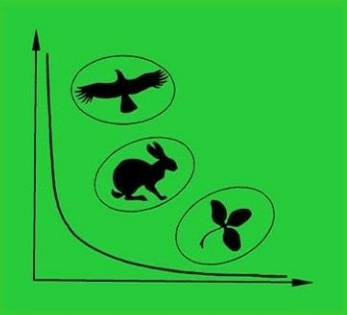
ISSN 2542-2006

Том *Volume* **2** **Номер** **Number** **2** **Июнь** **June** **2018**



ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА
ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS

Журнал освещает результаты фундаментальных исследований и прикладных работ по изучению состояния, закономерностей процессов и динамики в природных, антропогенно созданных и/или антропогенно нарушенных экосистемах любого ранга (от биотопа до биосферы), а также в отдельных компонентах этих экосистем (как живых, так и неживых) повсеместно: во всех природных зонах и ландшафтах, на суше и в водной стихии. Статьи соотвествующей тематики принимаются по следующим научным направлениям: география, биология, лесное и сельское хозяйство.

The journal highlights the results of fundamental and applied investigations on the study of the state, processes and dynamics in natural, anthropogenic and/or anthropogenically disturbed ecosystems of any scale (beginning from biotope and up to biosphere) as well as in separate components of those ecosystems (alive and lifeless) everywhere: in all natural zones and landscapes, on land and in the water. Papers on the related topics submitted to the journal should be related to the following branches of science: geography, biology, forest and agricultural management.

МОСКВА
MOSCOW

2018

WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS

Vol. 2, No. 2, 2018, June
Journal is founded in January 2017
Issued 4 times per year

Editor-in-Chief, Dr. geogr. Zh.V. Kuzmina

Editorial Council:
Corresponding member of the Russian Academy of Sciences
V.I. Danilov-Danilyan,
Academician of the Russian Academy of Sciences K.N. Kulik,
Corresponding member of the Russian Academy of Sciences V.V. Melikhov,
Academician of the Russian Academy of Sciences A.S. Rulev

Editorial Board:
M.V. Bolgov, A.N. Gelfan, E.I. Golubeva, L.P. Gruzdeva, T.V. Dikariova,
N.G. Mazey, N.M. Novikova, G.N. Ogureeva, E.I. Pankova, S.A. Podolskiy,
E.G. Suslova, A.S. Viktorov, M.F. Vundtsettel, L.G. Yemelyanova

Executive Secretary:
E.I. Tobolova

Head of Editorial Office:
O.S. Grinchenko

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

MOSCOW

2018

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЭКОСИСТЕМЫ:
ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА

Том 2, № 2, 2018, июнь
Журнал основан в январе 2017 г.
Выходит 4 раза в год

Главный редактор
доктор географических наук
Ж.В. Кузьмина

Редакционный совет:
член-корреспондент Российской академии наук В.И. Данилов-Данильян,
академик Российской академии наук К.Н. Кулик,
член-корреспондент Российской академии наук В.В. Мелихов,
академик Российской академии наук А.С. Рулев

Редакционная коллегия:
М.В. Болгов, А.С. Викторов, М.Ф. Вундцеттель, А.Н. Гельфан, Е.И. Голубева,
Л.П. Груздева, Т.В. Дикарева, Л.Г. Емельянова, Н.Г. Мазей, Н.М. Новикова,
Г.Н. Огуреева, Е.И. Панкова, С.А. Подольский, Е.Г. Суслова

Ответственный секретарь:
Е.И. Тоболова

Заведующий редакцией:
О.С. Гринченко

Адрес редакции:
Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, д. 3, ИВП РАН
Телефон: (499) 135-70-41, (499) 135-70-31. Факс: (499) 135-54-15
E-mail: dynamics-journal@yandex.ru
http://www.ecosystemsdynamic.ru

Москва

2018

© Журнал основан в 2017 г.
Учрежден и издается
Институтом водных проблем Российской академии наук.
Журнал как сетевое издание зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций; свидетельство о регистрации: ЭЛ № ФС 77-68782 от 17.02.2017.
Журнал зарегистрирован в Национальном центре ISSN Российской Федерации, а также в научных электронных библиотеках НЭБ, РИНЦ, КиберЛенинка.

The journal has been founded in 2017.
It was founded and published by the
Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences.
The Journal is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (in Roskomnadzor) as a web Media;
Certification Number is ЭЛ № ФС 77-68782 of 17.02.2017.
The Journal is registered in National centre ISSN of Russian Federation, and also in scientific electron libraries Elibrary, Science Index, CYBERLENINKA.

Информация о журнале, правила для авторов располагаются на сайте
http://www.ecosystemsdynamic.ru

Information about Journal and Rules for authors are at the site
http://www.ecosystemsdynamic.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Том 2, номер 2, 2018 июнь

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Многолетняя динамика состояния пастбищных экосистем в экотонной зоне сухих и пустынных степей Центральной Монголии (Среднегобийский аймак)

И.А. Петухов, С.Н. Бажа, Е.В. Данжалова, Ю.И. Дробышев, С.-Х.Д. Сыртыпова, Е.А. Богданов, С. Энх-Амгалан, П.Д. Гунин 5-39

Тренд развития почв аридных экосистем под влиянием различного антропогенного воздействия (Астраханская область)

Е.И. Панкова, М.В. Конюшкова, В.И. Мухортов 40-64

ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Оценка и анализ испарения, транспирации и запасов воды в почве полей яровой пшеницы за безморозный период в различные по водности годы

Н.А. Шумова 65-88

Условия произрастания древесно-кустарниковой растительности в балках второй террасы озерных депрессий глинистой полупустыни Заволжья

А.В. Колесников, О.А. Бухарева, Н.П. Шабанова, А.В. Быков 89-99

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОХРАНА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Кадастрово-справочные карты – основа создания карт эколого-географической структуры ареалов млекопитающих

Л.Г. Емельянова, А.С. Оботуров 100-126

Эколого-географические особенности распространения ядовитых растений на Дальнем Востоке России

С.В. Зелихина, Т.В. Дикарева 127-146

CONTENTS

Volume 2, Number 2, 2018 June

DYNAMICS OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Long-Term Dynamics of Pasture Ecosystems' Condition along the Ecotone Zone of Dry and Desert Steppes Of Central Mongolia (Dundgovi Province)

I.A. Petukhov, S.N. Bazha, E.V. Danzhalova, Yu.I. Drobyshev, S.-Kh.D. Syrtypova, E.A. Bogdanov, S. Enkh-Amgalan, P.D. Gunin 5-39

Trend of Development of Soils of Arid Ecosystems under the Influence of Different Anthropogenic Exposure (Astrakhan Region)

E.I. Pankova, M.V. Konyushkova, V.I. Mukhortov 40-64

ASSESSMENT OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Evaluation and Analysis of Evaporation, Transpiration and Water Reserve in the Soils of the Spring Wheat Pastures During the Frost-Free Period of the Years with Different Water Content

N.A. Shumova 65-88

Tree and Shrubs Growth Conditions in the Ravines of Second Terraces of Lake Depressions in the Clay Semi-Desert Transvolga

A.V. Kolesnikov, O.A. Bukhareva, N.P. Shabanova, A.V. Bykov 89-99

DISTRIBUTION AND PROTECTION OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Cadastral-Reference Maps as a Base for Making Maps of Ecological and Geographical Structure of Mammals Natural Habitats

L.G. Yemelyanova, A.S. Oboturov 100-126

Ecological-Geographical Features of Poisonous Plants Distribution in the Far East Regions of Russia

S.V. Zelikhina, T.V. Dikareva 127-146

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2018, том 2, № 2, с. 5-39

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 911.52631.4

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЭКОТОННОЙ ЗОНЕ СУХИХ И ПУСТЫННЫХ СТЕПЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ МОНГОЛИИ (СРЕДНЕГОБИЙСКИЙ АЙМАК)[1]

© 2018 г. И.А. Петухов*, С.Н. Бажа*, Е.В. Данжалова*, Ю.И. Дробышев*, С.-Х.Д. Сыртыпова*, Е.А. Богданов, С. Энх-Амгалан***, П.Д. Гунин***

**Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: monexp@mail.ru
***Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,*
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1. E-mail: bogdanov.20191@mail.ru
****Институт географии и геоэкологии Академии наук Монголии*
Монголия, 214192, г. Улан-Батор, а/я 361. E-mail: amgalan69@yahoo.com

В статье обсуждаются динамические процессы, протекающие в растительном покрове пастбищных экосистем Центральной Монголии под влиянием аридизации климата и усиливающейся антропогенной (прежде всего, пастбищной) нагрузки. На примере модельного Среднегобийского аймака показано, что за последние три десятка лет граница пустынных и сухих степей продвинулась на север, о чем свидетельствуют значительные изменения видового состава фитоценозов и смены видов-доминантов.

