сильно засоленными отложениями морского генезиса.

Для ландшафтов прибрежной зоны Цимлянского водохранилища характерна, в основном, средняя степень минерализации грунтовых вод, химизм засоления меняется с хлоридно-сульфатного на сульфатно-хлоридный. Ландшафты прибрежной зоны водохранилищ Манычского каскада имеют самую высокую степень минерализации грунтовых вод, достигающую рассолов (52 г/л).

Распресняющее воздействие водохранилищ на грунтовые воды подтверждается тем, что в скважинах, более близко расположенных к урезу воды, грунтовые воды оказываются менее минерализованными, чем в более удаленных.

Как видим, в целом, минерализация и химизм поверхностных и подземных вод в зоне влияния водохранилищ соответствует эколого-географическим условиям вмещающих ландшафтов: минерализация воды водохранилищ возрастает, а химизм изменяется с гидрокарбонатного на хлоридно-сульфатный в настоящих степях и на сульфатно-хлоридный – в сухостепных ландшафтах. В подзоне сухих степей увеличение минерализация воды водохранилищ и подземных вод усиливается региональными геологическими условиями – морскими сильно засоленными отложениями.

Дальность распространения влияния водохранилищ на территорию побережья прослеживается через подпор и разбавление грунтовых вод. Это явление определяется условиями конкретных ландшафтов и амплитудой колебания уровня. На Краснодарском водохранилище оно проявляется на расстоянии от 25 до 600 м, на Цимлянском – около 300 м, на Веселовском – до 540 м и Пролетарском – от 13 до 107 м.

Почвы. Изучение почв в зоне влияния водохранилищ показало, что исходно зональные почвы претерпели глубокую трансформацию в направлении формирования гидроморфных и полугидроморфных подтипов. Использование индикаторов развития гидрогенных процессов в почвенном профиле позволило выявить зонально и регионально обусловленные особенности. В степных умеренно засушливых аллювиальных аккумулятивных ландшафтах, в условиях избыточного увлажнения, создаваемого в весенне-летний период водохранилищем, в исходных зональных автоморфных почвах развивается глеевый процесс, что выявляется на основе индикаторов – по наличию гидроокислов железа и присутствию сизоватых тонов в почвенном профиле. В сухостепных сухих аллювиальных аккумулятивных и сухостепных сухих лессовых аккумулятивных ландшафтах проявляются все индикаторы вторичного гидроморфизма. Наибольшей степени гидрогенной трансформации подверглись сухостепные сухие морские аккумулятивные ландшафты побережий Веселовского и Пролетарского водохранилищ.

Краснодарское водохранилище располагает наиболее благоприятными условиями для произрастания растительности. Поверхностные и подземные воды здесь пресные, гидрокарбонатно-сульфатные, нетоксичные (рис. 1, табл. 1). Почвы не засолены. На *Цимлянском водохранилище* поверхностные воды

пресные, но в отдельные сезоны года приближаются к критическому значению 1 г/л, но не переходят в категорию соленых. Грунтовые воды на побережье изменяются в широком диапазоне минерализации – от пресных до сильно минерализованных. В составе солей участвуют токсичные для растений соединения хлоридов. На *Веселовском и Пролетарском* водохранилищах условия произрастания растений на побережьях благоприятны менее других: поверхностные и подземные воды минерализованы и включают токсичные для растений соединения хлоридов (рис. 1, табл. 1). Причиной их повышенной минерализации являются региональные геологические условия. Оба водохранилища сформированы в Кумо-Манычской ложбине, сложенной засоленными морскими отложениями, что усиливает накопление солей в поверхностных и подземных водах, почвах и на их поверхности в условиях подтопления. Химизм засоления почвенного покрова изученной территории различен. Следует отметить, что высокая степень засоления и хлоридно-сульфатный химизм характерны для большинства проб, отобранных на побережье Веселовского водохранилища. При этом максимальная величина сухого остатка соответствует горизонтам почвы, насыщенным новообразованиями мелкокристаллического гипса.

В пределах Пролетарского водохранилища, находящегося в том же подтипе ландшафта, степень засоления почвенного покрова также достигает высоких значений, однако проявляется в меньшем количестве заложенных профилей и характеризуется более низкими значениями величины сухого остатка. Но засоление их более токсичное, т.к. химизм засоления – хлоридный. Подобная ситуация может быть объяснена тем, что воды Пролетарского водохранилища имеют самую высокую минерализацию (1.80-9.30 г/л, табл. 1). Иными словами, рассмотрение засоления почв обнаруживает, что региональные условия перекрывают зональные. Наиболее засоленными оказываются почвы на побережьях водохранилищ, в которых самая высокая минерализация воды и засоленные грунты.

Е.М. Лавренко (2007) в системе Ботанико-географического районирования степей выделял полосы разнотравно-типчаково-ковыльных степей (*Stipa* spp. +*Festuca valesiaca*+*Mixteherbosa*) на обыкновенных черноземах и полосу типчаково-ковыльных степей (*Stipa* spp.+*Festuca valesiaca*) на южных черноземах и каштановых почвах. Все рассматриваемые водоемы степной зоны располагаются в одном Нижне-Донском флористическом районе, поэтому растительный покров прибрежных территорий близок и его выраженность, и структура зависят от конкретных ландшафтно-экологических условий. Зональная растительность района Цимлянского водохранилища относится к сухим степям, представленным типчаково-ковыльными (*Stipa* spp.+*Festuca valesiaca*) с участием бедного разнотравья и полынными сообществами (*Artemisia* spp.). На правобережье местами сохранились белополынно-житняковые (*Agropyron cristatum*+*Artemisia lerchiana*) степи с пятнами чернополынников (*Artemisia procera*), ромашниковых (*Tanacetum alhemilliefolium*) и прутняковых (*Kochia prostrata*) сообществ. На левобережье еще встречаются участки белополынно-ромашниковых (*Tanacetum alhemilliefolium* + *Artemisia lerchiana*) степей со значительным участием пятен чернополынных и камфоросмовых (*Camphorosma monspeliaca*) группировок.

В растительном покрове на участках побережья, располагающегося в заливах, наиболее широкое распространение в условиях длительного заливания имеют сообщества тростника южного (*Phragmites australis*) и рогоза длиннолистного (*Typha angustifolia*). В условиях кратковременного заливания (в пределах месяца в условиях абразионно-аккумулятивного типа берега на Цимлянском водохранилище преобладают сообществ тополя черного (*Populus nigra*) с вейником наземным (*Calamagrostis epigeios*).

На Краснодарском водохранилище наиболее широкое значение имеет ива белая (*Salix alba*), а тополь черный почти не встречается. В данном случае подобное явление можно объяснить тем, что ива лучше, чем тополь переносит длительное заливание. На отдельных участках выживают ивы, переживающие заливание почти 3-х метровой толщей воды в течение 4-5 месяцев. Однако габитус ив заметно улучшается при сокращении длительности заливания. Взрослые деревья образуют систему дыхательных корней, по которой можно судить о высоте паводкового затопления. В условиях ландшафтов Веселовского и Пролетарского водохранилищ древесные виды в гидроморфных условиях не встречены, что можно объяснить повышенной минерализацией вод водохранилища.

На участках открытого побережья искусственных водоемов постоянная растительность часто отсутствует, а зарастание происходит видами, семена и заростки которых поступают с прилегающего берега. На Краснодарском и Цимлянском водохранилищах преобладают проростки древесных видов, на Веселовском и Пролетарском – преимущественно однолетние галофиты.

На заливаемой территории, присутствуют сообщества с преобладанием луговых видов, устойчивых к засолению почв даже в ландшафтах Цимлянского водохранилища: пырей ползучий (*Elytrigia repens*), вейник наземный, солодка колючая (*Glycyrrhiza echinata)*, зубровка душистая (*Hierochloe odorata*). Незаливаемая территория с грунтовыми водами на глубине до 3-х метров, занята луговыми мезофильными и мезоксерофильными видами, за которыми следуют типчаково-полынные (*Artemisia* spp.+*Festuca valesiaca*) и ковыльно-типчаковые (*Festuca valesiaca*+*Stipa* spp.) сообщества зональной растительности.

Указанные зональные, региональные и локальные факторы во многом объясняют особенности экологических условий формирования флоры на побережьях каждого из водохранилищ.

Материалы и методы

В основу данной работы положены материалы собственных геоботанических исследований авторов на побережьях Цимлянского, Веселовского, Пролетарского и Краснодарского водохранилищ, полученные в 2005-2013 гг.; данные по колебанию уровней, расходов и изменению климатических параметров из фондов Управления водными ресурсами Цимлянского и других водохранилищ за ряд лет (начиная с 1985), а также обширные материалы научных публикаций по систематике и экологии видов растений. Работа по сбору данных базируется на ландшафтно-экологическом подходе: видовой состав растительных сообществ природных комплексов современных побережий исследуется на локальном уровне, в каждом виде вмещающего исходного ландшафта, в границах воздействия водохранилища на побережье и обнажающееся дно, что обеспечивает репрезентативность данных за счет максимального обследования биотопического разнообразия. Внешняя граница территории, подверженной воздействию водохранилища, определяется экспериментальным путем, во время полевых работ по положению грунтовых вод ниже 3-х метров в весенний период. Как правило, на местности она маркируется границей начала пашни.

Геоботанические исследования проводятся в составе комплексных почвенно-гидрологических работ для сбора данных, характеризующих природные комплексы побережий по специальной методике, с использованием инструментального топо-экологического профилирования и работой на трансекте вдоль профиля. Методика исследований и обработки данных описана в ряде работ (Балюк, Кутузов, 2006; Новикова, 2006; Новикова, Волкова, 2011). Она позволяет связать экспериментальные данные, полученные на каждом ключевом участке с их высотными отметками и уровнем водохранилища, объединить и анализировать пространственно-временное распределение ключевых участков и данных и связи измеряемых характеристик между собой и с уровенным режимом водохранилища.

Полученная экспериментальная информация о видовом составе растительных сообществ объединяется в базы данных, подготовленные для каждого водохранилища и включающие данные о виде по каждому геоботаническому описанию: латинское название вида, его проективное обилие, жизненность, фенофазу. Информационная база по видам сопровождается несколькими справочными: по таксономической принадлежности вида к более высоким категориям классификации (семейству, классу, отделу), биоморфологии (жизненным формам видов), экологии (принадлежность вида к группе по водному режиму, засолению, литологическому составу грунтов, нарушенности биотопов). Одновременно создается база данных о биотопе, где было сделано геоботаническое описание. Оно включает экспериментальную информацию, включающую совокупное описание растительного сообщества: абсолютную высотную отметку участка, значение общего проективного покрытия, количество встреченных видов, характеристику напочвенного покрова, количество ярусов, тип антропогенного воздействия и степень нарушенности. Одновременно создаются базы данных с экспериментальной информацией о поверхностных и подземных водах. Информационные базы связаны между собой через точки наблюдений – в данном случае это индекс водохранилища, номер стационарного профиля и стационарного ключевого участка. Для получения репрезентативных данных необходимы повторные наблюдения на каждом ключевом участке и трансекте не менее, чем за три года.

В качестве показателей для научного анализа и оценки полученных экспериментальных данных о богатстве и разнообразии флоры побережий нами были использованы: таксономическая структура (количество видов в фитоценонах разных уровней иерархии); биоморфологическая структура (представленность во флоре видов разных жизненных форм); экологическая структура (отношение видов к условиям водного режима, засоления и нарушения растительного покрова биотопов), эколого-

фитоценотическая структура, при рассмотрении которой принимаются во внимание фитоценотип каждого вида. Эта информация была получена с помощью экспертной оценки, при рассмотрении региональных флор и шкал. Обработка данных производилась с помощью статистических расчетов в Excel и программы ЭКОЛ.

Результаты и обсуждение

Таксономическая структура флоры побережий констатирует наличие 253 видов сосудистых растений, которые относятся к двум отделам: Equisetophyta и Magnoliophyta, трем классам: Equisetopsida, Liliopsida, Magnoliopsida, 57 семействам и 173 родам (табл. 2).

Таблица 2. Таксономическая структура флоры побережий водохранилищ. **Table 2.** Structure of the taxons of flora at the coasts of reservoirs.

Характе-ристика	Общая	Водохранилище			
		Краснодарское	Цимлянское	Веселовское	Пролетарское
Общее кол-во видов	253	76	147	109	103
Общее кол-во семейств	57	36	39	30	27
Пять ведущих семейств	Asteraceae (46), Poaceae (32), Fabaceae (22), Lamiaceae (13), Chenopodiaceae (18)	Poaceae (14)*, Asteraceae (10), Cyperaceae (5), Rosaceae (5), Fabaceae (4)	Asteraceae (32), Poaceae (16), Fabaceae (15), Chenopodiaceae (8), Lamiaceae (6)	Asteraceae (29), Poaceae (14), Fabaceae (10), Chenopodiaceae (8), Lamiaceae (5)	Asteraceae (21), Poaceae (16), Fabaceae (15), Chenopodiaceae (8), Apiaceae (4)
Кол-во видов в пяти ведущих семействах	131/52*	38/50	77/52	66/61	64/62
Кол-во видов в десяти ведущих семействах	171/68	50/66	104/71	85/78	78/76
Кол-во одновидовых семейств	30/53	22/65	19/0.7	16/15	9/9
Кол-во родов	173	70	105	83	86
Ведущие роды	Artemisia (8), Plantago (7), Polygonum (6), Galium (5), Chenopodium (5)	Agrostis (2), Crypsis (2), Equisetum (2), Polygonum (2), Salix (2)	Artemisia (7), Galium (5), Chenopodium (4), Plantago (4), Polygonum (3)	Artemisia (7), Atriplex (3), Plantago (3), Polygonum (3), Verbascum (3)	Artemisia (3), Lathyrus (3), Medicago (3), Limonium (2) Melilotus (2)
Кол-во видов в пяти ведущих родах	29/17	10/14	23/22	19/23	13/15
Кол-во видов в десяти ведущих родах	50/29	16/23	38/36	29/35	23/27
Кол-во одновидовых родов	127	64	81	66	72

Примечание к таблице 2: * здесь и далее в таблицах в числителе – количество видов, в знаменателе процент от общей суммы видов (%). **Note to table 2**: *in the numerator – number of species of this group, in the denominator the percentage of the total amount of species (%).

В списке ведущих семейств более высокий ранг по представленности имеют 10 семейств: Asteraceae – 46 видов (18,2 % от всего списка), Poaceae – 32 (12,6%); Fabaceae – 22 (8,7%); Chenopodiaceae 18 (7,1%); Lamiaceae – 13(5,1%). Эти пять семейств включают 131 вид или 51,8 % от общего числа видов. Повышенное число видов в этих семействах во флоре побережий водоемов объясняется высокой экологической толерантностью и адаптационным потенциалом входящих видов. Тридцать семейств насчитывают по одному виду.

Рассматриваемая флора имеет общие черты с флорами дельт рек степной зоны (Волги, Дона) и зональной флорой, на что указывает преобладание видов из семейств Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Lamiaceae. Эти семейства являются типичными для Древнего Средиземноморья. На первое место, как правило, во всех флорах выходит семейство Asteraceae. Особенностью, рассматриваемой флоры побережий искусственных водоемов является видовое богатство семейства Chenopodiaceae, что объясняется засолением почв и общей ксерофитизацией флор в результате антропогенного воздействия.

В родовом спектре флоры побережий водохранилищ отмечается численное преобладание родов Artemisia – 8 видов, Polygonum – 6, Potentilla, Chenopodium; Galium, Plantago – по 5 видов; Atriplex, Medicago, Latyrus, Rumex – по 4 вида. Это роды, характерные для аридной флоры, а высокую видовую их представленность на побережьях можно объяснить сочетанием двух факторов – повышенного увлажнения и засоления.

Сходство видового состава растительности побережий водоемов между собой, рассчитанное по формуле П. Жаккара (по Быков, 1983), оказалось невысоким (рис. 2). Полученный результат можно объяснить природными условиями, в которых располагаются водохранилища. Наибольшее сходство выявилось в видовом составе растительности побережий Веселовского и Пролетарского водохранилищ, что можно объяснить сходством их водного режима и расположением в подзоне опустыненных степей. Вода водоемов и грунтовые воды имеют повышенную минерализацию, а почвы засолены. Сходство видового состава растений побережий Цимлянского, Веселовского и Пролетарского водохранилищ несколько больше, чем Цимлянского и Краснодарского. Краснодарское водохранилище располагается в северной подзоне степной зоны, его вода, грунтовые воды, почвы не засолены, т.е. природные условия несколько отличаются от условий Цимлянского и более контрастные с Веселовским и Пролетарским водохранилищами. Поэтому сходство между последними самое низкое (около 20%).