Ключевые слова: Центральная Монголия, пастбищные экосистемы, Среднегобийский аймак, динамика растительности, пастбищная дигрессия.
DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10007

На протяжении многих десятилетий ведущие монгольские, советские, а теперь и российские ученые проводят исследования природных экосистем Монголии, включая пастбища и их растительность, как основу благополучия пастбищного животноводства – главной отрасли местной экономики. Результаты исследований представлены в многочисленных монографиях, сборниках, статьях и научных отчетах. Были изданы также крупные картографические произведения, значение которых не снижается и в настоящее время: «Карта растительности МНР» (1979), «Кормо-ботаническая карта Монголии» (1981-1982), «Национальный атлас Монгольской Народной Республики» (1990). В 1995 году была опубликована «Карта экосистем Монголии» (Ecosystems of Mongolia …, 1995) масштаба 1:1000000, созданная силами совместной Советско-Монгольской (сегодня – Российско-Монгольской) комплексной биологической экспедиции (СРМКБЭ) Российской Академии наук (РАН) и Академии наук Монголии (АНМ). На ней отражены состав и зонально-поясная структура экосистем Монголии, основные антропогенные факторы их дестабилизации и их состояние на момент картографирования. Полевые исследования проводились в 1989 году в течение одного полевого сезона на базе заранее разработанных методик (Методические рекомендации … , 1989).

В 2005 году был подготовлен и издан мелкомасштабный (1:1000000) «Атлас экосистем Монголии» (Ecosystems of Mongolia. Atlas, 2005), в котором на основе данных карты экосистем Монголии, помимо различных тематических интерпретаций этой карты, приведены уточненные площади разных зонально-поясных и экологических групп экосистем, с указанием их процентного участия на территории страны, а также даны

[1] Работа выполнена в рамках Научной программы СРМКБЭ РАН и АНМ в ИПЭЭ РАН.

площади этих экосистем, находившихся в 1989 году на разной стадии деградации (антропогенной нарушенности). По расчетным данным, природные экосистемы, пригодные для использования в качестве пастбищ, составляли 86.9 % или 1345.02 тыс. км^2 от всей площади страны (1564.12 тыс. км^2; Ecosystems of Mongolia …, 2005).

К пастбищепригодным относят высокогорные криопетрофитные, тундровые, ерниковые и кобрезиевые экосистемы, зональные степи и степи лесостепного и степного поясов гор, пустыни, различные полугидроморфные и гидроморфные (за исключением пойменных лесов) экосистемы. Наиболее продуктивными и интенсивно используемыми являются степные пастбища, составляющие 46.1% площади страны (891.4 тыс. км^2). Подробно степная растительность Монголии классифицирована З.В. Карамышевой и В.Н. Храмцовым (Karamysheva, Khramtsov, 1995). На территории страны степные пастбища включают экосистемы:

- высокогорных осоково-кобрезиево-дерновиннозлаковых степей на грубогумусных высокогорно-степных почвах, распространенных по южным безлесным склонам высокогорий главных горных систем Монголии;
- умеренно-влажных (луговых) разнотравно-злаковых степей на черноземных, лугово-черноземных и горных темно-каштановых почвах, главным образом, на склонах и в межгорных долинах лесного и лесостепного поясов среднегорий;
- умеренно-сухих разнотравно-мелкодерновиннозлаковых степей на равнинных и горных вариантах темно-каштановых почв горных сооружений северной половины страны;
- сухих дерновиннозлаковых (тырсовых) степей, приуроченных к каштановым, горным каштановым и лугово-каштановым почвам предгорных равнин, котловин, сухих межгорных долин севера Монголии и горных склонов, включая горы южной части страны;
- опустыненных (очень сухих) степей, в которых крупнодерновинные ковыли начинают замещаться ковыльками, змеевками: полынно-дерновиннозлаковых, карагановo-дерновиннозлаковых, луково-разнотравно-дерновиннозлаковых и т.п. сообществ, развивающихся преимущественно на светло-каштановых почвах пологонаклонных предгорных и высоких платообразных равнин в центральной части Монголии, к югу от подзоны сухих степей;
- пустынных степей (систематизированных для Монголии А.А. Юнатовым в 1950 году) на бурых пустынно-степных и частично на светло-каштановых почвах, основу травостоя которых образуют ксерофильные мелкодерновинные злаки (из родов *Stipa, Cleystogenes*) и луки (*Allium polyrrhizum, A. mongolicum*), а ксерофильные полукустарнички (*Anabasis brevifolia, Salsola passerina, Reamuria soongorica, Nanophiton erinaceum, Ajania fruticulosa*) играют менее значимую роль в сложении травостоя. Они распространены в Котловине Больших озер, Гобийской Долине озер, на высоких равнинах Средней Халхи и Восточной Гоби, на предгорных шлейфах и в межгорных долинах Гобийского Алтая.

В качестве пастбищ активно используется растительность остепненных (северных) пустынь на бурых и палево-бурых почвах, близкая по флористическому составу к пустынным степям. К центру котловин и к югу они приходят на смену пустынным степям. В остепненных пустынях полукустарнички доминируют над мелкодерновинными злаками; появляются типично пустынные виды полукустарничков и кустарников.

В монографии Л.В. Жирнова с соавторами (2005) всесторонне охвачен вопрос о зональной дифференциации аридной территории Монголии. Были рассмотрены и учтены мнения большинства известных современных авторов – исследователей природы Монголии, проанализированы картографические произведения соответствующей тематики. В итоге в пределах аридной территории страны были выделены три почвенно-растительные зоны: степная, полупустынная и пустынная, каждая из которых, в свою очередь,

дифференцировалась на подзоны.

Полупустынная зона представляет собой экотонную полосу между зонами степей и пустынь. Монгольские полупустыни протянулись с северо-запада от Убсунурской котловины через Котловину Больших озер и далее в широтном направлении через Долину озер и депрессии Гобийского Алтая до юго-восточных границ страны. Полупустыни объединяют экосистемы, характерные исключительно для природы Монголии: полукустарничково-мелкодерновиннозлаковые и луковые пустынные степи и луково-мелкодерновиннозлаково-полукустарничковые остепненные пустыни.

У экотонной полосы, затрагивающей сухие степи и остепненные пустыни, весьма подвижные границы, обусловленные как изменяющимся климатом (главным образом, в сторону дальнейшей аридизации), так и неуклонно возрастающими антропогенными (пастбищными) нагрузками. Территория Среднегобийского аймака практически целиком, за исключением южной части, лежит в пределах указанного экотона, и здесь очень ярко и быстро изменяется состояние растительного и почвенного покровов. Поэтому данный аймак был выбран в качестве обширной модельной территории, чтобы выявить деградационные и демутационные процессы, протекающие в экосистемах под синергическим воздействием природных и антропогенных факторов (рис. 1).

В полосе полупустынь отмечены самые динамичные изменения зональной растительности: смещение пустынно-степных сообществ к северу, в подзоны опустыненных и сухих степей, а растительности остепненных пустынь – в пределы подзоны пустынных степей. Определение масштабов и главных причин этого явления стало основной задачей настоящего исследования.

Рис. 1. Расположение Среднегобийского аймака на территории Монголии.
Fig. 1. Location of Dundgovi Province in Mongolia.

Материалы и методы

В настоящей работе авторы опирались на методические разработки экспедиции, накопленные в течение большого периода времени, и использовали результаты многолетних

полевых исследований, осуществлявшихся сотрудниками экспедиции в Монголии.

Степень антропогенной нарушенности пастбищных экосистем определялась в соответствии с критериями, основанными, в первую очередь, на фитоценотических признаках (Методические рекомендации …, 1989), и подразделялась на 5 стадий:

1-я стадия – очень слабая (фитоиндикаторы дестабилизации экосистем практически отсутствуют), это состояние фоновых экосистем или очень слабо затронутых антропогенным влиянием;

2-я стадия – слабо нарушенные (в основном в результате выпаса) экосистемы (снижение вегетативной мощности доминантов, не проходящих полного цикла развития, выпадение некоторых злаков, появление сорняков);

3-я стадия – средняя (смена доминантов, разрушение дернин злаков, появление группировок сорняков – индикаторов дигрессии фитоценозов пастбищ);

4-я стадия – сильная (полная замена коренных фитоценозов на группировки сорной растительности, распространение группировок агрессивных синантропных видов);

5-я стадия – очень сильная, часто необратимая; растительные сообщества и группировки практически отсутствуют, встречаются лишь единичные сорняки или коренной травостой пастбищ полностью заменился на группировки (или вторичные сообщества) с абсолютным доминированием 1-2 сбоевыносливых видов, как правило, не поедаемых скотом.