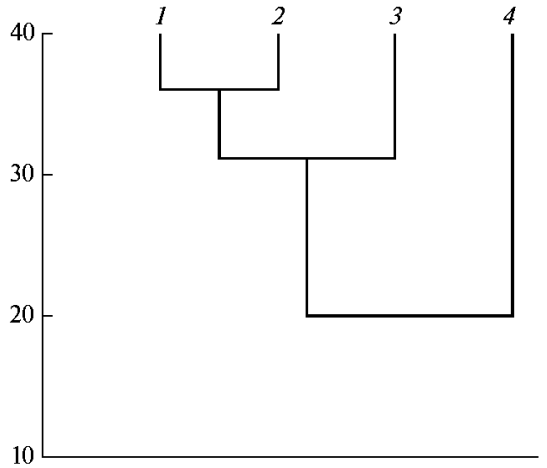


Рис. 2. Дендрограмма сходства видового состава растительности побережий водохранилищ. *Условные обозначения водохранилищ*: 1 – Веселовское, 2 – Пролетарское; 3 – Цимлянское; 4 – Краснодарское. **Fig. 2.** A dendrogram of similarity in species composition of the vegetation of the coasts of reservoirs. The reservoirs: 1 – Veselovskoe, 2 – Proletarskoe; 3 – Tsimlyanskoe; 4 – Krasnodarskoe.

Биоморфологическая структура флоры. В биоморфологическом спектре рассматриваемой флоры преобладают травянистые многолетники (136 видов, табл. 3), количество древесных и кустарниковых видов относительно невелико (10 и 5 видов соответственно). Представленность видов разных жизненных форм на побережье водохранилищ также отражает сочетание зональных и биотопических условий побережий искусственных водоемов: количество древесных видов сокращается к югу, а кустарники в зоне влияния на Веселовском и Пролетарском водохранилищах не отмечены, а на Краснодарском водохранилище отсутствуют полукустарнички, характерные для прочих водохранилищ (табл. 3). Среди многолетних трав существенная доля принадлежит корневищным и стержнекорневым видам, что свойственно растениям луговых ценозов. Однолетние виды, как правило, представлены

сорными растениями. Их большее разнообразие отмечено на Цимлянском и Веселовском водохранилищах и свидетельствуют о синантропизации.

Экологическая структура флоры. Экологические типы видов растений, в первую очередь, рассмотрены по отношению к увлажнению, являющемуся основным дифференцирующим фактором (табл. 4) на побережьях субаридного региона. Доминирующие мезофитная (189 видов) и ксерофитная (34) группы отражают зональные особенности флоры побережий искусственных водоемов. Гигрофиты представлены небольшим числом видов (22), гелофитов соответственно меньше 5 видов (%). Галофиты – характерная экологическая группа растений для аридных районов. Близкое залегание к поверхности грунтовых вод на побережьях и засоление почв определяют их присутствие в заметном количестве. В большинстве своем это – представители семейства Chenopodiaceae. Соответственно, их меньше всего на Краснодарском водохранилище (4 вида) и более всего (14) – на Пролетарском.

Таблица 3. Биоморфологическая структура флоры побережий водоемов. **Table 3.** Biomorphological structure of the flora of the coasts of reservoirs.

Характеристика	Общая	Водохранилище, кол-во видов, % от общего числа			
		Краснодарское	Цимлянское	Веселовское	Пролетарское
Древесные виды	10/4	6/8	8/5	4/4	1/1
Кустарники	6/29	5/7	4/3	Нет	Нет
Полукустарнички	7/328	нет	3/2	3/3	6/6
Многолетние травянистые	136/54	45/59	77/52	58/53	66/64
Двулетние	23/9	3/.4	9/6	13/12	12/12
Однолетние	70/28	16/21	46/31	31/28	18/17
Лианы	1/0	1/1	нет	нет	нет

Таблица 4. Экологическая структура флоры побережий водоемов. **Table 4**. Ecological structure of flora of the coasts of the reservoirs.

Характеристика	Общая	Водохранилище			
		Краснодарское	Цимлянское	Веселовское	Пролетарское
Гелофиты	5/2	3./4	0	2/2	0
Гигрофиты	25/10	20/26	9/6	3/3	4/4
Мезофиты	189/75	49/64	120/82	89/82	76/74
Ксерофиты	34/13	4/5	18/12	15/14	23/22
Галофиты	22/9	4/5	11/7	9/8	14/14

Эколого-фитоценотическая структура отражает формирование и развитие флоры в связи с ландшафтно-экологической структурой побережий. Анализ эколого-фитоцентотических особенностей флоры позволяет выделить шесть фитоценогрупп: степную, лесную, луговую, сорную, прибрежную и водную.

Степная фитоценогруппа представлена 113 (45%) видами и содержит 4 фитоценоэлемета, среди которых собственно степной, и три переходных – лесо-степной, лугово-степной и пустынно-степной. Степной фитоценоэлемент представлен 46 (18%) видами и занимает доминирующее положение. Наиболее часто среди видов, относящихся к этому фитоценоэлементу встречаются *Salvia natans* L., *Galatella villosa* (L.) Reischenb. Лугово-степной фитоценоэлемент представлен 41 (16%) видом и занимает содоминирующее положение. Наиболее часто среди видов, относящихся к этому фитоценоэлементу встречаются *Bromopsis inermis* (Leyss) Holub., *Poa angustifolia* L., *Phleum phleoides* (L.) *Karst. Лесная фитоценогруппа* малочисленна и представлена одним ценоэлементом, в который входят древесные и многолетние травянистые виды, такие, как *Melica nutans* L., *Rubus caesius* L., *Verbascum thapsus* L. *Луговая фитоценогруппа* по числу составляющих ее видов вполовину меньше степной (табл. 5). Она представлена 52 видами (21%). *Сорная фитоценотическая группа* представлена относительно небольшим числом – 37 (15%) видов. Она имеет два фитоценоэлемента:

Таблица 5. Эколого-фитоценотическая струкутра флоры побережий водоемов. **Table 5.** Ecological-phytocoenotic strucutre of the flora of the coasts of the reservoirs.

Фитоценогруппы	Общая	Водохранилище, число видов и % от суммы видов			
		Краснодарское	Цимлянское	Веселовское	Пролетарское
Степная	113/45*	21/28	60/41	55/50	60/58
Лесная	8/3	4/5	4/3	4/4	2/2
Луговая	52/21	15/20	34/23	19/17	16/16
Сорная	37/15	7/9	26/18	21/19	14/16
Прибрежная	40/16	27/36	23/16	9/8	11/11
Водная	3/1	2/3	0	1/	0

Примечание к таблице 5: * в числителе – количество видов, в знаменателе их доля в процентах от общего числа видов. **Note to table 5**: * in the numerator – the number of species in the denominator, their share as a percentage of total number of species.

сорный и сорно-рудеральный. Растения этой группы заселяют нарушенные участки, с образованием однодоминантных сообществ. Но возможен и другой вариант: в годы с отклонением условий водного режима от среднемноголетних они могут заселяться и в ненарушенное растительное сообщество с умеренной нагрузкой, и аспектировать там в течение года или двух. Среди этих видов наиболее характерны *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Xanthium strumarium* L., а также адвентивные виды, такие как *Lactuca serriola* L., *Hordeum vulgare* L., *Acroptilon repens* (L.) DC. Сюда мы относим, согласно определению, данному в монографии А.Я. Григорьевской с соавторами (2004, стр. 26), «… гетерогенную по происхождению и гетерохронную по времени проникновения группу видов в составе региональной флоры, которая формируется в результате трансконтинентальных, трансзональных и межзональных миграций, осуществляющихся благодаря прямому или косвенному воздействию человека». Большую опасность представляют аллергенные растения – адвенты. Среди них наиболее часто встречается *Ambrosia artemisiifolia* L. Эти виды расселяются с помощью воды по побережьям водоемов, а на освобождающихся после сработки водохранилища участках суши, лишенных растительности могут образовывать практически одновидовые заросли на десятках и сотнях квадратных километров, как это отмечается на южном побережье Краснодарского водохранилища. В списке флоры числится 16 (6%) адвентивных растений.

Повышенный процент адвентизации флоры побережий водохранилищ указывает на ее молодой возраст, продолжающийся процесс ее формирования и сильную деградацию биотопов. Прибрежная и водная фитоценогруппы играют важную роль в сложении растительного покрова прибрежной и водной полосы водоемов. Наиболее часто встречаются: *Agrostis stolonifera* L., *A. tenuis* Sibth., *Phalaroides arundinaceae* (L.) Raush., *Trifolium pretense* L. и многие другие.

Выводы

Современная флора побережий Краснодарского, Цимлянского, Веселовского и Пролетарского водохранилищ, находящаяся в зоне их прямого (заливания) и косвенного (подтопление) влияния, включает 253 вида. Наиболее многочисленными являются семейства Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Chenopodiaceae, Lamiaceae, включающие 131 вид или 67.6% флористического списка. Пять ведущих родов *Artemisia, Plantago, Polygonum, Galium, Chenopodium* включают 29 видов или 17% флористического списка.

Исходя из представленности лидирующих семейств, рассматриваемая флора побережий водохранилищ имеет общие черты с флорами дельт рек степной зоны (Волги, Дона, Кубани) и зональной флорой. Эти семейства являются типичными для Древнего Средиземноморья. На первое место, как правило, во всех флорах (и на каждом рассмотренном водохранилище в т.ч.) выходит семейство Asteraceae. Особенностью, рассматриваемой флоры побережий искусственных водоемов является высокое видовое богатство семейства Chenopodiaceae, что связано с засолением поверхностных и подземных вод, почв и общей ксерофитизацией флор на юге степной области, усиливающейся в результате антропогенного воздействия.

Сходство видового состава растительности водохранилищ между собой довольно низкое и изменяется от 20 до 40%. Наиболее близки по флоре друг другу Веселовское и Пролетарское водохранилища. Флора побережий Краснодарского водохранилища наиболее сильно отличается от других.

В биоморфологической структуре флоры преобладают многолетние травянистые растения (136 видов), древесных видов мало (10 видов), они вместе с кустарниками (5 видов) приурочены к побережьям Краснодарского и Цимлянского водохранилищ. Второе место по численности занимают однолетники (70 видов). Это преимущественно виды сорной экологии.

В экологической структуре преобладают мезофильные виды (189). Численность ксерофильных видов невелика – 34 вида. Галофильных видов – 22, и их наибольшее количество отмечено на Пролетарском и Цимлянском водохранилищах.

Эколого-фитоценотическая структура флоры представлена шестью фитоценогруппами. Наибольшее число видов относится к с*тепной фитоценогруппе,* представленной 113 (45%) видами и включающей 4 фитоценоэлемета, среди которых собственно степной, и три переходных – лесо-степной, лугово-степной и пустынно-степной. Степной фитоценоэлемент представлен 46 (18%) видами и занимает доминирующее положение. Наиболее часто среди видов, относящихся к этому фитоценоэлементу встречаются *Salvia natans* L., *Galatella villosa* (L.) Reischenb.

Большую опасность представляют аллергенные растения – адвенты. Среди них наиболее часто встречается *Ambrosia artemisiifolia* L. Эти виды расселяются с помощью воды по побережьям водоемов, а затем быстро расселяются далее.

Несмотря на большую гетерогенность флоры побережий, она по своей структуре в главных чертах близка зональной, но несет черты большей гидро- и галофильности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авакян А.Б. Шарапов В.А. 1977. Водохранилища гидроэлектростанций СССР. М.: Энергия. 399 с.

*Быков Б.*А. 1983. Экологический словарь. Алма-Ата: Наука. 216 с.

Балюк Т.В., Кутузов А.В. 2006. Методы выявления состава и структуры экотонной системы «вода-суша» на побережье Цимлянского водохранилища // Аридные экосистемы. 2006. Т. 12. № 30-31. С. 68-78.

*Григорьевская А.*Я., Стародубцева Е.А., Хлызова Н.Ю., Агафонов В.А. 2004. Адвентивная флора Воронежской области. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. Университета. 320 с.

Лавренко Е.М. 2000. Избранные труды. СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета. 672 с.

Новикова Н.М. 2006. Достижения и задачи в изучении экотонных систем «вода-суша» // Аридные экосистемы. Т. 12. № 30-31. С. 12-19.

Новикова Н.М., Волкова Н.А. 2011. Методика сбора и анализа натурных данных для выделения границ и комплексной характеристики структурно-функциональных блоков экотона // Экотонные системы «вода-суша»: методика исследований, структурно-функциональная организация и динамика. С. 16-33.

Новикова Н.М., Калюжная И.Ю., Калюжная Н.С., Сохина Э.Н., Зубов И.А. 2012. Выявление и картографирование экологических конфликтов на примере Цимлянского водохранилища // Аридные экосистемы. Т. 18. № 3. С. 31-43.

Новикова Н.М., Назаренко О.Г. 2007. Современный гидроморфизм: процессы, формы, проявления, признаки // Аридные экосистемы. Т. 13. № 33-34. С. 70-82.

Новикова Н.М., Назаренко О.Г. 2013. Природные комплексы побережий искусственных водоемов на юге европейской части России // Аридные экосистемы. Т. 19. № 3. С. 35-62.

Новикова Н.М., Волкова Н.А., Назаренко О.Г. 2014. Функционирование экотонных систем побережья Цимлянского водохранилища // Аридные экосистемы. Т. 20. № 4(61). С. 24-35.

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

Новикова Н.М., Уланова С.С. 2012. Искусственные водоемы Калмыкии: режим, использование, природоохранное значение // Изменение природной среды России в XX веке. М.: Молнет. С. 288-306.

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

STRUCTURE OF THE FLORA OF THE COASTS AT THE AREA OF INFLUENCED BY THE RESERVOIRS ON THE SOUTH OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

© 2016. N.M. Novikova, N.A. Volkova

Institute of Water Problems Russian Academy of Sciences
Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3. E-mail: nmnovikova@gmail.com

The structure of taxa, biomorphology, ecology and ecological–cenotics groups present in the structure of coastal flora of Krasnodar, Tsymlyansk, Veselovsky, and Proletarsky reservoirs located in the southern European part of Russia are characterized. Field data were obtained during the field work of the authors in 2004–2013, and a botanical database was formed on this basis. In light of the location of the investigated artificial lakes in different subzones of the steppe zone, the characteristics of the coastal flora can be considered ecological–geographical (zonal–regional).
Keywords: Russia, the South of the European part, the reservoir, impact, ecological factors, flora, coast, steppe region, taxa, biomorphological, ecological, phytocoenological structure, richness and diversity.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2016, том 22, № 4 (69), с. 64-72

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 599.742.7: 616.097.

ХАРАКТЕР ВСТРЕЧАЕМОСТИ ВИРУСА ГРИППА А, *COXIELLA BURNETII, TOXOPLASMA GONDII* И *TRICHINELLA* SP. У МАНУЛА, ДОМАШНЕЙ КОШКИ И ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЖЕРТВ В УСЛОВИЯХ АРИДНОГО КЛИМАТА [1]

© 2016 г. Е.В. Павлова*, Е.В. Кирилюк, С.В. Найденко***

**Институт проблем эволюции и экологии имени А.Н. Северцова*
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский пр., д. 33. E-mail: snaidenko@mail.ru
***Государственный природный биосферный заповедник «Даурский»*
Россия, 674480, Забайкальский край, Ононский район, Нижний Цасучей, ул. Комсомольская, д. 76.

Поступила 03.11.2015

Исследована встречаемость серопозитивных реакций к четырем патогенам у двух видов кошек (манул (*Otocolobus manul*) и домашняя кошка (*Felis catus*)) и 6 видов их потенциальных жертв. Сыворотка крови была проанализирована на присутствие антител к патогенам методом иммуноферментного анализа. У манулов встречаемость вируса гриппа А была максимальной среди протестированных патогенов (22%, n=18). При этом среди домашних кошек позитивных животных обнаружено не было. Антитела к *Coxiella burnetii* мы отмечали только у домашних кошек (3.6%, n=55). Антитела к *Toxoplasma gondii* были обнаружены и у диких, и у домашних животных – домашние кошки (14.7%, n=61), манулы (9.1%, n=18) и их жертвы (3.7%, n=273). Встречаемость *Trichinella* sp. была сравнительно низкой у домашних кошек (1.6%, n=61), среди жертв антитела к паразиту были обнаружены только у одного вида - забайкальского хомячка (*Cricetulus pseudogriseus*) (10.9%, n=119).

Ключевые слова: инфекционные агенты, серопозитивность, манул, домашние кошки, грызуны, даурская пищуха, дикие популяции.

Большинство природных популяций кошачьих сокращают свою численность в первую очередь под влиянием антропогенных факторов (фрагментация, сокращение площадей, увеличение нагрузки на использование оставшихся территорий хищниками и их жертвами и др.). В этих условиях гибель даже нескольких особей от патогенов может приводить к практически полному вымиранию популяции (Roelke-Parker et al., 1996). В связи с этим, одним из приоритетных направлений в области сохранения редких видов кошек является оценка встречаемости различных патогенов и выявление их источников в природе. К настоящему моменту встречаемость отдельных патогенов изучена у некоторых видов кошек в природе (Pozio, 2000; Penzhorn et el., 2002; Kikuchi et al., 2004; Garcıra-Bocanegra et al., 2010), но в большинстве случаев отсутствует информация о возможных источниках данных патогенов для кошачьих в природе. В последнее время особый интерес представляют не только резервуары патогенов в дикой природе, но и домашние животные, которые могут являться источниками неизвестных для местной фауны патогенов, и, тем самым, вызывать массовую гибель диких животных (Roelke-Parker et al., 1996).

Манул (*Otocolobus manul*) – редкий и малоизученный представитель семейства кошачьих, включенный в Красные книги России и МСОП. Численность манула в пределах РФ оценивается в 4500 особей, тогда как в 40-50-е годы XX века она составляла 25 тысяч только в пределах Забайкальского края. Этот вид характеризуется слабой выживаемостью в неволе предположительно из-за высокой восприимчивости к различным патогенам (Basso et al. 2005), особенно *Toxoplasma gondii* (Basso et al., 2005). Однако существует немного информации о встречаемости патогенов у манулов и их резервуарах в природе. В предыдущих исследованиях для диких манулов были получены доказательства их контакта с *Toxoplasma gondii, Mycoplasma* sp., вирусами гриппа А, иммунодефицита кошачьих, лейкемии кошачьих (Brown et al., 2005; Naidenko et al., 2014; Pavlova et

[1] Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 14-04-01119 и 15-34-20526

al., 2015) в природе. В Монголии была сделана попытка выявить источники *Toxoplasma gondii* для диких манулов. В качестве потенциальных резервуаров были рассмотрены свободноживущие домашние кошки (n=15) и жертвы (n=45), которые являются соответственно основными и промежуточными хозяевами паразита. Все животные показали отсутствие антител к *Toxoplasma gondii* (Brown et al., 2005). Однако крайне небольшая выборка оставляет вопрос о роли домашних кошек и жертв как источников данного паразита и других патогенов для манулов в природе открытым.

В настоящем исследовании нашей целью было выявить встречаемость патогенов в популяциях жертв и основных конкурентов манула в Даурской степи и оценить возможные пути проникновения патогенов в популяции диких манулов. В качестве потенциальных источников патогенов среди домашних животных мы рассматривали домашнюю кошку, которая является традиционным питомцем у местных жителей, в отличие от монголов. Почти в каждом доме в деревне и на животноводческих стоянках, расположенных в буферной зоне Даурского заповедника (место проведения исследования), содержатся домашние кошки, ведущие свободный образ жизни и использующие те же участки обитания, что и дикие манулы, что повышает вероятность межвидовых прямых и непрямых (через экскреты) контактов. Среди возможных резервуаров патогенов в дикой природе мы также рассмотрели потенциальных жертв манула. В Даурском заповеднике – это даурская пищуха (*Ochotona daurica*), колониальные грызуны (полевка Брандта (*Lasiopodomys brandti*), монгольская песчанка *(Meriones unguiculatus)*), а также даурский суслик *(Spermophilus dauricus)* и одиночные виды грызунов, такие как забайкальский хомячок (*Cricetulus pseudogriseus)* и хомячок Кэмпбелла *(Phodopus campbelli;* Кирилюк, 1999; Ross et al., 2010). Среди патогенов мы выбрали четыре (вирус гриппа А, *Coxiella burnetii, Toxoplasma gondii*, *Trichinella* sp.) не только опасных для манула и других кошачьих (Brown et al., 2005; Reperant et al., 2009), но переносимых широким кругом переносчиков. Антитела к двум из 4-х исследуемых патогенов (вирус гриппа А и *Toxoplasma gondii*) уже были обнаружены у диких манулов в Даурском заповеднике (Naidenko et al., 2014).

Естественным резервуаром вируса гриппа А являются разные виды домашних и диких птиц (Thiry et al., 2007; Reperant et al., 2009). Вирус устойчив в окружающей среде и легко распространяется практически любыми путями (воздушно-капельным, через контакты с выделениями животных (слюна, моча, экскременты); при поедании инфицированных животных) среди разных видов млекопитающих, в том числе и кошек (Kuiken et al., 2006). Высоко патогенной формой для домашних кошек и ряда видов диких (тигр, леопард) является вирус гриппа А (H5N1; (Reperant et al., 2009). Описаны случаи массовой гибели животных от этого патогена. Ку-лихорадка, инфекция, вызываемая бактерией *Coxiella burnetii*, способна инфицировать широкий спектр видов млекопитающих и птиц, но традиционными резервуарами считаются домашний скот, овцы и козы, а также домашние свиньи, собаки и кошки (Marrie, 1995). Ранее *Coxiella burnetii* была выделена и у некоторых диких грызунов. Споры *Coxiella burnetii* крайне устойчивы и способны выживать длительное время в суровых условиях (более 1 месяца на холоде; (Marrie, 1995). У бродячих домашних кошек, которые чаще домашних питомцев инфицируются бактерией, болезнь протекает бессимптомно (Komiya et al., 2003). *Toxoplasma gondii* рассматривается как один из самых успешных паразитов на земле, поражая всех теплокровных животных. Представители семейства кошачьих являются его основным хозяином. В подходящих условиях (температура выше –6º С) ооцисты *Toxoplasma gondii* более года остаются способными инфицировать промежуточных и основных хозяев (Lindsay et al., 2002). Токсоплазмоз является одной из причин абортов, рождения нежизнеспособного молодняка, поражения центральной нервной, лимфатической и эндокринных систем животных. Для отдельных видов кошачьих (барханная кошка (*Felis margarita*) и манул), описана высокая смертность молодых животных в неволе от этого паразита (Basso et al., 2005). Нематоды рода *Trichinella* sp. – один из самых распространенных паразитов в мире (Pozio, 2000). Естественный цикл распространения патогена в дикой природе происходит через поедание животных хищниками или трупов падальщиками (Campbell, 1988). Распространению трихинелл способствует способность личинок сохранять жизнеспособность в экстремальных условиях (Pozio, 2000). Наиболее обычными резервуарами этого паразита в природе являются крупные и средние хищники: медведи, собачьи, куньи, кошачьи (Найденко и др., 2012) и дикие кабаны. Среди домашних животных

наиболее распространенный резервуар *Trichinella* sp. – домашние свиньи (Скрябин, Петров, 1964; Morsy et al., 2000). Некоторые виды грызунов также могут быть вовлечены в цикл распространения паразита.

Для достижения поставленной цели мы проанализировали серопозитивность к четырем патогенам в исследуемом районе свободноживущих домашних кошек, манулов и их жертв, между которыми возможна циркуляция патогенов в Даурском заповеднике. Мы предполагаем, что спектр патогенов, с которым контактируют манулы, будет сходным со спектром у видов, от которых происходит проникновение инфекционных агентов в популяции диких кошек.

Материалы и методы

Место исследования. Работу проводили в пределах охранной зоны Даурского заповедника, расположенного на юге Забайкальского края у государственной границы России с Монголией и Китаем. Общая площадь обследованной территории составила 425 км^2. В рамках данной территории располагаются типичные местообитания манула – сухие степи со скальными выходами, с относительно невысокой травой, без прямостоячих деревьев. Регион исследования относится к одному из самых засушливых и холодных районов центрально-азиатского степного пояса. Отличительной чертой местного климата является резкие и сильные перепады в температурном режиме (годовой перепад температур может превышать 90°С). В пределах исследованной территории находятся многочисленные колонии основных жертв манула (полевок, монгольской песчанки, даурской пищухи, даурского суслика, тарбагана (*Marmota sibirica*)), а также обитают различные виды хомячков, которых манул также поедает (Кирилюк, 1999). Кроме этого, на исследованной территории находятся 23 животноводческие стоянки и 1 деревня (Кулусутай; 50.23º с.ш., 115.68º в.д.), где обитают домашние кошки, свободно передвигающиеся по степи.

Сбор образцов. Детально методы отлова, сбора образцов крови и состав выборки отловленных диких манулов (n=24) и домашних кошек (n=61) описаны ранее (Naidenko et al. 2014; Pavlova et al. 2015). Отлов жертв манула проводили в 2013-2014 г.г. (конец июля-август). При отлове колониальных грызунов (полевки Брандта и монгольская песчанка) использовали конусы и ловушки Шермана, которые расставляли на колониях. Остальных животных (в основном хомячков и песчанок) отлавливали живоловками (12х7х7 см), расставленными линиями по 25 штук через каждые 10 м. Даурский суслик и пищуха были отловлены в деревянные ловушки, которые закапывали в норы на колониях пищух. Все ловушки проверяли 2 раза в сутки (утром и вечером). Кровь (0.02-0.5 мл) собирали на месте, у мелких грызунов из подъязычной вены с помощью гепаринизированых каппиляров, у сусликов и пищух из среднего пальца задней лапы после отрезания ногтя. У всех зверьков определяли пол и возраст (ad/sad, основываясь на размерах тела и состоянии репродуктивной системы). После забора крови животных выпускали в природу в месте отлова. Информация о демографической структуре отловленных потенциальных жертв приведена в таблице 1. Кровь собирали в пробирки Эппендорфа (SSI, США) объемом 1.5 мл. До момента получения сыворотки (в рамках часа) образцы крови хранились при температуре +4º С, чтобы минимизировать гемолиз клеток крови. После центрифугирования в течение 20 минут при 6000 об/мин была отобрана сыворотка крови, заморожена и сохранена при температуре –18º С до момента проведения серологического анализа.

Серологический анализ. Анализ был проведен в Институте проблем экологии и эволюции животных им. А.Н. Северцова РАН. Сыворотка крови была проанализирована на присутствие антител (IgG) к четырем патогенам – *Toxoplasma gondii*, вирус гриппа А, *Trichinella* sp. и *Coxiella burnetii,* встречающихся у всех исследуемых группах млекопитающих (Pozio, 2000; Thiry et al., 2007; Reperant et al., 2009; Gilot-Fromont et al., 2012). Из-за ограниченного в некоторых случаях количества сыворотки в части образцов было оценено присутствие антител не к каждому тестируемому патогену. Оценка присутствия антител к исследуемым патогенам была проведена методом иммуноферментного анализа (EIA) с использованием планшетного спектрофотометра Multiscan-EX (Thermo Fisher Scientific, США). Анализ на антитела к *Toxoplasma gondii* проведен с использованием наборов компаний Хема-Медика (Россия, Москва) и Вектор-Бест (Россия, Новосибирск) без количественной оценки титра (методом «cut off»). Этим же методом оценена серопозитивность к вирусу гриппа А (Нарвак, Россия), *Trichinella* sp., *Coxiella burnetii* (IDVet, Франция).

Таблица 1. Демографическая структура группировок хомячков забайкальских (n=124) и Кемпбэлла (n=8), полевки Брандта (n=70), монгольской песчанки (n=37), даурской пищухи (n=24) и даурского суслика (n=25), пойманных в охранной зоне Даурского заповедника **Table 1.** Demographic structure of populations of transbaical hamster (n=124), Campbell hamster (n=8)), Brandt's vole (n=70), Mongolian gerbil (n=37), Daurian pika (n=24) and Daurian souslik (n=25)), captured in buffer zone of Daurian reserve.

Виды	Год отлова	Возраст (ad:sad)[a]	Пол (♀:♂)
Хомяки	2013 (август)	34:55	54:35
Полевка Брандта	2013 (август)	11:32	27:16
Монгольская песчанка	2013 (август)	10:6	7:9
Даурская пищуха	2013 (август, ноябрь)	3:0	2:1
Хомяки	2014 (июль-август)	26:32	29:29
Полевка Брандта	2014 (июль-август)	17:10	18:9
Монгольская песчанка	2014 (июль-август)	5:15	15:5
Даурская пищуха	2014 (июль-август)	15:3	16:5
Даурский суслик	2014 (июль-август)	1:24	12:13

Статистическая обработка данных. Видовые различия во встречаемости патогенов у двух видов кошек мы оценивали при помощи непараметрического Фишер теста (two-tailed Fisher exact test), половые, используя критерий Пирсона χ^2 (Pearson Chi-square). При оценке влияния факторов «вид», «пол» и «возраст» у потенциальных жертв мы использовали линейную модель (GLZ; McCullagh, Nelder, 1989) для биноминального распределения с логистической функцией (отдельная модель для каждого патогена). Уровень достоверности 95% и $p < 0.05$ рассматривали как статистически значимый. Статистический анализ был проведен, используя программы Microsoft Excel (Microsoft, USA) и Statistica 8.0 (StatSoft, USA).

Результаты и обсуждение

Серопозитивность к патогенам у манулов и домашних кошек. Результаты анализа серопозитивности к патогенам домашних кошек и манулов, обитающих в охранной зоне в Даурского заповедника, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Встречаемость серопозитивных реакций (в % от числа протестированных) для четырех патогенов у домашних кошек и манулов. **Table 2.** Occurrence of serum positive reactions (in % of tested samples) for four pathogens in domestic cats and Pallas' cats.

Вид	*Toxoplasma gondii*	Вирус гриппа А	*Trichinella* sp.	*Coxiella burnetii*
Домашняя кошка				
Самки / Самцы	24 (4.2)[a] / 37 (21.6)	24 (0.0) /36 (0.0)	24 (0.0) / 37 (2.7)	22 (0.0) / 33 (6.1)
Всего	61 (14.7)	60 (0.0)	61 (1.6)	55 (3.6)
Манул				
Самки / Самцы	12 (8.3) / 10 (10.0)	10 (30.0) / 8 (12.5)	10 (0.0) / 9 (0.0)	10 (0.0) / 9 (0.0)
Всего	22 (9.1)	18 (22.2)	19 (0.0)	19 (0.0)

Примечания к таблице 2: [a] – число проанализированных проб, доля (в %) серопозитивных животных. **Note to table 2:** [a] – number of analyzed samples, percentage (in %) of serum positive animals.

Мы обнаружили антитела ко всем четырем тестируемым патогенам у двух видов кошек в исследуемом районе. Антитела к *Trichinella* sp. и *Coxiella burnetii* были выявлены только у домашних кошек и не были обнаружены у манулов. Общий процент позитивных реакций для обоих патогенов был низким: *Trichinella* sp. – 1.6%; *Coxiella burnetii* – 3.6%, позитивные животные были отмечены только среди самцов. Напротив, антитела к вирусу грипп А были обнаружены только у манулов. Общий процент позитивных реакций составил 22.2% (3 самца и 1 самка из 18 имели антитела к этому

патогену). В отличие от первых двух патогенов (Fisher exact test: p=1.00), видовые различия во встречаемости вируса грипп А были достоверны (Fisher exact test: p=0.002). Антитела к *Toxoplasma gondii* были обнаружены у обоих видов кошек. Среди домашних кошек было 9 позитивных особей (14.7%); среди манулов – 2 (9.1%). При этом видовые различия во встречаемости патогена были не достоверны (Fisher exact test: p=0.72). Доля серопозитивных домашних кошек к *Toxoplasma gondii* существенно не отличалась на животноводческих стоянках и в деревне Кулусутай, составив соответственно 14.3% (n=28) и 15.2% (n=33).