Подсчет площадей экосистем по степени их антропогенной деградации для 1989 года, взятого как референтная точка, дал в отношении степей Монголии следующие результаты: зональные и горные степные экосистемы имели слабую и очень слабую степень деградации на 66.8% площади, 27.% находились на среднем уровне пастбищной дигрессии, 5.3% были сильно и очень сильно деградированы. Наибольшие пастбищные нагрузки испытывали экосистемы самых густонаселенных территорий страны – Центрального, Селенгинского, Увурхангайского и Булганского аймаков; также сильно перегружены были пастбища Среднегобийского аймака на севере и Хубсугульского на юге, долин Керулена и Идэра, внутригорных долин и котловин Хангая, Гобийского Алтая и юга Монгольского Алтая.

В различных природных регионах Монголии была организована сеть участков для стационарных исследований. В границах выбранных участков проводилось картографирование, изучалось влияние антропогенных факторов на состояние экосистем, степень деградации экосистем в целом, реакция на негативные факторы отдельных составляющих компонентов природных комплексов (растительность, почвы, гидрологический режим и пр.) и характер их изменений.

Методы картографирования природных экосистем, их состояния и факторов деградации отрабатывались на специальных картографических полигонах. В дальнейшем была разработана и опубликована методика геоинформационного картографирования природных экосистем и их современного состояния (Методология оценки ..., 1993). Основные принципы этой методики были реализованы при создании карт экосистем и оценки их современного состояния (в масштабе 1:200000) в сомонах Баян-Унжул Центрального аймака, Сант и Зунбурэн Селенгинского аймака, Эрдэнэдалай и Гурвансайхан Среднегобийского аймака.

С 1990-х годов в Монголии неуклонно растет поголовье всех видов скота. В 1989 году общее поголовье составляло 27 млн., а к 2012 году выросло до 41 млн. Несмотря на жесточайшие дзуты 2000-2001 гг. и 2009-2010 гг., когда из-за глубокого снежного покрова и прочного ледяного наста от бескормицы погибло от 10 до 13 млн., поголовье скота восстановилось за короткий срок, продолжило увеличиваться и в 2017 году уже превысило 66 млн. (Mongolian Statistical Information Service; рис. 2).

Наряду с этим сокращается число скотоводческих семей, что ведет к увеличению концентрации животных на ограниченных площадях, снижению их мобильности и, соответственно, к росту пастбищных нагрузок на единицу площади угодий (Бажа и др.,

2013). Спрос на кашемировые ткани привел к резкому увеличению количества коз – самого нежелательного для пастбищ вида домашних животных. В 2017 году их поголовье достигло 27.3 млн., что превышает 40% от общего поголовья скота в Монголии.

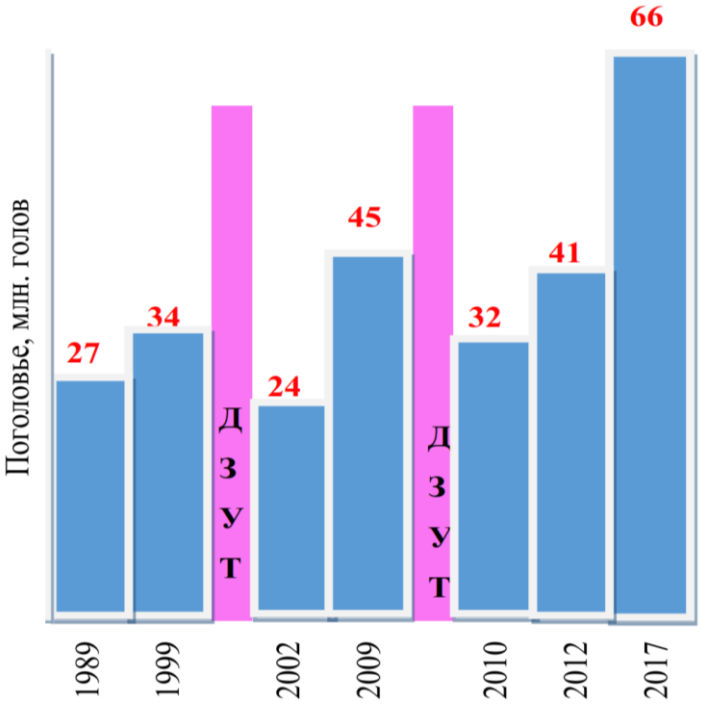


Рис. 2. Динамика общего поголовья скота Монголии (в млн. голов). **Fig. 2.** Dynamics of the total livestock population in Mongolia (in millions of heads).

Самые масштабные деструктивные изменения пастбищных экосистем отмечаются в пределах степной зоны, степного и лесостепного поясов в центральной части страны (аймаки Булганский, Орхон, Селенгинский, Дархан-Уул, Увурхангайский, Центральный, Хэнтэйский и Среднегобийский), в долинах, внутригорных котловинах и на плоскогорьях Хангая, Гобийского Алтая и на востоке Монгольского Алтая, а также на степных (включая пустынно-степные) пастбищах Котловины Больших озер и Долины озер.

В результате перевыпаса и отчасти общей аридизации климата в последние два десятилетия кардинально изменился травостой (и кустарниковый ярус) многих пастбищ: снизилась его жизненность, общее проективное покрытие, продуктивность и кормовая ценность, исходный видовой состав начал заменяться плохо поедаемыми, сорными и инвазийными видами; наблюдается ксерофитизация степной растительности в результате смещения к северу пустынно-степных сообществ.

Вместе с тем наблюдаются локальные улучшения состояния экосистем, вышедших по тем или иным причинам из интенсивного пастбищного использования. Поэтому возникла необходимость более детально рассмотреть причинно-следственные связи деградации и демутации экосистем экотонной зоны на примере изменения состояния пастбищ Среднегобийского аймака. Наряду с негативными явлениями местами наблюдается восстановление природного потенциала части нарушенных в прошлом пастбищных экосистем благодаря уменьшению или полному прекращению деструктивного влияния антропогенных факторов. Часто этому способствует утрата источников пресной воды (заиливание и иссушение родников, поломка оборудования артезианских колодцев), а также тенденция к концентрации большого количества скота на ограниченных площадях пастбищ, наиболее удобных для выпаса, хорошо обеспеченных водопоями, обычно поблизости от сомонов и бригад (багов).

В результате снижения пастбищных нагрузок жизненность растений и проективное покрытие некоторой части фитоценозов начали восстанавливаться. По нашим наблюдениям, как правило, степень нарушенности снижается на 1-2 балла – в соответствии с применяемой пятибалльной оценочной шкалой. Некоторые из положений, касающихся деградации экосистем степной зоны из-за чрезмерных пастбищных нагрузок за последние 20-23 года,

можно проиллюстрировать на примере изменения состояния пастбищ Среднегобийского аймака, итоговые расчеты по нарушенности которых на основе результатов мониторинговых работ уже выполнены.

Полевое обследование и картографирование экосистем аймака и сомонов выполнялось маршрутно-ключевым методом с использованием материалов съемочных систем ETM+ и OLI-TIRS, действующих на спутниках серии Landsat из архива USGS (Архив …, 2009).

На ключевые участки выполнялись геоботанические описания всех экосистем с подробной стандартной характеристикой растительности как самого динамичного из компонентов природного комплекса, чутко реагирующего на деструктивное влияние антропогенных факторов, а также описанием топо-экологических условий развития растительности. Одновременно определялись главные негативные факторы антропогенного воздействия и давалась оценка состояния природных экосистем.

Последующий анализ полевых описаний и материалов дешифрирования позволил разработать легенды, соответствующие масштабу М 1: 200000, и подготовить карты экосистем и их антропогенной нарушенности для Среднегобийского аймака и сомонов Эрдэнэдалай и Гурвансайхан.

Объекты исследования

Среднегобийский аймак, состоящий из 15 сомонов, расположен в центральной части Монголии, граничит на севере с Центральным аймаком, на северо-востоке – с аймаком Гоби-Сумбэр, на востоке – с Восточно-Гобийским аймаком, на юге – с Южно-Гобийским аймаком, на западе – с аймаком Увурхангай (рис. 1). Среднегобийский и все граничащие с ним аймаки входят в Центральный природно-экономический регион Монголии.

Площадь Среднегобийского аймака составляет около 74.6 тыс. км^2; наземные природные экосистемы, практически полностью пригодные для пастбищного использования, составляют 74 тыс. км^2 (или свыше 99% территории аймака). Площадь озер занимает 0.5%, а антропогенные экосистемы (населенные пункты, места добычи полезных ископаемых, распаханные участки) – 0.4% от всей территории (фото 1).

Согласно схеме природного районирования Монголии (Юнатов, 1954), Среднегобийский аймак по широте аймачного центра Мандалгоби (45° 10'- 45° 30' с.ш.) делится примерно надвое условной границей между сухостепным природным районом Средняя Халха на севере и Восточно-Гобийским пустынно-степным районом на юге. В целом этой схеме соответствуют содержания созданных ранее тематических карт Монголии (Карта растительности …, 1979; Национальный …, 1990; Ecosystems …, 1995; Почвенная …, 1980; Востокова и др., 1995).

Рельеф территории Среднегобийского аймака нельзя однозначно определить, как горный или равнинный. Здесь сложилась мозаика складчатых сооружений, возвышенных аккумулятивно-денудационных и депрессионных форм. Короткие скалистые низкогорные хребты, иногда достигающие абсолютных высот среднегорья (1700-1900 м н.у.м. БС), мелкосопочники и дайки сочетаются с возвышенными щебнистыми платообразными равнинами (фото 2) на месте погребенных в собственном элювии денудированных мелкосопочников, наклонными делювиальными шлейфами, сильно эродированными бэлями. Преобладающие абсолютные высоты колеблются в пределах 1700-1100 м н.у.м. БС, постепенно снижаясь с севера и северо-запада на юг и юго-восток до отметок 1050 м н.у.м. БС. Территория разделена сухими транзитными долинами, широкими депрессиями (котловины, межгорные долины, древнеозерные впадины и т.п.), плоские днища которых заняты солончаками, многочисленными мелкими озерами и такырами (фото 3), на короткое время заполняемыми лишь талыми или ливневыми водами (фото 4). Изредка встречаются

озера, питающиеся из родников. В пределах аймака протекает только одна небольшая река – Онгийн-Гол (фото 5).

Фото 1. Заброшенный угольный разрез в сомоне Эрдэнэдалай.
Photo 1. Abandoned coal mine in the Erdenedalai Sumu.

Фото 2. Денудационно-аккумулятивная равнина на севере сомона Гурвансайхан.
Photo 2. Denudation-accumulative plain in the North of Gurvansaikhan sumu.

Фото 3. Такыр на месте пересохшего озера на юге сомона Эрдэнэдалай.
Photo 3. Takyr, formed in a drained lake in the South of Erdenedalai sumu.

Фото 4. Наполненное дождем озеро используется для водопоя в сомоне Гурвансайхан.
Photo 4. Lake, filled with rain and used as a watering place in Gurvansaikhan sumu.

Фото 5. Река Онгийн-Гол в сомоне Сайхан-Обо.
Photo 5. Ongi River in Saikhan-Ovoo sumu.

О прошлой тектонической активности региона свидетельствуют встречающиеся в разных сомонах очаги угасшего вулканизма – локально расположенные небольшие конусы вулканов и фрагменты вулканических ландшафтов с разнообразными формами рельефа (фото 6): базальтовыми полями, лакколитами, экструзивными куполами, шлаковыми конусами.

Значительная часть платообразных поверхностей (примерно до высоты 1450-1500 м н.у.м. БС) перекрыта толщей красноцветных и иных глин озерного происхождения , что напоминает о некогда располагавшемся на этой территории обширном водоеме. В настоящее время бóльшая часть поверхности территории аймака в разной степени опесчанена. Песок, как продукт выветривания горных пород и озерного происхождения, аккумулируется не только в водосборных отрицательных формах рельефа (в межгрядовых ложбинах, в сайрах, по днищам замкнутых западин), но, распространяясь ветром, накапливается на плакорах, наветренных шлейфах и склонах депрессий, образует порой крупные фитогенные бугры вокруг кустов караганы, селитрянок и чиевых зарослей.

Климатические условия аймака в полной мере соответствуют представлениям о суровом экстраконтинентальном климате данного региона. Среднегодовые температуры воздуха колеблются в пределах от 0 до +4°С, при этом средние температуры января, как самого холодного месяца, не превышают -15°С, а минимальные приближаются к -40°С; средние температуры июля, самого теплого месяца, составляют около +20°С, а максимальные достигают +35°С (Национальный атлас …, 1990). Характерны большие колебания температур и по годам, и в течение суток. За год в среднем выпадает 150 мм осадков (от 200 мм на севере до 100 мм на юге), причем абсолютно большая их часть приходится на летний период. Вегетационный период длится около 4 месяцев (Национальный атлас …, 1990). В степных и пустынных регионах неравномерное выпадение летних осадков на различных локальных территориях и запаздывание первых дождей часто приводит к

образованию больших площадей, пораженных засухой, и, как следствие, массовому перемещению большого количества домашних животных из засушливых районов в более благоприятные, что в разы увеличивает нагрузку на пастбищные экосистемы. Зимой территория находится под влиянием устойчивого барического максимума – Азиатского антициклона. Зима обычно морозная, малоснежная, солнечная и безветренная. Переход к весенним погодным условиям происходит во второй половине апреля. Весна очень сухая, с сильными ветрами. Лето непродолжительное, умеренно прохладное и сухое, с осадками ливневого характера. Наступление осени приходится на начало октября, она относительно сухая и теплая. Как отмечалось выше, территория аймака располагается в экотонной полосе, где идет смена экосистем степной зоны на экосистемы пустынь (рис. 3).

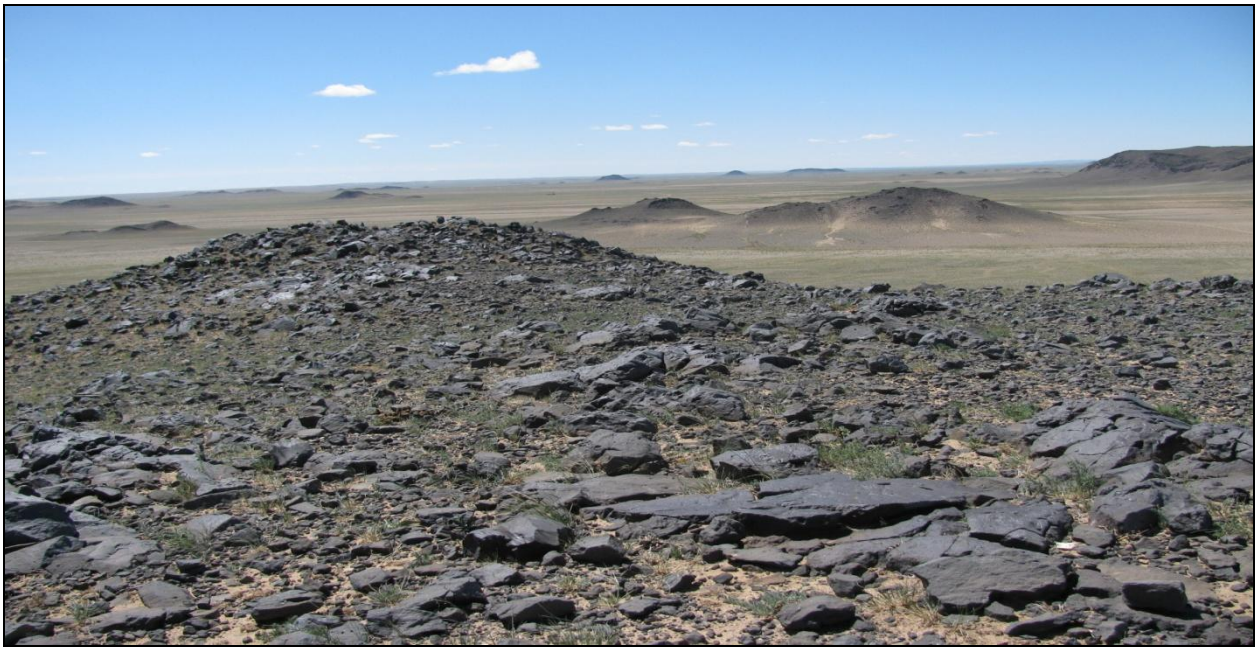


Фото 6. Вулканический рельеф на юго-западе сомона Гурвансайхан.
Photo 6. Volcanic relief in the South-West of Gurvansaikhan sumu.