Серопозитивность потенциальных жертв к различным патогенам. Результаты серопозитивности потенциальных жертв к различным патогенам приведены в таблице 3. Мы обнаружили антитела к трем из четырех тестируемых патогенов (вирус гриппа А, *Toxoplasma gondii, Trichinella* sp.). Самым распространенным среди жертв патогеном был вирус гриппа А (65.4%, n=136). Антитела к данному вирусу были отмечены у всех видов и наибольший процент мы отмечали у даурского суслика (91.3%, n=23), наименьший – у даурской пищухи (6.3%, n=16). Видовые различия по данному патогену были достоверны (GLZ: χ^2=18.0, p=0.001). Наименьший общий процент серопозитивных реакций мы отмечали для *Toxoplasma gondii* (3.7%, n=273). Только у двух видов, даурской пищухи (12.5%, n=16) и забайкальского хомячка (5.9%, n=136), были обнаружены антитела к этому паразиту и достоверных видовых различий мы не отмечали (GLZ: χ^2=0.98, p=0.91). Общая встречаемость *Trichinella* sp. была незначительно выше, чем *Toxoplasma gondii,* и составила 5.2% (n=251). Однако антитела к данному патогену были обнаружены только у одного вида – забайкальского хомячка (10.9%, n=119). Серопозитивных животных к *Coxiella burnetti* выявлено не было.

Таблица 3. Встречаемость серопозитивных реакций (отношение позитивных животных к количеству протестированных) для трех патогенов, отмеченных у потенциальных жертв манула, отловленных в охранной зоне Даурского заповедника. **Table 3.** Occurrence of serum-positive reactions (in % of tested samples) for three pathogens described for the Pallas' cats potential preys, captured in buffer zone of Daurian reserve.

Вид	*Toxoplasma gondii*	Вирус гриппа А*	*Trichinella* sp.
Хомяки	136 (5.9)[a]	52 (73.1)	119 (10.9)
Самки / Самцы	77 (5.2) / 59 (6.8)	26 (73.1) / 26 (73.1)	65 (7.7) /54 (14.8)
Взрослые / Молодые	58 (5.2) / 79 (6.3)	25 (76.0) / 27 (70.4)	51 (11.8) / 69 (10.1)
Полевка Брандта	62 (0.0)	26 (57.7)	59 (0.0)
Самки / Самцы	39 (0.0) / 23 (0.0)	16 (56.3) / 10 (60.0)	35 (0.0) / 24 (0.0)
Взрослые / Молодые	26 (0.0) / 36 (0.0)	17 (76.5) / 9 (22.2)	23 (0.0) / 36 (0.0)
Монгольская песчанка	35 (0.0)	19 (73.7)	32 (0.0)
Самки / Самцы	22 (0.0) / 13 (0.0)	14 (71.4) / 5 (80.0)	19 (0.0) / 13 (0.0)
Взрослые / Молодые	14 (0.0) / 21 (0.0)	4 (100.0) / 15 (66.7)	15 (0.0) / 17 (0.0)
Даурская пищуха	16 (12.5)	16 (6.3)	17 (0.0)
Самки / Самцы	13 (7.7) / 3 (33.3)	12 (8.3) / 4 (0.0)	14 (0.0) / 3 (0.0)
Взрослые / Молодые	13 (15.4) / 3 (0.0)	12 (0.0) / 4 (25.0)	14 (0.0) / 3 (0.0)
Даурский суслик	24 (0.0)	23 (91.3)	24 (0.0)
Самки / Самцы	13 (0.0) / 11 (0.0)	11 (90.9) / 12 (91.7)	12 (0.0) / 12 (0.0)
Взрослые / Молодые	1 (0.0) / 23 (0.0)	1 (100.0) / 22 (90.9)	1 (0.0) / 23 (0.0)

Примечания к таблице 3: [a] – число проанализированных проб, доля (в %) серопозитивных животных, * – достоверные видовые различия во встречаемости патогена (GLZ: p<0.05). **Note to table 3:** [a] – number of analyzed samples, percentage (in %) of serum positive animals, * – significant interspecific differences in pathogens occurrence (GLZ: p<0.05).

Существует мало информации о встречаемости различных патогенов в популяциях диких кошек и локализации их источников в природе. В данном исследовании впервые в российской части ареала

манула исследована встречаемость серопозитивных реакций к четырем патогенам у двух видов кошек (манулы и свободноживущие домашние кошки) и 6 видов их потенциальных жертв, обитающих на одной территории.

Встречаемость вируса гриппа А была максимальной у диких животных (манулы, грызуны) на обследованной территории по сравнению с другими патогенами. Мы полагаем, что это связано, прежде всего, с большим количеством диких птиц водно-болотного комплекса и их большим видовым разнообразием (около 70 видов из 324), являющихся естественным резервуаром вируса и способных быстро распространять патоген в районе исследования, не только между видами птиц, но и млекопитающих (Reperant et al., 2009). Кроме этого, вирус гриппа А крайне устойчив в среде (Shortridge et al., 1998) и способен использовать практически любые пути для распространения (Reperant et al., 2009) в отличие от остальных тестируемых патогенов. Среди всех видов исследованных жертв были обнаружены позитивные животные и почти у всех видов распространенность вируса была выше 50%, а у даурского суслика – почти 100%, что возможно связано и с характером питания этого вида (возможно поедание погибших животных). В большинстве исследований дикие грызуны и зайцеобразные не рассматриваются как потенциальные источники вируса гриппа А, поэтому информация о встречаемости патогена среди них в природе практически отсутствует. Однако было показано, что привитый вирус реплицируется у мышей и крыс (Shortridge et al., 1998). В исследуемом районе, на наш взгляд, жертвы могут контактировать с вирусом через экскременты птиц и конспецификов, при поедании трупов птиц, через контакты друг с другом. У манулов встречаемость вируса гриппа А была максимальной среди протестированных патогенов (22%, n=18). Основываясь на наших данных серологического анализа у жертв и данных об особенностях питания манула (Кирилюк, 1999), мы можем предполагать, что основной контакт диких кошек с вирусом происходит при поедании своих жертв (в первую очередь, дикие птицы, возможно грызуны и зайцеобразные), а также при контакте с их экскрементами. В отличии от манулов мы не обнаружили антител к вирусу гриппа А ни у одной из протестированных нами домашних кошек. Было показано, что источником вируса гриппа А для свободно живущих домашних кошек могут служить домашние и дикие птицы. Животные могут инфицироваться вирусом через поедание их тушек и контакты с их экскрементами, что может приводить к массовой гибели кошек (Kuiken et al., 2006; Reperant et al., 2009). Дикие птицы, такие как, например, бородатые куропатки (*Perdix daurica*), в большом количестве присутствуют вблизи человеческого жилья в охранной зоне Даурского заповедника и оставляют продукты своей жизнедеятельности. Учитывая это, а также тот факт, что обнаруженная нами распространенность вируса в дикой природе достаточно высока, трудно объяснить полное отсутствие позитивных животных среди свободноживущих домашних кошек. Данный вопрос требует дальнейших исследований (анализ распространенности заболевания среди местных птиц и домашних животных, а также исследование питания домашних кошек).

Coxiella burnetii поражает широкий спектр видов и ее споры долго сохраняют способность инфицировать их, находясь в окружающей среде (Marrie, 1995). Было показано, что домашние кошки могут служить индикатором присутствия данного организма в биосистемах, при этом встречаемость у бродячих животных (41.7%) значительно выше, чем у домашних (14.4%; Komiya et al., 2003). Вместе с тем, серопозитивность к патогену практически не изучена у диких представителей кошачьих. Мы получили доказательства присутствия *Coxiella burnetii* в районе исследования. При этом антитела к патогену мы отмечали только у домашних кошек (3.6%, n=55), ни среди жертв, ни среди манулов позитивных животных мы не обнаружили. Домашние кошки могут контактировать с *Coxiella burnetii* через экскременты домашних животных, таких как овцы, козы, лошади и домашние собаки, которые считаются традиционным резервуаром патогена и содержатся в большом количестве местными жителями в исследуемом районе. Отсутствие позитивных животных в дикой природе и наличие их среди домашних кошек свидетельствует в пользу того, что домашние животные не являются основным источником патогенов для манулов в Даурском заповеднике, несмотря на то, что животных активно выпасают в охранной зоне заповедника.

В отличие от первых двух патогенов антитела к *Toxoplasma gondii* были обнаружены и у диких, и у домашних животных: домашних кошек, манулов и их жертв. При этом, общий уровень серопозитивности к паразиту в исследованном районе был сравнительно невысоким и не превышал 15%. Наибольший процент серопозитивных животных мы отмечали у домашних кошек

(14.7%, n=61). Известно, что уровень встречаемости *Toxoplasma gondii* у домашней кошки во многом обусловлен плотностью самих кошек (основной хозяин), плотностью доступных жертв (промежуточный хозяин) и уровнем хищничества (Gilot-Fromont et al., 2012). Наиболее оптимально для быстрого распространения паразита эти параметры сочетаются в сельской местности, где плотность кошек составляет от 100-300 кошек/км^2, из них большая часть ведет свободноживущий или бродячий образ жизни, поэтому они чаще, чем городские кошки используют в своем рационе различных грызунов, плотность которых может быть достаточно высокой (до 10000 особей/км^2). Поэтому в деревнях встречаемость токсоплазмоза у домашних кошек колеблется от 30 до 85%. В исследованном районе более низкая встречаемость *Toxoplasma gondii* у свободноживущих домашних кошек может быть связана со сравнительно низкой плотностью кошек (от 0.25 кошки/км^2 (на стоянках) до 63 кошки/км^2 (в деревне; Pavlova et al., 2015)). У манулов при увеличении количества обследованных животных встречаемость патогена еще более понизилась с 12.5% (n=16; Naidenko et al., 2014) до 9.1% (n=22). В сравнении, встречаемость токсоплазмоза у разных диких видов кошек в природе значительно выше, чем у диких манулов: пума (*Felis concolor*; 22.4%), пиренейская рысь (*Lynx pardinus*; 62.8%; Garcıra-Bocanegra et al., 2010); тигр (25,0%; Найденко и др., 2012), леопард (86%; Penzhorn et el., 2002), красная рысь (*Lynx rufus*; 51.7%; Kikuchi et al., 2004); евразийская рысь (*Lynx lynx*; 75.4%). Среди дикоживущих грызунов и зайцеобразных в исследованном районе процент встречаемости токсоплазмоза был также сравнительно низким (3.7%, n=273), что согласуется с более ранними данными по диким грызунам. Лишь небольшое количество исследований указывают, что встречаемость *Toxoplasma gondii* может быть высокой у грызунов в сельской местности, например, у крыс (70%) и домовых мышей (59%), поскольку они с большей вероятностью, чем дикие грызуны контактируют с экскрементами домашних кошек. Мы полагаем, что общая сравнительно низкая встречаемость *Toxoplasma gondii* в исследованном районе может быть во многом обусловлена особенностями местного климата. Оптимальные условия (от –6 до +20°С) для сохранения ооцист в окружающей среде после выведения с экскрементами кошек (максимально 200 дней) и перехода их в активную стадию, способную инфицировать промежуточных хозяев (Lindsay et al., 2002), сохраняются в условиях сухого и холодного аридного климата в течение очень коротких отрезков времени в течение года. Кроме этого, снежный покров, который предположительно может защищать ооцисты паразита от низких температур, в районе исследования распределен неравномерно и местами отсутствует в течение всего года. Согласно нашим данным контакт манулов с *Toxoplasma gondii* может происходить через контакты как с дикими (поедание жертв, контакт с конспецификами), так и домашними животными (домашние кошки) и их экскретами.

Встречаемость *Trichinella* sp. была сравнительно низкой у жертв и домашних кошек, а позитивные животные среди манулов отсутствовали. Было показано, что один из важных факторов, влияющих на встречаемость и распространение *Trichinella* sp. – это способность личинок паразита выживать и сохранять способность инфицировать в экстремально разложившемся и замороженном (Pozio et al., 1994) мясе. Поэтому встречаемость паразита в районах с холодным климатом достаточно высока, в том числе и среди диких кошек: 53.3% у тигра (*Panthera tigris*), 30.8% у дальневосточного кота (*Prionailurus euptilura*; Найденко и др., 2012). Климатические условия в районе исследования, таким образом, вполне способствуют длительному сохранению и выживанию личинок *Trichinella* sp. Вторым ключевым фактором обуславливающих уровень встречаемости *Trichinella* sp. являются особенности питания животных. Наибольшая встречаемость паразита обнаружена среди хищников, которым свойственен каннибализм и падальничество (Campbell, 1988; Pozio, 2000). В районе исследования к таким животным в большей степени, чем манул, домашние кошки и их жертвы, относятся волк (*Canis lupus*), лисица (*Vulpes vulpes*) и корсак (*Vulpes corsac*). У этих и близких к ним видов встречаемость *Trichinella* sp. в районах с холодным климатом выше 40%. Однако уровень трихинеллеза у этих видов в Даурском заповеднике является предметом будущих исследований. Для домашних кошек одним из возможных источников контакта с *Trichinella* sp. в Даурском заповеднике может быть мясо домашних свиней, которые являются естественным резервуаром *Trichinella* sp. среди домашних животных (Скрябин, Петров, 1964; Morsy et al., 2000) и в небольшом количестве содержатся местными жителями. Среди жертв каннибализм и падальничество в некоторой степени свойственен только даурскому хомячку и даурскому суслику, поэтому эти звери могут контактировать с *Trichinella* sp., поедая трупы животных. Отсутствие позитивных животных среди

сусликов может быть связанно с небольшой выборкой. Манулы, у которых мы не обнаружили антител к *Trichinella* sp., даже в течение длительных периодов голодания не используют в своем рационе падаль, переходя на питание насекомыми и даже ягодами (Кирилюк, 1999; Ross et al., 2010). При этом естественно они также не охотятся на зверей, которые являются естественными резервуарами паразита (лисы и волки). Единственно возможным источником контакта манулов с *Trichinella* sp. это их жертвы. Однако встречаемость паразита среди них крайне низкая и отмечена у вида в меньшей степени потребляемого манулами (забайкальский хомячок), что сводит вероятность контакта с паразитом практически до нуля, что подтверждается нашими результатами.

Таким образом, мы полагаем, что паттерны встречаемости патогенов обусловлены: низкая встречаемость *Toxoplasma gondii* в связи с особенностями местного климата (низкие температуры среды) и особенностями пространственной организации кошачьих (низкая плотность животных); низкая встречаемость *Trichinella* sp. – особенностями пищевого поведения объектов исследования (низкий уровень каннибализма и падальничества); высокая встречаемость вируса гриппа А – наличием естественных резервуаров (большое количество и видовое разнообразие диких птиц водно-болотного комплекса).

Разнообразие патогенов, с которым контактируют манулы, домашние кошки и жертвы в районе исследования различается (Naidenko et al., 2014; Pavlova et al., 2015). Спектр инфекционных агентов, с которым контактируют манулы, более сходен со спектром их потенциальных жертв, чем домашних кошек. Антитела к 2-м патогенам с наибольшей встречаемостью (*Toxoplasma gondii* и вирус гриппа А) обнаружены и у манулов, и у жертв, тогда как домашние кошки в отличие от манулов контактируют с *Trichinella* sp. и *Coxiella burnetii*, источником которых для них может служить домашний скот. В связи с этим, можно предположить, что дикие животные играют большую роль в проникновении патогенов в популяции манулов, чем домашние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кирилюк В.Е. 1999. О питании и поведении манула (*Felis manul* Pall., 1778) в Юго-восточном Забайкалье // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. Биологическое. Т. 104. Вып. 6. С. 41-44.

Найденко С.В., Есаулова Н.В., Лукаревский В.С. Эрнандес-Бланко Х.А., Сорокин П.А., Литвинов М.Н., Котляр А.К., Рожнов В.В. 2012. Встречаемость инфекционных заболеваний у амурского тигра на юге ареала // Болезни и паразиты диких животных Сибири и Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука. С. 27-35.

Скрябин К.И., Петров А.М. 1964. Основы ветеринарной нематодологии. М.: Колос. 527 с.

Basso W., Edelhoffer R., Zenker W., Moestl K., Kue Bber-Heiss A., Prosl H. 2005. Toxoplasmosis in Pallas' cats (*Otocolobus manul*) raised in captivity // Parasitology. Vol. 130. P. 293–299.