На севере доминируют экосистемы с соответствующей растительностью сухих степей (*Stipa krylovii, Cleystogenes squarrosa, Agropiron cristatum, Caragana microphylla, C. pygmaea, Artemisia frigida*) на каштановых и лугово-каштановых разновидностях почв, в горах (выше 1650 м н.у.м. БС) с участием сообществ умеренно-сухих дерновиннозлаковых петрофитных степей (*Koeleria gracilis, Poa attenuata, Agropyron cristatum* и петрофильное разнотравье) на горных вариантах темно-каштановых почв (фото 7), а также засоленных чиевников (*Achnatherum splendens, Carex duriuscula, Leymus chinensis, Carex enervis, Puccinnellia tennuifolia*) в транзитных долинах (фото 8).

В центре аймака сформировались опустыненные степи со *Stipa krylovii, S. klemenzi, Cleystogenes squarrosa, Caragana leucophloe, C. stenophylla* на светло-каштановых почвах (фото 9), сменяющиеся южнее пустынными степями со *Stipa glareosa, S. gobica, S. klemenzi, Cleistogenes songorica, Allium polyrrhizum, A. mongolicum, Anabasis brevifolia, Krascheninnikovia ceratoides, Ajania achilleoides* на бурых пустынно-степных почвах (фото 10). В транзитных и замкнутых депрессиях распространены экосистемы солянковых (*Reamuria soongorica, Kalidium foliatum, Nitraria sibirica, Salsola passerina, Suaela cornyculata*; фото 11) и чиево-галофитно-разнотравных солончаков, а также такыры.

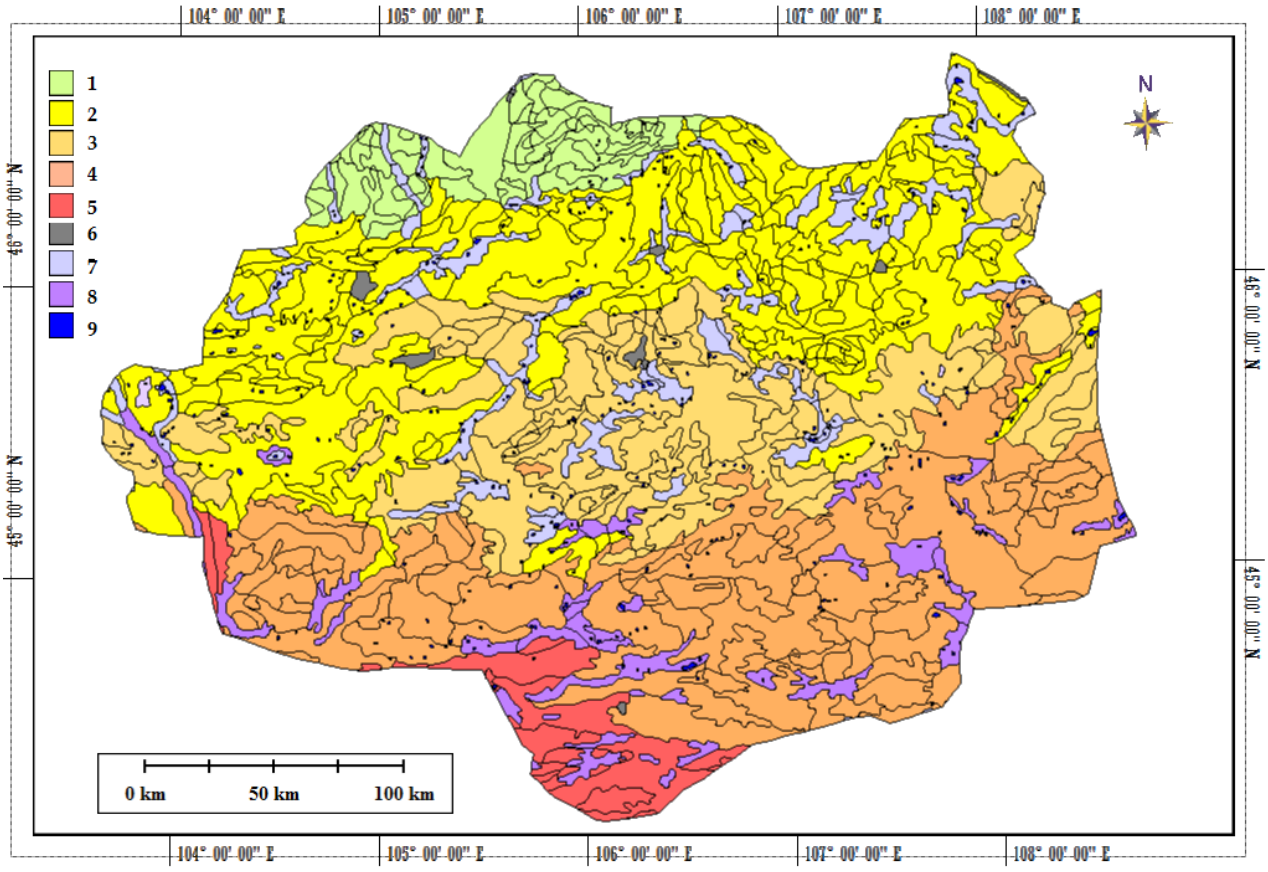


Рис. 3. Зонально-поясная структура экосистем Среднегобийского аймака в 1989 г. *Условные обозначения:* 1 – горные умеренно-сухие степи, 2 – сухие степи, 3 – опустыненные степи, 4 – пустынные степи, 5 – остепнённые пустыни, 6 – антропогенные экосистемы (населённые пункты, горные разработки, залежи), 7 – остепнённые засолённые и болотистые солончаковые луга, 8 – солянковые и злаково-галофитно-разнотравные солончаки, 9 – такыры, солёные озёра. **Fig. 3.** Zonal-belt ecosystems structure of Dundgovi Province in 1989. *Legend*: 1 – mountain moderately dry steppes, 2 – dry steppes, 3 – desertified steppes, 4 – desert steppes, 5 – steppe deserts, 6 – anthropogenic ecosystems (residential areas, mining, fallow lands) , 7 – steppe saline and marshy meadow solonchak meadows, 8 – saltwort and grassy-halophyte-motley grass solonchaks, 9 – takyrs, salt lakes.

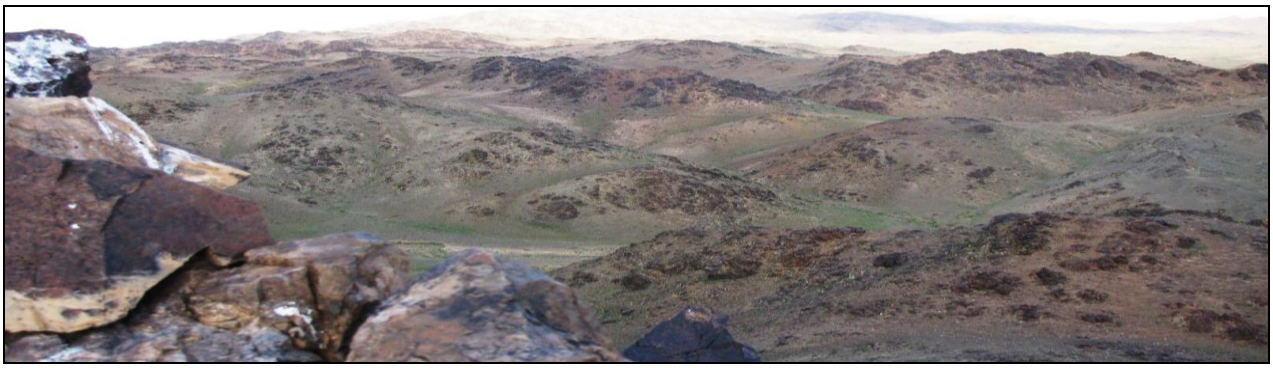


Фото 7. Петрофитные степи на вершинах хребта Дэлгэр-Хан.
Photo 7. Lithophyte steppes on the Delger-Khan ridge top.

Значительные площади поверхности равнин и мелкосопочников опесчанены. Песком покрыты днища многих сухих внутригорных депрессий, русла сайров, борта солончаков и сайров. Опесчанены с поверхности глинистые древнеозерные котловины. Днища сайров и слабонаклонных солончаковых депрессий в результате водно-эрозионных процессов постоянно заносятся новыми порциями песка и мелкого щебня, размываются дождевыми потоками, в результате чего часто образуются лишенные почвенно-растительного покрова песчаные или засоленные глинистые полосы.

Фото 8. Чиевник с солончаковым лугом в транзитной долине сомона Гурвансайхан.
Photo 8. *Achnatherum splendens* on a saline meadow in the transit valley of Gurvansaikhan sumu.