Brown M., Lappin M.R., Brown J.L., Munkhtsog B., Swanson W. 2005. Exploring the ecological basis for extreme susceptibility of Pallas' cats (*Otocolobus manul*) to fatal toxoplasmosis: Comparison of wild and captive populations // Journal of wildlife diseases. Vol. 41(4). P. 691-700.

Campbell W.C. 1988. Trichinosis revisited, another look at modes of transmission // Parasitology Today. Vol. 4. P. 83-86.

Garcıa-Bocanegra I., Dubey J.P., Martınez F., Vargas A., Cabezorn O., Zorrilla I., Arenas A., Almerıa S. 2010. Factors affecting seroprevalence of Toxoplasma gondii in the endangered Iberian lynx (*Lynx pardinus*) // Veterinary Parasitology. Vol. 167. P. 36–42.

Gilot-Fromont E., Lelu M., Darde M., Richomme C., Aubert D., Afonso E. 2012. The Life Cycle of *Toxoplasma gondii* in the Natural Environment // Toxoplasmosis – Recent Advances. Dr. O.D. Djaković (Ed.). ISBN: 978-953-51-0746-0. InTech, DOI: 10.5772/48233.

Kikuchi Y., Chomela B.B., Kasten R.W., Martenson J.S., Swift P.K., O'Brien S.J. 2004. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in American free-ranging or captive pumas (*Felis concolor*) and bobcats (*Lynx rufus*) // Veterinary Parasitology. Vol. 120. P.1-9.

Komiya T., Sadamasu K., Kang M., Tsuboshima S., Fukushi H., Hiray K. 2003. Seroprevalence of *Coxiella burnetii* infections among cats in different living environments // Journal Of Veterinary Medical Science. Vol. 65(9). P. 1047-1048.

Kuiken T., Holmes E.C., McCauley J., Rimmelzwaan G.F., Williams C.S., Grenfell B.T. 2006. Host species barriers to influenza virus infections // Science. Vol. 312. P. 394-397.

Lindsay D.S., Blagburn B.L., Dubey J.P. 2002. Survival of nonsporulated *Toxoplasma gondii* oocysts under refrigerator conditions // Veterinary Parasitology. Vol. 103. P. 309-313.

Marrie T.J. 1995. *Coxiella burnetii* (Q Fever) Pneumonia // Clinical Infectious Diseases. Vol. 21 (S3). P. 253-264.

Morsy T.A., Ibrahim B.B., Haridy F.M., Rifaat M.M. 2000. Trichinella encysted larvae in slaughtered pigs in Cairo (1995–1999) // Journal of the Egyptian Society of Parasitology. Vol. 30. P. 753-760.

Naidenko S.V., Pavlova E.V., Kirilyuk V.E. 2014. Detection of seasonal weight loss and a serologic survey of potential pathogens in wild Pallas' cats (*Felis [Otocolobus] manul*) of the Daurian steppe, Russia // Journal of wildlife diseases. Vol. 50(2). P. 188-194.

Pavlova E.V., Kirilyuk V.E., Naidenko S.V. 2015. Patterns of seroprevalence of feline viruses among domestic cats and Pallas' cats in Daurskii Reserve, Russia // Canadian journal of zoology. Vol. 93. P. 849-855.

Penzhorn B.L., Stylianides E., van Vuuren M., Alexander K., Meltzer D.G.A., Mukarati N. 2002. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in free ranging lion and leopard populations in southern Africa // South African journal of wildlife research. Vol. 32 (2). P. 163-165.

Pozio E., La Rosa G., Amati M. 1994. Factors influencing the resistance of *Trichinella* muscle larvae to freezing. In: Proceedings of 8th International Conference on Trichinellesis, Rome, Italy. P. 173-178.

Pozio E. 2000. Factors affecting the flow among domestic, synanthropic and sylvatic cycles of *Trichinella* // Veterinary Parasitology. Vol. 93. P. 241-262.

Reperant L.A., Rimmelzwaan G.F., Kuiken T. 2009. Avian infolluenza viruses in mammals // Revue scientifique et technique. Vol. 28 (1). P. 137-159.

Roelke-Parker M., Munson L., Packer C., Kock R., Cleaveland S., Carpenter M., O'Brien S.J., Pospischil A., Hofmann-Lehmann R., Lutz H., Mwamengele G.L.M., Mgasa M.N., Machange G.A., Summers B.A., Appel M.J.G. 1996. A canine distemper virus epidemic in Serengeti lions (*Panthera leo*) // Nature. Vol. 379. P. 441-445.

Ross S., Munkhtsog B., Harris S. 2010. Dietary composition, plasticity, and prey selection of Pallas's cats // Journal of Mammalogy. Vol. 91(4). P. 811-817.

Shortridge K.F., Zhou N.N., Guan Y., Gao P., Ito T., Kawaoka Y., Kodihalli S., Krauss S., Markwell D., Murti K.G., Norwood M., Senne D., Sims L., Takada A., Webster R.G. 1998. Characterization of avian H5N1 influenza viruses from poultry in Hong Kong // Virology. V. 252 (2). P. 331-342.

Thiry E., Zicola A., Addie D., Egberink H., Hartmann K., Lutz H., Poulet H., Horzinek M.C. 2007. Highly pathogenic avian influenza H5N1 virus in cats and other carnivores // Veterinary Microbiology. Vol. 122. P. 25-31.

OCCURRENCE PATTERN OF INFLUENZA A VIRUS, *COXIELLA BURNETII*, *TOXOPLASMA GONDII*, AND *TRICHINELLA* SP. IN THE PALLAS'S CAT (MANUL) AND DOMESTIC CAT AND THEIR POTENTIAL PREY UNDER ARID CLIMATE CONDITIONS

© 2016. E.V. Pavlova*, E.V. Kirilyuk, S.V. Naidenko***

**A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution*
Russia, 119071 Moscow, Leninsky pr., 33. E-mail: pavlike@mail.ru, snaidenko@mail.ru
***Daurskii State natural biosphere reserve*
Russia, 674480 Zabaikalskii krai, Ononskii district, v. Nizhnii Tsasuchei, Komsomolskaya str., 76.

The possibility of the occurrence of seropositive reactions against four pathogens in two feline species (Pallas's Cat (*Otocolobus manul*) and domestic cat (*Felis catus*)) and six species of their potential prey was studied. Blood serum was analyzed for the presence of antibodies to the pathogens by means of enzyme immunoassay. The occurrence pattern of influenza A virus in manuls was the largest among tested pathogens (22%, n=18). In this case, positive animals were not discovered among domestic cats. Antibodies against *Coxiella burnetii* were registered only in domestic cats (3.6%, n=55). Antibodies against *Toxoplasma gondii* were found in wild and domestic animals alike: domestic cats (14.7%, n=61), manuls (9.1%, n=18), and their prey (3.7%, n=273). The occurrence of *Trichinella* sp. was comparatively low in domestic cats (1.6%, n=61); among prey, antibodies to the parasite were found only in one species, the transbaikal hamster (*Cricetulus pseudogriseus*; 10.9%, n=119).

Keywords: infectious diseases, serum prevalence, Pallas' cat, domestic cat, rodents, Daurian pika, wild populations.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2016, том 22, № 4 (69), с. 73-80

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.438.

САМООЧИЩАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ ОТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТРУКТУРЫ УГЛЕВОДОРОДОВ

© 2016 г. Н.М. Исмаилов, А.С. Гасымова

Институт микробиологии Национальной академии наук Азербайджана
Азербайджан, AZ 1073, г. Баку, Патамдартское шоссе, д. 40. E-mail: ismaylovn@mail.ru

Поступила 22.07.2015

Предложена формула для расчета самоочищающей способности почв с учетом поправочных коэффициентов на характер загрязнителя. Знание характера загрязнителя, абиогенных и биогенных факторов, определяющих самоочищающую способность конкретного типа почв, позволит разрабатывать новые экологически обоснованные нормы предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ, технологии очистки загрязненных почв с учетом и рациональным использованием детерминантов самоочищения – природных ресурсов, биологических и экономических факторов, а также организацию мониторинга загрязненных территорий.

Ключевые слова: углеводороды, самоочищение, почвы, биогенность, поправочные коэффициенты, индексы самоочищения.

По мере роста потребностей мирового хозяйства в нефти и нефтепродуктах и наращивания производственных мощностей в нефтедобывающих странах мира почвенный и водный покровы подвергаются загрязнению. Так, на Апшеронском полуострове Азербайджана нефтью и её продуктами загрязнены свыше 18 тыс. га земли, под влиянием отходов лишь химической промышленности стали непригодными 1300 га. Площадь земель, загрязненных нефтью на Апшеронском полуострове составляет около 10 тыс. га (Алиев и др., 2010). Только на балансе ГНКАР находится свыше 7400 гектаров нефтезагрязненных почв, из них 2800 га подлежат первоочередной очистке (Сираджев, 2001).

Почва и грунт, загрязненные нефтью, относятся к отходам, опасным для окружающей природной среды. Содержание нефти в почве и грунте 10 г/кг соответствует 4 классу опасности отхода (Wi=9120.1; Ki=10.9), который устанавливается расчетным методом (Критерии …, 2001).

В совокупности сырая нефть – это мощный «наркотик» для экосистем, и, прежде всего, для почв, т.к. она модифицирует функционально важные системы – консументов и продуцентов не только непосредственно, но и опосредованно – путем существенного и долговременного изменения физико-химических, химических, биологических и других функций ландшафтов. Наибольшей токсичностью обладают фракции нефти с температурой кипения 150-250ºС. Метановые углеводороды легкой фракции, находясь в почвах, оказывают наркотическое и токсическое действие на живые организмы. Ароматические углеводороды – наиболее токсичные компоненты нефти. Сама почва, содержащая высокие концентрации ароматических углеводородов, потенциально может приобретать определенные канцерогенные и мутагенные свойства (Скворцова, Звягинцев, 1989), что может оказывать долговременное и устойчивое воздействие на жизнь и здоровье людей, проживающих на этих территориях.

Изучено влияние загрязнения нефтью на биологические свойства почв сухих степей юга России (Колесников и др., 2011). Общие экологические следствия поступления нефти, нефтепродуктов и других загрязнителей в природную среду сводятся: а) к изменению свойств почв и почвенного покрова, б) к загрязнению поверхностных и почвенно-грунтовых вод и донных отложений, в) к изменению химического состава растений и трансформации растительного покрова, г) к общей деградации ландшафтов и изменению социально-экономических условий жизни населения.

Для почв существует характерная система защиты от загрязнений, которая относится к процессам самоочищения. Защитные механизмы по отношению к техногенному воздействию

проявляются в разложении опасных загрязнений и транспортировке их за пределы ландшафта или перераспределения внутри его. Самоочищение почвы – способность почвы уменьшать концентрацию загрязняющего вещества в результате протекающих в почве процессов миграции, а также биологических процессов. Потенциал самоочищающей способности почв от углеводородных загрязнений зависит от свойств самих почв и физико-географических условий окружающей среды, в первую очередь климатических факторов. Чем выше потенциал самоочищения почв, тем интенсивнее их восстановление и тем большую разовую нагрузку они выдерживают. В разных биоклиматических зонах время самоочищения неодинаковы. Время самоочищения почвы – интервал времени, в течение которого происходит уменьшение массовой доли загрязняющего почву вещества на 96-97% от первоначального значения его фонового содержания. От потенциала самоочищения почв зависят организация наблюдения за состоянием почв, нормирование допустимых концентраций загрязняющих веществ, выбор способа рекультивации.

Поведение нефти и нефтепродуктов при их попадании в ландшафты, особенно процессы их внутри ландшафтной миграции и преобразования крайне сложны и длительны. С течением времени происходит внутрипочвенная деструкция поступившего загрязнителя, включающая физико-химическое и микробиологическое разрушение нефти, сорбцию-десорбцию составлявших нефть компонентов, их растворение, деградацию, образование и разрушение эмульсий и т.д. (Солнцева, 1998).

Существуют несколько основных этапов преобразования нефти в природных системах, не зависящих ни от состава поллютанта, ни от почвенно-климатических условий – принципиально одинаковых в разных регионах (Солнцева, 1998). Окисление (деградация, разложение, трансформация, модификация) нефти в почвах и поверхностных водах может протекать как по механизму фотохимического (радикально-цепного) окисления, так и микробиологической деградации. Ведущим фактором самоочищения нефтезагрязненных почв в естественных условиях является биологический фактор. В его основе лежит способность микроорганизмов разлагать широкий спектр органических соединений, содержащихся в загрязненных почвах. Однако в естественных условиях процесс самоочищения почв от нефтяных углеводородов идет медленно и зависит от степени аэрации, доступности кислорода, источников азота, фосфора, увлажненности и др. Таким образом, в разных биоклиматических условиях процессы деструкции нефти, несмотря на общую направленность её деградации, специфичны. Критериями сходства-различия являются: а) снижение содержания загрязнителя из одинакового объема почвенной массы за один и тот же срок, б) количество закрепившихся органических продуктов метаболизма. В то же время в пределах одной биоклиматической зоны скорость деградации нефти и нефтепродуктов неодинаковы и в разных типах экосистем в зависимости от абиогенных факторов: pH, почвенно-климатических особенностей и др.

Устойчивость индивидуальных углеводородов и различных компонентов сырой нефти к микробному воздействию в значительной степени обусловлена их структурой. Скорость биодеградации углеводородов микроорганизмами изменяется в порядке: парафины>ароматические углеводороды>циклопарафины. В составе нефтей, подвергающихся микробному разложению возрастает доля смолисто-асфальтеновых компонентов, последовательно исчезают углеводороды: н-алканы>изо-, антеизоалканы>изопреноиды>моноциклические нафтены>прочие углеводороды. (Скрябин, Головлева, 1976; Пиковский, 1988; Солнцева, 1998).

Почвенные микроорганизмы играют главную роль в разложении не только нефтяных углеводородов, таких как н-парафинов, ароматических углеводородов, но и смолисто-асфальтеновых компонентов, битумоидных соединений. Однако последние разлагаются крайне медленно, притом разные фракции обладают различной стабильностью. В этой связи, как правило, основными компонентами остаточной нефти являются полярные вещества – смолы и асфальтены. Они сохраняются в течение многих лет либо в виде подвижной фракции, либо входят в состав гумусового комплекса почв (Солнцева, 1998).

Состав нефти обычно определяется количественным содержанием углеводородов, которые делятся па парафины, циклопарафины, ароматические и нафтено-ароматические углеводороды. Основное различие между нефтью, добытой в различных географических районах обусловлено не химическим составом, а содержанием отдельных компонентов, что влияет на химические и физические свойства сырой нефти (Пиковский, 1988; Солнцева, 1998). Биологические и химические

свойства различных углеводородов существенно различаются, поэтому, для точной и адекватной оценки самоочищающей способности различных типов почв необходимо знать состав нефтепродукта, загрязняющего почву. Эта проблема важна для правильной оценки характера загрязнения, разработки предельно-допустимых концентраций загрязнения в зависимости от токсичности, канцерогенности, мутагенности загрязнителей, степени воздействия на почвенные растения, биоту и почвенные ферменты, научно-обоснованного мониторинга загрязненных почв и разработки технологий их очистки и др.

Нефтепродукты – бензины, керосины, масла, дизельные топлива также отличаются структурой углеводородов и степенью конденсированности колец. Естественно, что, попадая в окружающую среду, они при прочих равных условиях будут подвергаться биоразложению с различной скоростью в зависимости от их структуры. Так, асфальто-смолистые компоненты мало доступны микроорганизмам. Процесс их разложения идет очень медленно, иногда десятки лет (Пиковский, 1988; Пиковский и др., 2015). Таким образом, в пределах одной биоклиматической зоны процессы деградации нефти и нефтепродуктов неодинаковы и в разных типах экосистем зависят как от абиогенных факторов (pH, почвенно-климатических особенностей и др.), так и от химической природы загрязнителя.

В этой связи актуальна задача выявления самоочищающей способности различных типов почв не только в связи с их физико-химическими и биологическими свойствами, но и в связи с характером самого загрязнителя. Цель исследований – предложить метод определения самоочищения различных типов нефтезагрязненных почв в зависимости от структуры углеводородов.