Фото 9. Караганово-дерновиннозлаковая опустыненная степь на севере сомона Гурвансайхан. **Photo 9.** Caragana-feather-grass desert steppe in the North of Gurvansaikhan sumu.

Фото 10. Луково-ковыльковая пустынная степь в сомоне Гурвансайхан. На заднем плане – стадо Монгольского **дзерена** *(Procapra gutturosa)* в поисках злаковых пастбищ.
Photo 10. Allium-Stipa desert steppe in Gurvansaikhan sumu. In the background – a herd of Mongolian gazelle *(Procapra gutturosa)* in search for grassland pastures.

Фото 11. Солянковый солончак в сомоне Гурвансайхан.
Photo 11. Solonchak with *Salsola* in Gurvansaikhan sumu.

В обширных сухих котловинах на юго-востоке и юге аймака распространены экосистемы с растительностью злаково-полукустарничковых остепненных пустынь (*Salsola passerina,*

Anabasis brevifolia, *Reamuria soongorica*, *Allium polyrrhizum*, *Stipa gobica*) на бурых пустынно-степных и палево-бурых почвах (фото 12), а на песках – разреженные низкорослые саксаульники (*Haloxylon ammodendron*) с участием *Reamuria soongorica* (фото 13).

Таким образом, на территории аймака отмечаются экосистемы четырех природных подзон: сухих степей, опустыненных степей, пустынных степей, остепненных пустынь и одного горного пояса умеренно-сухих степей.

Фото 12. Баглурово-ковыльковая пустынная степь в сомоне Ундэршил.
Photo 12. Anabasis-Stipa desert steppe in Undersheel sumu.

Фото 13. Песчаный саксаульник на юге сомона Улзийт.
Photo 13. Sandy Haloxylon desert in the South of Ulziit sumu.

Результаты и обсуждение

Антропогенная динамика природных экосистем Среднегобийского аймака и оценка их состояния. В качестве ландшафтно-экологической основы при мониторинге состояния экосистем и определении степени их антропогенной нарушенности послужила карта экосистем Монголии (Ecosystems of Mongolia …, 1995). Она также легла в основу двух карт антропогенной нарушенности Среднегобийского аймака с масштабом 1:1000000, подготовленных по материалам картографирования 1989 года и последующего повторного мониторинга 2012 года (рис. 4 и 5), что позволило проследить динамику состояния одних и тех же экосистем за прошедшие 20-23 года (табл. 1 и 2).

Мониторинг состояния природных экосистем (на 99% площади используемой под выпас скота) Среднегобийского аймака 2012 года свидетельствует об их существенной деградации: площадь фоновых экосистем снизилась до 1.97%, т.е. почти вдвое; площадь слабо нарушенных экосистем снизилась в 2.5 раза – до 24.58% от площади пастбищ; площадь средне нарушенных увеличилась в 2 раза – до 55.08% (главным образом, за счет сокращения площади слабо нарушенных в центральной широтной части территории аймака – в подзонах сухих, опустыненных и пустынных степей); сильно нарушенных экосистем также стало больше в 2 раза – 17.01% (преимущественно в пределах северных и центральных сомонов); площадь очень сильно нарушенных экосистем увеличилась в 9 раз – до 1.36% (табл. 2).

Согласно анализу данных картографирования 1989 года (рис. 3), экосистемы с растительностью горных умеренно-сухих степей составляли 5.50% от площади всех экосистем Среднегобийского аймака, подзоны сухих степей – 21.88%, опустыненых степей – 29.24%, пустынных степей – 28.81%, остепненно-пустынных сообществ – 4.20%, с интразональной растительностью (остепненные и болотистые засоленные луга, луговые и солянковые солончаки) – 10.37% от площади.

Всего в 1989 году площадь очень слабо нарушенных (фоновых) экосистем составляла 3.39%, слабо нарушенных – 60.12%, средне – 27.86%, сильно – 8.48%, а очень сильно – всего 0.15% от общей площади природных экосистем аймака.

Комплексное изучение пастбищ на территории модельного Среднегобийского аймака. Для установления причин и характера деградации пастбищ Среднегобийского аймака в 2009 году силами российских и монгольских специалистов СРМКБЭ на территории Среднегобийского аймака было проведено комплексное детальное обследование и картографирование (в масштабе 1:200000) экосистем двух сомонов: Эрдэнэдалай и Гурвансайхан. Одновременно были проанализированы данные по динамике поголовья скота, изменениям пастбищеоборота и обеспеченности пастбищ водопоями, а также по многолетней динамике климатических параметров (Гунин и др., 2009).

Сомон Эрдэнэдалай расположен на северо -западе Среднегобийского аймака ; бóльшая часть его территории расположена в сухостепном природном районе «Средняя Халха», где преобладают природные экосистемы с сухими и опустыненными степями на каштановых и светло-каштановых почвах. Площадь сомона – 7.3 тыс. км^2 (9.8% от площади аймака).

Сомон Гурвансайхан находится в центре территории Среднегобийского аймака; его северная половина также входит в состав сухостепного природного района «Средняя Халха», а южная – в состав пустынно-степного природного района «Восточная Гоби», где основными являются опустыненно-степные и пустынно-степные экосистемы со светло-каштановыми и бурыми пустынно-степными почвами. Площадь сомона – 5.4 тыс. км^2 (7.2% аймака).

Данные многолетних наблюдений на метеостанциях Среднегобийского аймака (Мандал-Гоби, Эодэнэдалай, Гурвансайхан и др.; Mongolian Statistical …, 2017; Гунин и др., 2009) свидетельствуют, что в последние десятилетия медленно повышаются среднегодовые температуры воздуха и снижается среднегодовое количество осадков (рис. 6, 7).

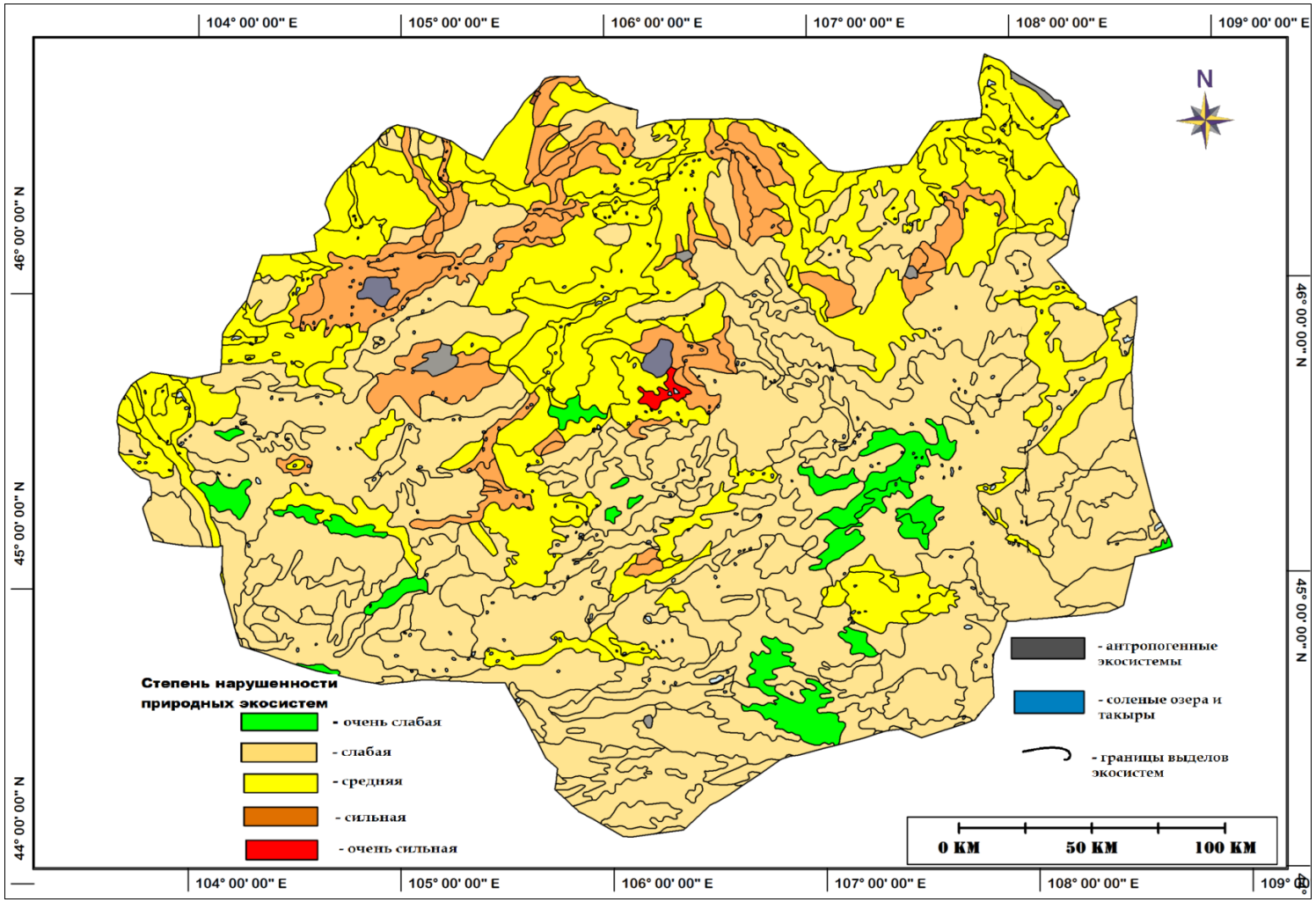


Рис. 4. Антропогенная нарушенность экосистем Среднегобийского аймака в 1989 г.
Fig. 4. Anthropogenic disturbance of ecosystems of Dundgovi Province in 1989.

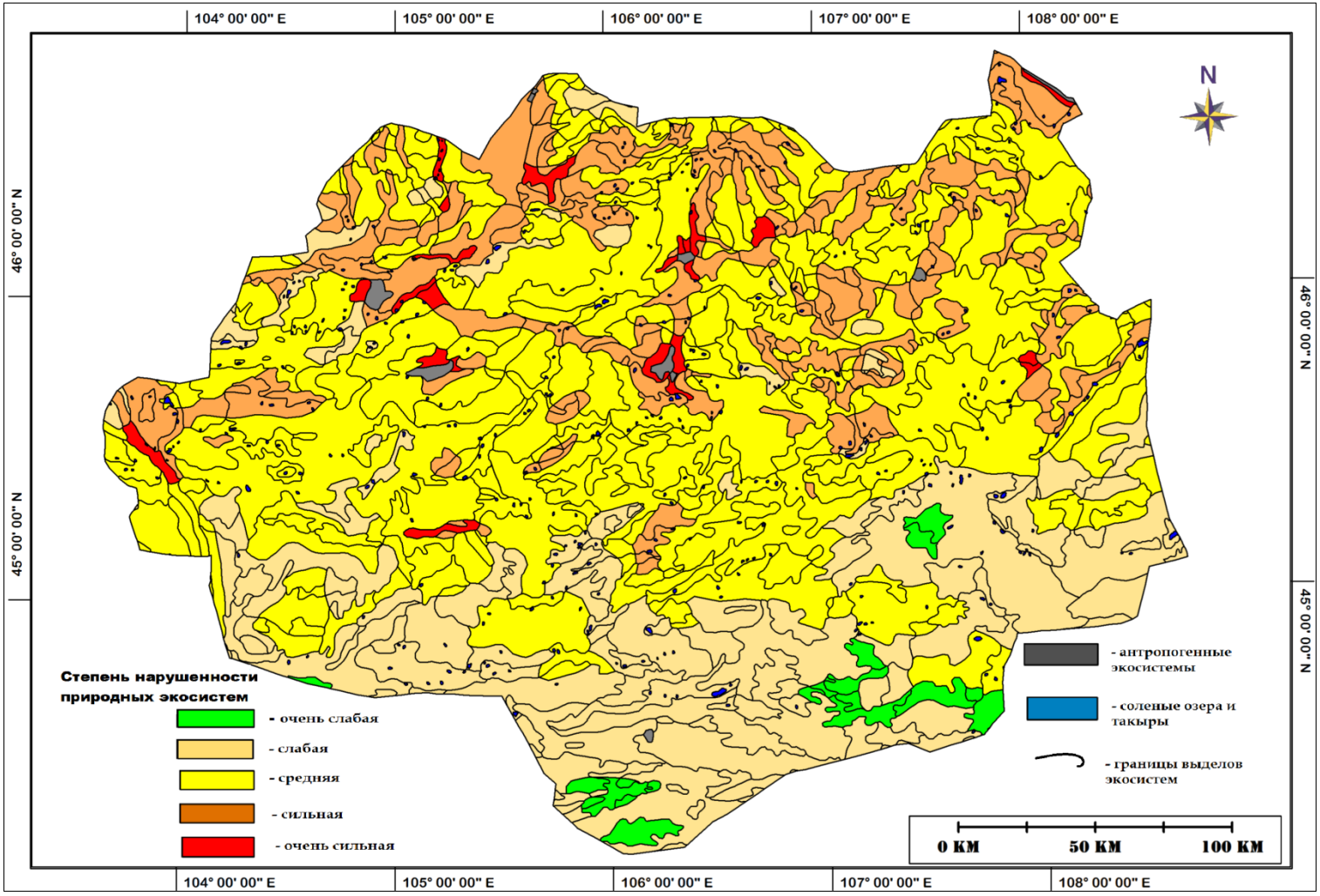


Рис. 5. Антропогенная нарушенность экосистем Среднегобийского аймака в 2012 г.
Fig. 5. Anthropogenic disturbance of ecosystems of Dundgovi Province in 2012.

Таблица 1. Степень антропогенной нарушенности пастбищных экосистем Среднегобийского аймака в 1989 и 2012 гг. (в % от площади зонально-поясной группы).**Table 1.** The degree of anthropogenic disturbance of pasture ecosystems of Dundgovi Province in 1989 and 2012 (in % of a zone-belt group entire area).

Зонально-поясные группы экосистем	**Площадь, км^2**	**Степень антропогенной нарушенности: 1989 год (слева), 2012 год (справа)**									
		I		**II**		**III**		**IV**		**V**	
Горные умеренно-сухие степи	4069.32	–	–	14.18	6.89	67.14	46.53	18.68	43.55	–	3.03
Сухие степи	16121.01	–	–	31.46	4.71	52.54	60.84	16.00	33.56	–	0.89
Опустыненные степи	21526.52	4.67	–	63.29	7.05	26.01	80.66	6.03	11.23	–	1.06
Пустынные степи	21323.70	6.43	3.94	86.04	49.62	7.37	39.79	0.16	6.65	–	–
Остепненные пустыни	3107.15	–	10.82	100.00	83.00	–	6.18	–	–	–	–
Гидроморфные (луга, солончаки)	7680.79	3.72	3.72	32.09	32.09	37.57	37.57	19.98	19.98	6.64	6.64

Таблица 2. Результаты мониторинга состояния пастбищных экосистем Среднегобийского аймака. **Table 2.** Monitoring results of the pasture ecosystems condition of Dungovi Province.

Степень деградации экосистем	**Площадь, км^2**		**% от площади аймака**	
	1989 г.	**2012 г.**	**1989 г.**	**2012 г.**
Очень слабая	2500.12	1461.46	3.39	1.97
Слабая	44388.83	18192.36	60.12	24.58
Средняя	20569.51	40765.05	27.86	55.08
Сильная	6260.22	12589.43	8.48	17.01
Очень сильная	109.81	1005.06	0.15	1.36
Всего	73828.49*	74013.36*	100.00	100.00

Примечание к таблице 2: небольшое увеличение площади природных экосистем объясняется тем, что мониторинговые исследования выполнялись с использованием имеющих высокое разрешение современных материалов космической съемки, позволивших уточнить и скорректировать границы антропогенных экосистем, что привело к уменьшению их площади и, соответственно, к некоторому увеличению площади пастбищ. **Notes to table 2:** the natural ecosystems area has slightly increased because our monitoring was carried out with the help of high-quality satellite imagery, which allowed us to specify and correct the boundaries of the anthropogenic ecosystems, which in its turn resulted into their area decreasing and the pastures area increasing.

Кроме того, отмечается сокращение количества летних осадков, снижение высоты снежного покрова, увеличение числа дней с температурой, превышающей +30°С, и весенних дней с сильными ветрами.

Несмотря на флюктуационный характер изменений среднегодовых показателей температуры воздуха и количества осадков, отчетливо просматривается тренд на постепенное повышение среднегодовых температур и снижение среднегодового количества осадков, что указывает на аридизацию климата Среднегобийского аймака. Это ухудшает условия для развития мезофитных видов степных растений и благоприятствует

продвижению к северу из пустынно-степных и пустынных районов крайне-ксерофитных и суккулентных видов, т.е. опустыниванию пастбищных экосистем.