Методы исследований

Имеется большое число научных публикаций о роли микроорганизмов в разложении нефти и нефтяных углеводородов в почвах (Скрябин, Головлева, 1976; Пиковский, 1988; Солнцева, 1998). В научной литературе отсутствуют математические формулы расчета самоочищающей способности почв от нефтяных углеводородов. Вместе с тем имеется формула расчета почвенно-экологических индексов, предназначенной для оценки плодородия почв (Карманов, 1982). Принимая во внимание, что плодородие почвы определяется комплексом физических, химических, физико-химических, а также биологических свойств и прежде всего, количеством различных групп микроорганизмов, с их способностью непосредственно участвовать в процессах разложения нефти и нефтепродуктов, показатель биологической активности, т.е. численность микроорганизмов в почве нами принят в первом приближении в качестве биологического показателя самоочищения.

Содержание в различных типах почв общей численности микроорганизмов (Алиев, 1978) использованы в работе в качестве показателя биогенности этих почв, и в соответствии с этими показателями определены сравнительные баллы биогенности почв. Показатели биогенности темно-каштановых почв как наиболее максимальные, приняты в качестве эталона (за единицу), для других типов почв рассчитаны поправочные коэффициенты для сравнительной оценки их актуальной способности к самоочищению. В работе в качестве основы для расчета почвенно-экологических индексов самоочищения, в том числе с учетом поправочных коэффициентов на структуру углеводородов, использована формула расчета почвенно-экологических индексов, предложенная для оценки плодородия почв в количественных единицах (Карманов, 1982). Для краткой характеристики типов почв использовали данные, представленные в работе (Морфогенетические …, 2004). Статистическая обработка результатов проводили по работе Е.А. Дмитриева (1995). В таблицах приведены среднестатистические данные.

Результаты и обсуждение

В масштабных процессах самоочищения почв и вод от нефти и нефтепродуктов главную роль играют микроорганизмы. Микробная биомасса и её структура может служить показателем интенсивности почвенных процессов, индикатором потенциальной самоочищающей способности почв.

В таблице 1 в обобщенном виде показаны средние показатели численности микроорганизмов для горизонта А целинных почв и пахотного слоя окультуренных почв (Алиев, 1978) и, в соответствии с этим, определены баллы биогенности почв.

Таблица 1. Численность микроорганизмов и биогенность основных типов почв Азербайджана.
Table 1. The number of microorganisms and biogenic major soil types in Azerbaijan.

Почвы	Общее кол-во микроорганизмов, тыс. /г почвы[1]	Баллы биогенности почв	Почвы	Общее кол-во микроорганизмов, тыс./ г почвы	Баллы биогенности почв
Горно-луговые:			*Серо-бурые:*		
целинные	2722	63	целинные	2872	66
освоенные	3356	50	освоенные	3357	50
Бурые горно-лесные:			*Лугово-сероземные:*		
целинные	2066	48	целинные	2500	58
освоенные	3842	57	освоенные	3620	54
Горные черноземы:			*Луговые:*		
целинные	3507	81	целинные	4801	72
освоенные	3821	57	освоенные	9196	137
Коричневые горнолесные:			*Горно-лесные желто-земные:*		
целинные	3510	81	целинные	2208	51
освоенные	5382	80	освоенные	3574	53
Темно-каштановые:			*Желтоземно-подзолистые:*		
целинные	4331	100	целинные	2518	58
освоенные	6713	100	освоенные	3095	46
Каштановые:			*Лугово-сероземные солонцеватые:*		
целинные	4279	99	целинные	430	10
освоенные	6042	90			
Серо-коричневые:			*Сероземно-луговые солончаковые:*		
целинные	1601	37	целинные	1104	25
освоенные	2901	43			
Сероземные:			*Солонец-солончак:*		
целинные	3453	80	целинные	510	12
освоенные	5521	82	*Солончак:*		
			целинные	107	3

Примечание: 1 – общая численность микроорганизмов в почве даны по работе С.А. Алиева (1978).
Note: 1 – the total number of microorganisms in the soil are given by the S.A. Aliyev (1978).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в почвах Азербайджана общая численность микробного населения в 1 г почвы, начиная от высокогорных альпийских и субальпийских горно-луговых почв к черноземам и далее – к каштановым, последовательно возрастает. Она несколько снижается в сероземной и серо-бурой почве полупустынной зоны и особенно в солонцах и солончаках. Луговые почвы Кура-Аракской низменности характеризуются высокой численностью микроорганизмов. Значительной численностью микроорганизмов отличаются коричневые лесные почвы. Количество микроорганизмов в бурых лесных почвах, распространенных в горной зоне, незначительно вследствие сравнительно холодного климата. В почвах желтоземного ряда, несмотря на относительно благоприятные условия температуры и влажности, численность микроорганизмов невысокая вследствие повышенной кислотности почвы.

Показатели биогенности темно-каштановых почв приняты за эталон оценки актуальной самоочищающей способности различных типов почв и для них, приняв за основу показатели баллов по биогенности (табл. 1), определены поправочные коэффициенты биогенности почв (табл. 2).

Принимая во внимание определяющую роль микроорганизмов в самоочищении почв от загрязнения чужеродными веществами, нами на основе формулы расчета почвенно-экологических

Таблица 2. Почвенно-экологические индексы самоочищения почв Азербайджана (Мамедов, Исмаилов, 2006). **Table 2.** Soil and environmental codes of self-purification of soil Azerbaijan (Mamedov, Ismailov, 2006).

Наименование почв	Поправочный коэффициент по биогенности	ПЭИс	Наименование почв	Поправочный коэффициент по биогенности	ПЭИс
Горно-луговые	0.63	56	Сероземные	0.80	53
Бурые горно-лесные	0.48	42	Серо-бурые	0.66	26
Горные черноземы	0.81	69	Лугово-сероземные	0.58	46
Коричневые горно-лесные	0.81	69	Луговые	0.72	57
Темно-каштановые	1.0	84	Горно-лесные желтоземные	0.51	35
Каштановые	0.99	79	Желтоземно-подзолистые	0.58	45

индексов (ПЭИс; Карманов,1982; Карманов, Фриев, 1982) предложена модифицированная формула, дополненная показателем коэффициента биогенности для оценки самоочищающей способности различных типов почв:

$$\text{ПЭИс}=12.5\ (2\text{-V})\ \text{п}\ \frac{\sum T>15^0(КУ-0.5)}{КК+100}Кб \qquad (1),$$

где ПЭИс – почвенно-экологический индекс самоочищения; V – плотность почвы в среднем для слоя 0-20 см; п – «полезный» – безбалластный объем почвы в слое 0-20 см; ∑T>15º – среднегодовая сумма активных температур выше 15ºС; величина 12.5 введена в формулу для того, чтобы привести определенную совокупность показателей к экологическому индексу, равному 100 (почвенно-экологические индексы выражаются с округлением до целых чисел); Кб – коэффициент биогенности.

Почвенно-экологические индексы самоочищения (ПЭИс) для основных типов почв Азербайджана показаны в таблице 2. При районировании самоочищающейся способности территории условно принимается одинаковый модуль техногенной нагрузки и состав загрязняющих веществ, состоящий из соединений, способных к деградации природными микроорганизмами. Как видно, наиболее высоким баллом характеризуются каштановые, горные черноземы, луговые, потенциально наиболее слабой устойчивостью к загрязнению органическими веществами обладают серо-бурые, горно-лесные, желтоземные почвы. При продвижении к горным районам оценочные баллы снижаются. По полученным результатам рассчитываются средневзвешенный показатель ПЭИс всей территории Азербайджана.

Формула (1) дает возможность рассчитывать оценочные баллы по устойчивости и самоочищающейся способности почв от разливов нефти для зональных почв суглинистого гранулометрического состава. Оценочные баллы других типов и подтипов почв можно рассчитывать с учетом поправочных коэффициентов для разного гранулометрического состава, степени засоления, солонцеватости, окультуренности и т.д. При этом полученные баллы являются едиными и сопоставимыми для всей территории Азербайджана с её контрастными природно-климатическими условиями. Коэффициенты корреляции 0.3-0.9 (табл. 3) между биологической активностью почв с точки зрения их устойчивости и способности к самоочищению, климатическими факторами и показателями свойств почв раскрывают их существенную взаимозависимость и взаимообусловленность.

Вместе с тем оценка почв в сравнительном плане дает возможность количественно оценить способность их к самоочищению при прочих равных условиях – во-первых, при одинаковом модуле загрязнения и, во-вторых, в случае загрязнения н-парафинами C_8-C_{18}, которые подвергаются микробному разложению с максимальной скоростью по сравнению с углеводородами иной структуры (Скрябин, Головлева, 1976).

Таблица 3. Классификация компонентов нефти по их способности к биодеградации (Oudot, 1984) и поправочные коэффициенты по признакам доступности углеводородов к биоразложению.
Table 3. Classification oil components for their ability to biodegradability (Oudot, 1984) and correction coefficients on the basis of availability of hydrocarbons biodegradability depending.

Группа	Отношение к воздействию микроорганизмов	Степень биодеградации, %	Компоненты нефти	Поправочные коэффициенты
I	Высокочувствительные	80-100	Н-алканы, изоалканы	0.90
II	Чувствительные	60-80	Циклоалканы с 6, 1, 5 и 2 кольцами, S-ароматика, моноароматические углеводороды	0.70
III	Умеренно чувствительные	45-60	Циклоалканы с 3 и 4 кольцами, ди- и трициклические ароматические	0.50
IV	Устойчивые	30-45	Тетраароматические углеводороды, стерины, тритерпены, нафтено-ароматические углеводороды	0.35
V	Высокоустойчивые	0-30	Пентааароматические углеводороды, смолы и асфальтены	0.30

В таблице 3 на молекулярном уровне суммированы сведения о разрушении нефтей в оптимальных для роста микроорганизмов условиях. Приняв за основу данные о степени микробной биодеградации углеводородов в зависимости от их химической структуры (Oudot, 1984), нами предложены поправочные коэффициенты, которые могут быть использованы для более точной оценки степени самоочищающей способности различных типов почв в зависимости от характера загрязнителя (табл. 3).

При почвенном мониторинге на основании результатов лабораторного анализа загрязняющего вещества с преобладанием той или иной структуры углеводорода делается оценка ПЭИс конкретной территории. Так, если для серо-бурой почвы расчет ПЭИс показал 0.26, то в случае загрязнения почв нефтепродуктами с преобладанием н-парафинов, с учетом поправочного коэффициента 0.9 ПЭИс для этих почв будет равным 0.26x0.9=0.234. В случае же загрязнения этого типа почв нефтепродуктом, в котором преобладают моноароматические углеводороды, то с учетом поправочного коэффициента на биодоступность ПЭИс этих почв будет равным 0.26x0.7=0.18.

В этой связи на основании формулы 1 предлагается обобщенная формула (2) для расчета ПЭИс с учетом поправочных коэффициентов на структуру углеводородов:

$$\text{ПЭИс} = [12.5\ (2\text{-V})\ \text{п}\ \frac{\sum T > 15^0 (КУ - 0.5)}{КК + 100} Кб\ ]\ \text{Пк} \qquad (2),$$

где Пк – поправочный коэффициент на структуру углеводорода в зависимости от его биодоступности.

По предлагаемой формуле возможно для различных типов почв рассчитать почвенно-экологический индекс самоочищения с учетом характера углеводородного загрязнителя.

В качестве примера в таблице 4 показаны расчетные показатели ПЭИс для серо-бурых почв, наиболее распространенных на Апшеронском п-ве и в наибольшей степени подвергающиеся загрязнению нефтью и нефтепродуктами. Эти почвы отличаются пестрым гранулометрическим составом, имеют глинистый, суглинистый и суглинисто-супесчаные разности, содержание частиц <0.0001 мм и <0.01мм колеблется в пределах 10-42 и 21-78%, степень илистости в среднем 32-40%, невысоким содержанием гумуса (около 1.3-2%), встречаются пресные и засоленные разности почв (плотный остаток – 0.18-1.35% (Морфогенетические …, 2004).

Видно, что интенсивность самоочищения почв от нефтепродуктов, в которых преобладают н-парафиновые углеводороды, будет в три раза превышать процесс самоочищения почв в случае

загрязнения их нефтепродуктами, в которых будут преобладать высокоустойчивые углеводороды – пентааромaтические углеводороды, смолы и асфальтены. Низкая скорость биоразложения таких нефтепродуктов и определяет в естественных условиях образование долговременных устойчивых такыров.

Таблица 4. Почвенно-экологический индекс самоочищения (ПЭИс) для серо-бурых почв в случае их загрязнения углеводородами с различной биодоступностью. **Table 4.** Soil-environmental index of self-purification (SEIs) to gray-brown soils in the case of pollution by hydrocarbons with varying bioavailability.

Компоненты нефти и нефтепродуктов – загрязнители почв	Почвенно-экологический индекс самоочищения
Н-алканы, изоалканы	0.234
Циклоалканы с 6, 1, 5 и 2 кольцами, S-ароматика, моноароматические углеводороды	0.18
Циклоалканы с 3 и 4 кольцами, ди- и трициклические ароматические	0.13
Тетраароматические углеводороды, стераны, тритерпаны, нафтеноароматические углеводороды.	0.091
Пентааромaтические углеводороды, смолы и асфальтены	0.078

С помощью предлагаемой формулы (1) можно в первом приближении рассчитывать в сравнительном аспекте общую потенциальную способность различных типов и подтипов почв от углеводородов в зависимости от свойств почв, а с помощью формулы (2) – почвенно-экологические индексы самоочищения этих почв в зависимости от структуры углеводородов. Известно, что различные углеводороды в зависимости от своей структуры оказывают различное экологическое воздействие на биогеоценозы. Одни, например, нормальные парафины средней длины цепи, подвергаются быстрой биодеградации почвенными микроорганизмами, их биоаккумуляция не происходит, они не проявляют канцерогенных или мутагенных свойств. Другие углеводороды, например, полициклические являются сильными мутагенами и канцерогенами. Их биоразложение происходит чрезвычайно медленно и долго, накопление таких соединений, как например, бензпирен могут придавать самой почве канцерогенные и мутагенные свойства (Скворцова и др., 1989).

Необходимо отметить, что в отличие от стран Европы, например, Германии и Голландии, где разработаны ПДК содержания в почве не только нефти, но и ароматических и полициклических углеводородов (Перечень ПДК …, 1993), в Азербайджане до настоящего времени не приняты ПДК для нефтепродуктов. Знание характера загрязнителя, абиогенных и биогенных факторов, определяющих самоочищающую способность конкретного типа почв, позволит разрабатывать новые экологически обоснованные нормы предельно-допустимых концентраций углеводородных загрязнений в зависимости от характера загрязнителя для основных типов почв. Эта проблема очень важна в стране, где нефтедобыча и нефтепереработка, транспортировка нефти и нефтепродуктов является доминирующей областью экономики, и где десятки тысяч гектаров земель были загрязнены нефтью и нефтепродуктами за последние десятилетия. Известно, что суммарные потери нефти равны примерно 3% её годовой добычи (Кузнецов, 2000). Нетрудно подсчитать объемы нефти, попавшей на поверхность почв за десятилетия развития нефтедобывающей промышленности в стране.

Знание характера загрязнителя и потенциальной самоочищающей способности конкретного типа почв к конкретному характеру загрязнителя позволит также разрабатывать эффективные технологии очистки этих почв с учетом и рациональным использованием детерминантов самоочищения природных ресурсов, биологических и экономических факторов. В немалой степени знание процессов самоочищения в зависимости от характера загрязнителя позволит совершенствовать организацию и проведение мониторинга загрязненных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алиев С.А. 1978. Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества. Баку: Элм. 253 с.

Алиев Р.Р., Ибрагимова И.Ш., Гурбанова Н.Э. 2010. Экологические проекты ГНКАР // Азербайджанское нефтяное хозяйство. №10. С. 10-15.

Дмитриев Е.А. 1995. Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ. 320 с.

Карманов И.И. 1982. Комплексная оценка плодородия почв //Модели плодородия почв и методы их разработки. М.: Научные труды Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. С. 9-17.

Карманов И.И., Фриев Т.А. 1982. Бонитировка почв на основе почвенно-экологических показателей // Почвоведение. № 5. С. 13-21.

Колесников С.И., Спивакова Н.А., Воздеева Л.С. 2011. Моделирования влияния химического загрязнения на биологические свойства гидроморфных солончаков зоны сухих степей юга России // Аридные экосистемы. Т. 17. № 2 (47). С. 18-22.

Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды. 2001. // Приказ МПР России от 15 июня 2001 года № 511 «Об утверждении Критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды». 6 с.

Кузнецов Ф.М., Илларионов С.А., Середин В.В. 2000. Рекультивация нефтезагрязненных почв. Пермь: ПГТУ. 105 с.

Морфологические профили почв. 2004. Баку: Элм. 202 с.

Пиковский Ю.И., Исмаилов Н.М., Дорохова М.Ф. 2015. Основы нефтегазовой геоэкологии. М.: ИНФРА-М. 400 с.

Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно – допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве. 1993. М.: Госкомсанэпиднадзор. 14 с.

Пиковский Ю.И. 1988. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука. С. 7-22.

Сираджев А.А. 2001. О перспективах очистки нефтезагрязненных земель Апшеронского полуострова // Энергетика, экология, экономика. № 1 (8-9). С. 128-130.

Скворцова И.Н., Звягинцев Д.Г., Лукина Н.Н. 1989. Мутагенная и антимутагенная активность почв // Микроорганизмы и охрана почв. М.: МГУ. С. 193-204.

Скрябин Г.К., Головлева Л.А. 1976. Использование микроорганизмов в органическом синтезе. М.: Наука. 336 с.

Солнцева Н.П. 1998. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: МГУ. 370 с.

Oudot J. 1984. Rates of microbial degradation of petroleum components as determined by computerized capillary gas chromatography and computerized mass-spectrometry // Mar Environ Res. Vol. 13. P. 277-302.

SELF-CLEARING OF SOIL FROM OIL AND OIL PRODUCTS DEPENDING ON STRUCTER OF HYDROCARBONS

© 2016. N.M. Ismaylov, A.S. Gasumova

Institute of Microbiology Azerbaijan national academy of sciences
Azerbaijan, Az1073 Baku, Badamdar shighway, 40. E-mail: ismaylovn@mail.ru

A formula was prefer for calculating the self-cleaning capacity of the soil, taking into account the correction coefficients on the nature of the pollutant. Knowledge of the nature of pollutant, biogenic and nonbiogenic factors determining the self-cleaning capacity of a particular type of soil will help to develop new environmentally valid norms is allowable concentrations, depending on the nature of hydrocarbon pollutant treatment, technology of clean -up of polluted soil with a calculation and efficient use of the determinants of the self –clearing: the natural resources, biological and economic factors, as well as monitoring of contaminated areas.

Keywords: hydrocarbons, self-purification, soil types, nutrient soils, correction coefficients, the indices of self-purification.

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2016, том 22, № 4 (69), с. 81-88

ХРОНИКА

УДК 001(470.56)

К 20-ЛЕТИЮ ИНСТИТУТА СТЕПИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

© 2016 г. А.Г. Рябуха

Институт степи Уральского отделения РАН
Россия, 460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, д. 11. E-mail: annaryabukha@yandex.ru

Поступила 30.03.2016

10 сентября 1996 года постановлением Президиума РАН было принято решение о создании в г. Оренбурге Института степи Уральского отделения Российской академии наук (УрО РАН). Эта дата считается днем рождения единственного на Урале и в УрО РАН академического географического института, который стал мировым лидером в области комплексного фундаментального изучения геоэкологических проблем степной зоны Евразии и координатором международных исследований по данной тематике. В статье дана история становления Института степи УрО РАН, показаны основные достижения в области фундаментальных и прикладных исследований, охарактеризовано международное сотрудничество и перспектива развития.

Ключевые слова: Россия, Институт степи УрО РАН, степная зона, степеведение, Северная Евразия, научная школа, степное природопользование, особо охраняемые природные территории.

В 2016 году Институт степи Уральского отделения Российской академии наук отмечает свое 20-летие. В соответствии с Постановлением РАН от 10 сентября 1996 г. №142 и Распоряжением Президиума УрО РАН от 21 ноября 1996 г. №134 Институт создан в г. Оренбурге на базе Отдела степного природопользования Института экологии растений и животных (ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург) 10 сентября 1996 года. Концепция структуры и научной тематики Института была разработана А.А. Чибилевым в 80-х годах прошлого века (Чибилев, 1988), методически обоснована в его монографии «Экологическая оптимизация степных ландшафтов» (Чибилев, 1992б), и получила признание научной общественности при защите им докторской диссертации (Чибилев, 1992а). Согласно этой концепции, фундаментальные научные исследования, осуществляемые институтом, направлены на комплексное изучение степей Северной Евразии как единого географического и историко-культурного пространства. Поэтому объектом исследования Института является территория степной зоны Северной Евразии, а предметом – естественные и антропогенно трансформированные природные комплексы, их структура, динамика, ландшафтное, биологическое и историко-культурное разнообразие степных регионов России и степных территорий сопредельных стран. Созданный Институт стал первым в России научно-исследовательским учреждением, специализирующимся на изучении природы и этнокультуры степей.

Исторической предпосылкой организации Института является то, что на протяжении двух с половиной веков, особенно, за последние 120 лет, начиная с работ В.В. Докучаева, в различных научных центрах страны формируются степеведческие научные школы, связанные с ландшафтоведением, почвоведением, геоботаникой, зоогеографией, агроэкологией, но нигде это не выделилось в организацию самостоятельного научного учреждения, изучающего проблемы степного региона. Эта проблема была решена только в 1996-1997 годах в Уральском отделении Российской академии наук.

Организации Института предшествовали три важных события.

1987 год – организация в составе Института экологии растений и животных УрО РАН Оренбургской лаборатории ландшафтной экологии.

1989 год – организации по инициативе и проекту А.А. Чибилева первого в Российской Федерации степного заповедника «Оренбургский».

1990 год – организация в составе ИЭРиЖ УрО РАН Оренбургского отдела степного природопользования.

В настоящее время Институт является мировым лидером в области комплексного фундаментального изучения геоэкологических проблем степной зоны Евразии и координатором международных исследований по данной тематике. Ведущие позиции Института подтверждаются уникальными результатами, полученными в области комплексного изучения степной зоны Евразии. В Институте степи УрО РАН, являющемся единственным на Урале и в УрО РАН академическим институтом географического профиля, сформировалась Оренбургская ландшафтно-экологическая степеведческая научная школа, которая внесла существенный вклад в разработку теоретических основ степеведения и принципов сохранения и восстановления природного и историко-культурного наследия степей Северной Евразии. С момента создания Институт возглавляет член-корреспондент РАН, доктор географических наук, профессор А.А. Чибилев.

В настоящее время в Институте работает 56 человек, более половины из которых, – научные сотрудники, в том числе 1 член-корреспондент РАН, 5 докторов наук и 25 кандидатов наук, специализирующихся в области экологии, ландшафтоведения, геоэкологии, степной агроэкологии и землеустройства, ботаники, лихенологии, орнитологии, энтомологии, истории и археологии. Подготовка кадров высшей квалификации ведется по линии очного и заочного обучения в аспирантуре по трем специальностям: 25.00.36 – геоэкология, науки о Земле; 03.02.08 – экология, 03.02.13 – почвоведение. В Институте работает Совет молодых ученых, деятельность которого способствует объединению талантливой молодежи и укреплению взаимодействия с другими академическими институтами и вузами России и зарубежных стран.

В структуре Института 6 лабораторий, отражающих основные направления научных исследований: ландшафтного разнообразия и заповедного дела, биогеографии и мониторинга биоразнообразия, агроэкологии и землеустройства, геоэкологии и ландшафтного планирования, исторического степеведения, экономической географии. Помимо того, Институт располагает также научной библиотекой, гербарием, научными коллекциями, стационаром «Бузулукский бор».

Основные научные исследования Института направлены на разработку научных основ общего и исторического степеведения, степного природопользования и землеустройства; изучение ландшафтного и биологического разнообразия, объектов природного и историко-культурного наследия, разработку научных основ заповедного дела в степной зоне Евразии и Уральском регионе; изучение морфологии, структуры и динамики ландшафтов на основе геоинформационных технологий для целей мониторинга и прогнозирования.

За время работы Института были по всем научным направлениям проведены исследования, получены важные фундаментальные научные и практические результаты, которые обеспечивают решение актуальных геоэкологических проблем степной зоны Евразии и являются основой для принятия ряда законодательных документов регионального и федерального уровня.

В итоге заложены основы междисциплинарных научных знаний – и степеведения как научного направления, решающего ландшафтно-экологические, биогеографические и культурно-исторические проблемы степной зоны (Левыкин, Чибилев, 2010). Разработаны теоретические и прикладные основы исторической геоэкологии степей Северной Евразии – исторического степеведения (Чибилев, Богданов, 2009; Чибилев, Грошева, 2003). Установлено, что ландшафты степной зоны России и прилежащих государств до начала их земледельческого освоения в XIX-XX вв. представляли собой природно-антропогенные образования, сформировавшиеся во второй половине голоцена в результате скотоводческой колонизации степей кочевыми и полукочевыми народами, входившими в состав сменявших друг друга Степных империй. Полученные данные имеют актуальное значение для идентификации объектов природного и культурного наследия степей, изучения генезиса исторически сложившихся природно-антропогенных комплексов, а также разработки стратегии устойчивого территориального развития и землеустройства степных регионов в Новейшее время (Чибилев, 2010).

В результате многолетних исследований изучены палеогеографические и исторические предпосылки формирования ландшафтов степей, реконструированы этапы совместной эволюции природы и человека на территории степей Северной Евразии. В частности, к.и.н. С.В. Богдановым впервые для Южного Урала проанализированы предпосылки и основные этапы развития культурной эволюции начала эры металлов (V-III тыс. до н.э.) с формированием Приуральского очага

металлообработки (Богданов, 2004). Открыта первая палеолитическая стоянка в степном Приуралье, подтвержденная коллекцией предметов материальной культуры (35-26 тыс. лет назад) и образцов позднеплейстоценовой фауны, флоры и погребенных почв (Богданов, Котов, 2008).

Большой блок фундаментальных и прикладных задач Института решается в области степного природопользования и землеустройства. Коллективом Института, во главе с чл.-корр. РАН А.А. Чибилевым и профессором РАН С.В. Левыкиным разработаны концептуальные основы землеустроительной политики в степных и лесостепных регионах страны с учетом обеспечения экологической устойчивости и сохранения природного разнообразия. Впервые предложены ландшафтно-экологические подходы к дифференцированной трансформации угодий с целью экологической реабилитации земель в зонах длительного экстенсивного освоения. Сформулированы рекомендации по проведению качественно новых землеустроительных работ, учитывающих сохранение эколого-хозяйственного баланса территории. На основе расчета почвенно-экологического индекса сельскохозяйственных земель разработана методика оценки трансформации малопродуктивных пахотных угодий. В последние годы важное место в работах Института занимают исследования по разработке модели устойчивого развития регионов степной зоны и созданию стратегии развития природоподобных технологий при использовании природных ресурсов степной и лесостепной зон России в условиях естественных и антропогенных изменений окружающей природной среды.

Институтом выполнен ряд уникальных и пока единственных в России разработок по картографическому обеспечению территории. Впервые в нашей стране составлен иллюстрированный Атлас-кадастр геологических памятников природы Оренбургской области, включающий информацию, о более чем 350 памятниках природы (Геологические памятники природы…, 2000). Данное издание подвело итоги многолетней работы Института по инвентаризации, классификации, типологии и систематизации уникальных информационных и демонстрационных геологических объектов, которые необходимы для учета при лицензировании пользования недрами, что успешно применяется на практике Министерством природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области.

Коллективом ученых Института степи, во главе с профессором А.И. Климентьевым разработаны концепция и структура областной Красной книги степных почв, составившей научную и правовую основу по особой защите почвенного покрова (Красная книга почв …, 2001). Разработана научная концепция «Зеленой книги» как кадастра единой и непрерывной сети особо охраняемых природных территорий Оренбургской области (Чибилев и др., 1999).

Для практического внедрения в качестве модельного региона в рамках федеральной целевой программы по заданию Министерства природных ресурсов РФ Институтом разработаны научно-организационные принципы формирования природно-экологического каркаса крупных регионов России на основе концепции ключевых ландшафтных территорий, в основу которого положена разработанная в Институте концепция сохранения биоразнообразия через охрану георазнообразия и использования фундаментальных разработок в области природного наследия, включая исследование эффекта повышенного природного разнообразия приграничных территорий на основе представлений о ландшафтных рефугиумах (Чибилев, 1999).

Научным коллективом Института выполнены инвентаризация и мониторинг биологического разнообразия, созданы базы данных о современном состоянии флоры, растительности и отдельных групп животных, выявлены ключевые биологические территории степной зоны всей Северной Евразии (Рябинина, 1998; Кин, 2009).

Важнейшими результатами исследований являются выявленные и изученные закономерности динамики, структуры и тенденций развития солянокупольных (Петрищев, 2011), карстовых (Павлейчик, 2011), песчаных, родниковых, красноцветных ландшафтов степной зоны Заволжья и Южного Урала, а также разработанные методологические подходы к их изучению. В Институте разработана оригинальная методика оценки параметров экологической устойчивости ландшафтов и вероятности возникновения экологических рисков; разработаны карты источников экологических и природно-ресурсных рисков, отражающие пространственные закономерности и степень опасности экзогенных процессов для жизнедеятельности человека.

Длительное время в Институте ведутся комплексные исследования территории бассейна реки

Урал как трансграничного региона с целью разработки научного эколого-географического обоснования его устойчивого развития (Чибилев, 2008). С этой целью исследована динамика гидрологического режима реки Урал, выявлены индикаторы современного экологического состояния территории его бассейна и сформулированы предложения по развитию трансграничного сотрудничества в условиях глобализации (Сивохип, Падалко, 2014).

Для разработки научного представления о российско-казахстанском трансграничном географическом пространстве выполнена оценка современного геоэкологического состояния трансграничной территории, установлены тенденции развития ландшафтов и даны предложения по формированию природопользования в регионах приграничного сотрудничества. Полученные результаты направлены на разработку стратегии сохранения ландшафтного и биологического разнообразия и устойчивого экологического и социально-экономического развития российско-казахстанского трансграничного пространства (Российско-Казахстанский трансграничный …, 2011).

Разработана принципиально новая схема физико-географического районирования Уральского региона, основанная на принципах синхронного учета трех факторов дифференциации ландшафтов: азонального, связанного с геолого-геоморфологическими особенностями; зонального, обусловленного широтной зональностью на равнинах; высотной поясности и вертикальной дифференциации ландшафтов (Чибилев, 2011). Сформулированы современные представления о географической границе между Европой и Азией от Карского до Каспийского моря. Впервые составлена обзорная карта границы между Европой и Азией в масштабе 1:500000. Новые подходы к физико-географическому районированию этого региона позволили обосновать создание репрезентативной сети ключевых ландшафтных территорий в составе ООПТ федерального и регионального значения. За цикл монографических работ по комплексному физико-географическому исследованию Уральского региона в 2015 году А.А. Чибилев был награжден золотой медалью имени Л.С. Берга, присуждаемой Российской академией наук за выдающиеся работы в области географии, биогеографии и ихтиологии.

Основная часть научных исследований Института выполняется с использованием геоинформационных технологий и материалов дистанционного зондирования. Разработана серия цифровых тематических карт Уральского региона, Оренбургской области, российско-казахстанского трансграничного региона.

Фундаментальные исследования Института постоянно поддерживаются грантами российских фондов (РНФ, РГНФ, РФФИ, РГО, Президента РФ), а апробация и практическое внедрение их результатов осуществляется на основе контрактов и договоров с администрациями региона и хозяйствующими субъектами.

Наряду с фундаментальными научными исследованиями Институт выполняет большой объем прикладных научно-исследовательских работ по заданиям органов государственной власти субъектов России, хозяйственных и иных организаций.

Институтом разработано стратегическое направление устойчивого развития Оренбургской области до 2030 года, включающее развитие области в рамках межгосударственного приграничного сотрудничества; эколого-экономическую реабилитацию территорий, нарушенных нефте-газодобычей и горными разработками, восстановление плодородия бывших пахотных угодий с целью расширения пастбищно-степных угодий, рациональное землеустройство территорий; создание ландшафтно-экологического каркаса и др.

Исторически Институт уделяет большое внимание прикладным исследованиям по обоснованию и организации новых особо охраняемых природных территорий, природных заказников, национальных парков и заповедников. В их числе – проектирование и организация первого в России государственного степного заповедника «Оренбургский», разработка эколого-экономического обоснования организации национального парка «Бузулукский бор», государственного природного заповедника «Шайтан-Тау», первого в Европе заповедника, взявшего под охрану государства горно-лесостепные ландшафты на юго-восточном пределе распространения широколиственных лесов. Коллектив Института выступил с инициативой и добился, в рамках реализации проекта Института «Оренбургская Тарпания» и проекта РГО по возвращению лошади Пржевальского в степи России, организации пятого участка государственного заповедника «Оренбургский», путем создания нового кластерного участка «Предуральская степь». В результате многолетних изысканий коллектива

Института, во главе с директором А.А. Чибилевым лошадь Пржевальского возвратилась в Оренбургские степи.

По Программе фундаментальных исследований РАН «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации» С.В. Левыкиным осуществлена оценка природоохранного, хозяйственного и туристического потенциала островов Новосибирского архипелага и разработано «Ландшафтно-экологическое обоснование организации национального природного парка на Новосибирских островах» («Русская едома – обитель мамонта»), в разработке которого использована оригинальная концепция палеонтологической направленности парка, основанная на бренде мамонта, титульного вида тундростепей позднего плейстоцена и брендинге Земли Санникова как символа российских географических открытий и путешествий в Центральной Арктике.

В настоящее время Институтом в рамках проекта ПРООН/МПР/ГЭФ ведутся работы по организации комплексного природного заказника «Троицкий» в трансграничной зоне России и Казахстана.

Институтом степи УрО РАН создана концепция, разработаны и изданы 32 эколого-краеведческих атласа районов Оренбургской области, являющихся важным компонентом регионального образования в общеобразовательных школах и вузах.

В 2007-2009 гг. творческим коллективом ученых Института была разработана и внедрена система эколого-геохимического мониторинга трансграничных речных систем Оренбургской области. На ее основе в рамках Региональной целевой программы «Воспроизводство минерально-сырьевой базы Оренбургской области» установлены сезонные вариации содержания тяжелых металлов и выявлены причины их техногенных и природных аномалий. При изучении водных ресурсов Оренбургской области определены факторы формирования и основные параметры родников и родниковых вод, проведена кластерная дифференциация их выходов в Оренбургской области по геоморфологическим, гидрогеологическим и геохимическим признакам. Составлена сводная карта родников Оренбургской области в масштабе 1:500000, проведена их классификация по перспективности использования для пополнения хозяйственно-питьевых ресурсов подземных вод в Оренбургской области. Выполнена оценка ландшафтно-экологических последствий освоения недр и формирования техногеосистем при разработке медноколчеданных месторождений. Проведена классификация техногеосистем Оренбургской области по комплексу признаков. Составлены карты основных очагов техногенного (горнопромышленного) воздействия на ландшафты области. По результатам эколого-геологических работ сформирована ГИС и разработаны рекомендации по ее использованию в сфере лицензирования недропользования.

В рамках целевой программы «Развитие туризма в Оренбургской области» Институтом издаются туристические путеводители, обобщающие материалы по основным туристическим маршрутам области, с электронными картосхемами туристических маршрутов и комплексным иллюстрированным описанием. Впервые издан сводный туристический путеводитель Оренбургской области (Туристические маршруты …, 2008).

Институт участвовал в разработке областных целевых программ «Оздоровление экологической обстановки в Оренбургской области в 2011-2015 гг.», направленной, в частности, на реконструкцию дендросада национального парка «Бузулукский бор», «Повышение устойчивости водных биоресурсов и развитие рыбохозяйственного комплекса Оренбургской области на 2012-2015 гг.», предусматривающей осуществление мероприятий по обеспечению охраны водных биоресурсов, а также строительство нерестового выростного хозяйства по воспроизводству сиговых и растительноядных видов рыб на базе Ириклинского водохранилища.

Экспедиционная деятельность Института охватывает территорию степной, лесостепной и полупустынной зон России и Казахстана на пространстве от Нижнего Дона до Алтая.

Институт – главное научное учреждение региона по подготовке кадров высшей квалификации географического профиля. За время существования Института в его стенах подготовлены 40 кандидатов и 7 докторов наук. Институт поддерживает тесные связи, подкрепленные договорами о научном и научно-педагогическом сотрудничестве, с вузами г. Оренбурга и Оренбургской области, а также с вузами других регионов и областей России. Совместно с Оренбургским государственным аграрным университетом создана базовая кафедра «Агроэкология и степеведение». Многие

сотрудники Института совмещают научную работу с преподавательской деятельностью в ведущих вузах г. Оренбурга, читают лекции, проводят практические и семинарские занятия, руководят курсовыми и дипломными работами, учебными и полевыми практиками, издают научно-методическую литературу и учебные пособия, участвуют в работе диссертационных советов и Государственных экзаменационных комиссий. В Институте разработана и создана серия учебных пособий и учебников для школ и вузов «Введение в геоэкологию» (Чибилев, 1998а), «Основы степеведения» (Чибилев, 1998б), «Географический атлас Оренбургской области» (Географический атлас…, 1999), «География Оренбургской области: Учебник для 8-9 классов общеобразовательной школы» (География …, 2002), «Очерки экономической географии Оренбургского края. Том I» (Чибилев-мл., Семенов, 2014), «Природа Оренбургской области» (Чибилев, 1995) и др.

Институт активно развивает международное сотрудничество с ведущими научно-исследовательскими и образовательными организациями Казахстана, Украины, Польши, Монголии, Чехии, Венгрии, Словакии. В 2010-2016 гг. Институт принимает участие в проекте Программы развития Организации Объединенных наций / Министерства природных ресурсов РФ / Глобального экологического фонда (ПРООН/МПР/ГЭФ) «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России».

Своеобразным брендом Института являются Международные симпозиумы «Степи Северной Евразии» (с 1997 г. проведено 7 крупных съездов). За прошедшие годы симпозиум стал важным научным мероприятием, объединяющим ведущих ученых, изучающих ландшафтное и биологическое разнообразие и проблемы природопользования степной зоны Евразийского материка. Во многом благодаря его работе были сформированы теоретические основы науки степеведения, развито понятие о степных ландшафтах, создана мощная информационная база данных, объединена работа центров по изучению степных комплексов как в России, так и за рубежом.

Для привлечения молодых исследователей, Институт, начиная с 2002 года, является одним из инициаторов и организаторов проведения ежегодной молодежной школы-семинара ученых-степеведов «Геоэкологические проблемы степных регионов», которая приобрела статус международной. В Институте хорошо понимают, что молодая смена – это преемственность поколений, дающая уверенность в завтрашнем дне, возможность продолжить начатое и устремиться к новому.

Важной задачей Института является популяризация географической науки и эколого-географическое воспитание и просвещение. При Институте функционирует общественная организация – Оренбургское региональное отделение Русского географического общества. Отделение является старейшим и авторитетнейшим региональным отделением страны, в 2017 году ему исполнится 150 лет. На протяжении последних 30 лет возглавляет отделение Вице-президент Русского географического общества, директор Института степи УрО РАН А.А. Чибилев, а его Попечительским советом руководит губернатор Оренбургской области. Институт степи УрО РАН совместно с Оренбургским региональным отделением РГО стал инициатором и организатором ежегодного регионального экологического праздника «День степи», главной целью которого стало привлечение внимания общественности, хозяйственников, политиков и государственных органов к проблемам устойчивого экологического и экономического развития степных регионов, сохранения и охраны степных ландшафтов, пострадавших от хозяйственной деятельности человека, а также активизация гражданской позиции молодежи в отношении защиты окружающей среды и устойчивого развития. «День степи» является очень важным событием для Оренбургской области и всей России, так как привлекает внимание к серьезным проблемам сохранения, реставрации и реабилитации степных ландшафтов Северной Евразии.

Институт располагает обширными научными коллекциями собранными учеными Института: геологической – насчитывающей более 3000 образцов, представляющих литологическое, палеонтологической и минералогическое разнообразие Поволжья, Южного Урала и Прикаспийской впадины; академической гербарной коллекцией, высших сосудистых растений, мхов, лишайников и грибов, насчитывающий более 15000 единиц хранения и зарегистрированной в Международной системе INDEX HERBARIORUM с акронимом «ORIS». В Институте собран фотоархив геологических, ландшафтных, ботанических и археологических объектов степной зоны, в том числе Алтая, Северного Казахстана и Южного Урала. Общий объем созданной электронной базы

фотоматериалов превышает 30000 единиц. Коллекции представляют большую научную ценность и являются хорошей базой для организации экологического образования и воспитания широких слоев населения региона. Библиотечные фонды Института включают краеведческую и специальную литературу по вопросам степеведения (около 11000 единиц хранения).

С 2004 г. в составе Института функционирует научный стационар «Бузулукский бор», располагающийся в поселке Партизанский Бузулукского района Оренбургской области на территории национально парка «Бузулукский бор». Он является центром базирования экспедиций, проведения экспериментальных стационарных научных исследований.

Перспективы Института связаны в первую очередь с поиском хозяйственно-экологического компромисса в использовании природных ресурсов степной и лесостепной зон России в условиях естественных и антропогенных изменений окружающей среды, предусматривающего разработку фундаментальных основ, инновационных технологий и практических решений с целью экологической реабилитации постцелинного пространства степной и лесостепной зон России, решения проблем использования мало востребованного и невостребованного земельного фонда в малонаселенных приграничных южных регионах страны на основе модернизации структуры земельного фонда и эффективного использования природных преимуществ данных территорий. Дальнейшее развитие получат исследования по систематизации объектов исторического и культурного наследия, организации и сохранению особо охраняемых природных территорий, национальных парков, заповедников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Богданов С. В., Котов В.Г. 2008. Верхнепалеолитическая стоянка Лабазы I (Оренбургская область) // Уфимский археологический вестник. Вып. 8. С. 27-38.

Богданов С.В. 2004. Эпоха меди степного Приуралья. Екатеринбург: УрО РАН. 285 с.

Географический атлас Оренбургской области. 1999 / Под ред. А.А. Чибилева. М.: Изд-во ДИК. 96 с.

Чибилев А.А., Ахметов Р.Ш., Герасименко Т.И., Петрищев В.П., Семенов Е.А. География Оренбургской области: Учебник для 8-9 классов общеобразовательной школы. 2002. М.: МГУ. 192 с.

Геологические памятники природы Оренбургской области. 2000. / Под ред. А.А. Чибилева, Г.Д. Мусихина, В.П. Петрищева, В.М. Павлейчика, Ж.Т. Сивохипа. М.; Оренбург: Оренб. кн. изд-во. 400 с.

Кин Н.О. 2009. Флора Бузулукского бора (сосудистые растения). Екатеринбург: УрО РАН. 250 с.

Красная книга почв Оренбургской области. 2001 / Под ред. А.И. Климентьева, А.А. Чибилева, Е.В. Блохина, И.В. Грошева Екатеринбург: УрО РАН. 295 с.

Левыкин С.В., Чибилев А.А. 2010. Степеведение – теоретическая основа сохранения и восстановления степей в XXI в. // Проблемы геоэкологии и степеведения. Т. II. Развитие научной школы в Институте степи УрО РАН. Екатеринбург: УрО РАН. С. 10-16.

Павлейчик В.М. 2011. Карстовые ландшафты Южного Предуралья. Екатеринбург: УрО РАН. 300 с.

Петрищев В.П. 2011. Солянокупольный ландшафтогенез: морфоструктурные особенности геосистем и последствия их техногенной трансформации. Екатеринбург: УрО РАН. 310 с.

Российско-Казахстанский трансграничный регион: история, геоэкология и устойчивое развитие. 2011. Екатеринбург: УрО РАН. 215 с.

Рябинина З.Н. 1998. Конспект флоры Оренбургской области. Екатеринбург: УрО РАН. 164 с.

Сивохип Ж.Т., Падалко Ю.А. 2014. Географо-гидрологические факторы опасных гидрологических явлений в бассейне реки Урал // Известия РАН. Серия географическая. № 6. С. 40-48.

Туристические маршруты Оренбургской области: сводный путеводитель. 2008. / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.А. Чибилева. Оренбург: ООО «Союз реклама». 98 с.

Чибилев А.А. 1988. Степь и степное природопользование // Научные чтения, посвященные 80-летию со дня рождения чл.-кор. АН СССР А.С. Хоментовского: Тезисы докладов. Оренбург: ОКМР Оренбургского облисполкома. С. 9-11.

Чибилев А.А. 1989. О перспективах развития академической науки и организации Института степи в Оренбурге // Рычковские чтения: Тезисы докладов Оренбург: ОКМР Оренбургского облисполкома. С. 35-37.

Чибилев А.А. 1992а. Ландшафтно-экологические основы рационализации природопользования в степной зоне (на примере Южного Урала и сопредельных территорий): Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. СП(б). 50 с.

Чибилев А.А. 1992б. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Свердловск: УрО АН СССР. 172 с.

Чибилев А.А. 1995. Природа Оренбургской области. Ч.1.: Физико-геогр. и ист.-геогр. очерк. Оренбург: Изд-во Южный Урал. 128 с.

Чибилев А.А. 1998а. Введение в геоэкологию: (эколого-географические аспекты природопользования). Екатеринбург: УрО РАН. 124 с.

Чибилев А.А. 1998б. Основы степеведения. Оренбург: Изд-во Димур. 126 с.
Чибилев А.А. 1999. Ландшафтные рефугии степной зоны Урала и Приуралья // Вопросы степеведения: Сборник науч. ст., посвященый 275-летию РАН. Оренбург: Изд.-во Димур. С. 32-33.
Чибилев А.А. 2008. Бассейн Урала: история, география, экология. Екатеринбург: УрО РАН. 312 с.
Чибилев А.А. 2010. Кочевнические империи как фактор формирования степных ландшафтов Северной Евразии // Известия РАН. Серия географическая. № 3. С. 131-138.
Чибилев А.А. 2011. Урал: природное разнообразие и евро-азиатская граница. Екатеринбург: УрО РАН. 160 с.
Чибилев А.А., Богданов С.В. 2009. Историческая геоэкология степей Евразии: постановка проблемы // Наука. Общество. Человек: Вестник УрО РАН. № 2. С. 109-115.
Чибилев А.А., Грошева О.А. 2003. Очерки по истории степеведения. Екатеринбург: УрО РАН. 147 с.
Чибилев А.А., Мусихин Г.Д., Павлейчик В.М., Паршина В.П. 1996. Зеленая книга Оренбургской области: Кадастр объектов Оренбургского природного наследия. Оренбург: Изд.-во Димур. 260 с.
Чибилев-мл. А.А., Семенов Е.А. 2014. Очерки экономической географии Оренбургского края. Т. 1. Екатеринбург: ООО «УЦАО». 182 с.

THE TWENTIETH ANNIVERSARY OF INSTITUTE OF STEPPE OF URAL BRANCH OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

© 2016. A.G. Ryabukha

Institute of steppe Ural Branch RAS
Russia, 460000 Orenburg, Pionerskaya str., 11. E-mail: annaryabukha@yandex.ru

September 10, 1996 decree of the Presidium of the Russian Academy of Sciences, it was decided to establish in the city of Orenburg Institute of Steppe of Ural Branch of Russian Academy of Sciences. This date is considered the birthday of the only in the Urals and UB RAS Academic Geographic Institute, which is the world leader in integrated geo-ecological study of the fundamental problems of the steppe zone of Eurasia, and coordinator of the international research on the subject. The paper presents the history of the formation of the Institute of Steppe, Institute of Steppe of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, shows the main achievements in the field of basic and applied research, characterized by international cooperation and the prospect of development.
Keywords: Institute of Steppe, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, the steppe zone, stepevedenie, Northern Eurasia, a scientific school, steppe natural resources, protected areas.

ISSN 1993-3916

ЖУРНАЛ АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ 2016. Т. 22. № 4 (69)

JOURNAL ARID ECOSYSTEMS 2016. Vol. 22. № 4 (69)

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

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

ТОВАРИЩЕСТВО НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ КМК

Формат 60х 84 $^{1}/_{8}$	Объем 6.5 п.л.
Тираж 200 экз.	Заказ №

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

Индекс 39775 (каталог «Пресса России»)