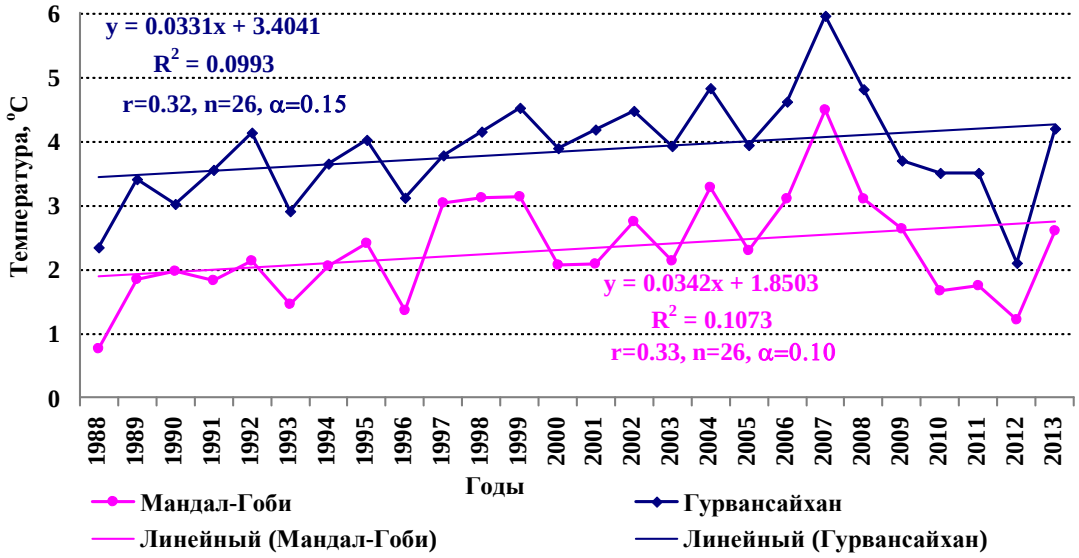


Рис. 6. Динамика среднегодовых температур воздуха в Среднегобийском аймаке.
Fig. 6. Dynamics of average annual air temperatures in Dundgovi Province.

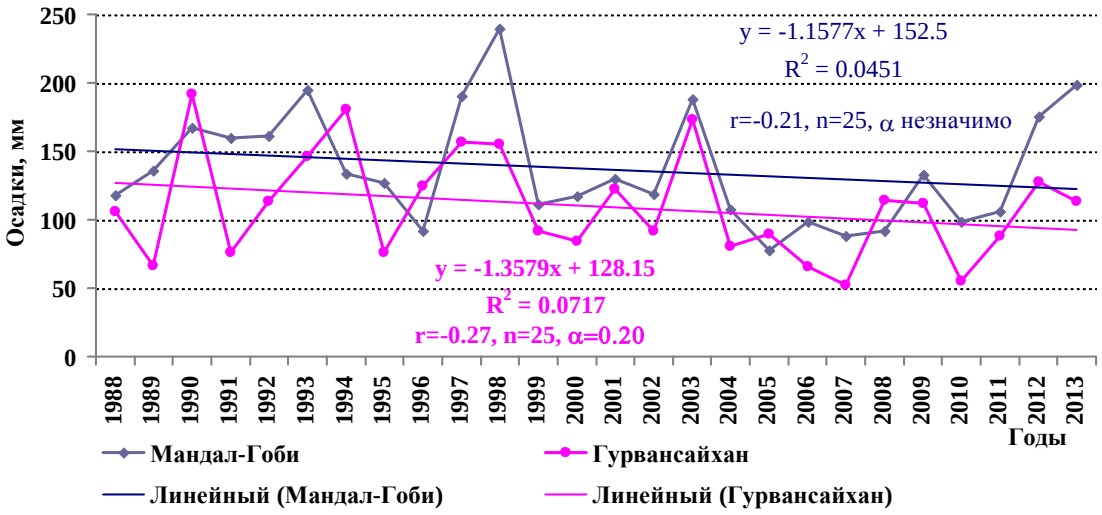


Рис. 7. Динамика среднегодового количества осадков в Среднегобийском аймаке.
Fig. 7. The dynamics of the average annual precipitation in Dundgovi Province.

Однако, по единодушному мнению большинства исследователей, главной причиной деградации растительности степных экосистем аймака являются чрезмерные пастбищные нагрузки, вызванные бесконтрольным увеличением поголовья домашних животных, нарушением пастбищеоборота и сопряженных с этим пастбищной дигрессией растительности, ухудшением водообеспеченности угодий, механическим сбоем почвенно-растительного покрова.

Аридизация за последние 20 лет только усугубила разрушающее воздействие перевыпаса. Ранее проведенные комплексные исследования (Гунин и др., 2009) не выявили прямой зависимости деградации пастбищ от аридизации климата региона в конце 1990-х –

начале 2000-х гг. Основным виновником ухудшения состояния пастбищ Среднегобийского аймака авторы исследований также считают нерегулируемый выпас скота, количество которого постоянно увеличивается. Наши расчеты показывают, что в отдельных сомонах его количество более чем вдвое превышает естественную кормовую емкость пастбищ, а в сомоне Эрдэнэдалай содержится рекордное поголовье среди всех сомонов Монголии.

Как и по всей стране, общее поголовье скота в Среднегобийском аймаке с 1989 года постоянно росло и в 1998 году приблизилось к 2.5 млн. голов, однако более 1 млн. погибло во время дзута 1999 года. Не в последнюю очередь это было следствием того, что количество скота в тот период уже было избыточным в 10 из 15 сомонов и обеспеченность пастбищами упала до 1.9 га на одну условную овцу в среднем по аймаку (при минимальной норме 2.0 га). Однако уже к 2008 году количество скота в аймаке снова превысило 2 млн. голов (рис. 8).

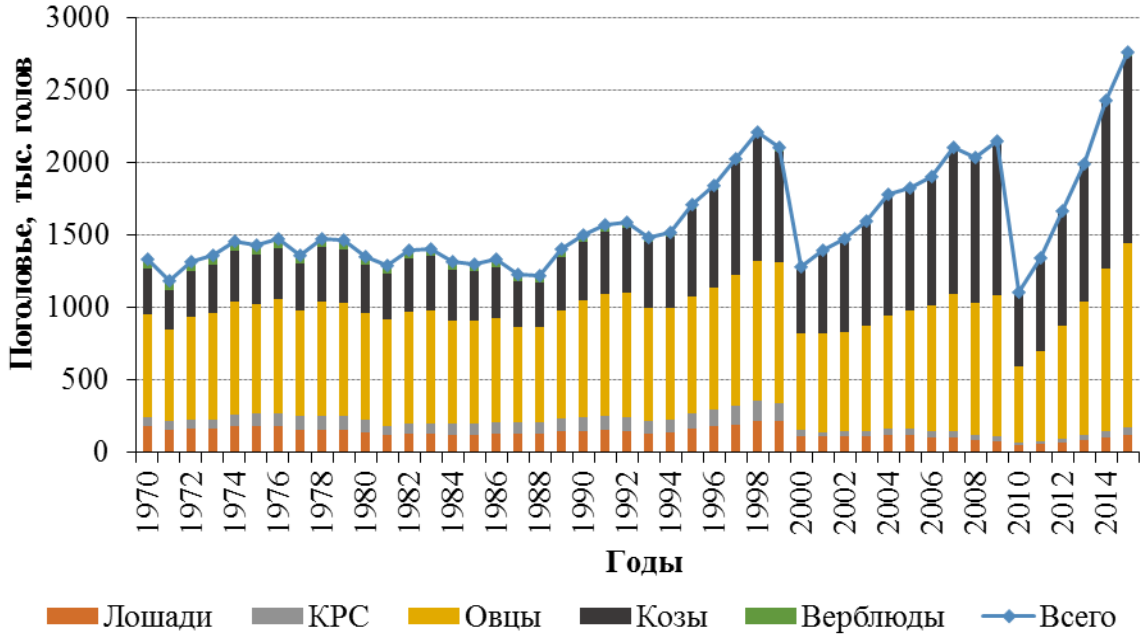


Рис. 8. Динамика общего поголовья скота Среднегобийского аймака с 1988 по 2008 гг.
Fig. 8. Dynamics of the total livestock population in Dundgovi Province during 1988-2008.

По данным обследования (Гунин и др., 2009), в 2008 году поголовье скота Среднегобийского аймака было обеспечено пастбищами 2.6 га на 1 условную овцеголову. Более благополучно обеспеченность пастбищами выглядела в южных сомонах, расположенных, главным образом, в полупустынной полосе (подзона пустынных степей), где скот был обеспечен пастбищами из расчета 4.4 га на овцу.

К 2015 году поголовье в аймаке увеличилось еще на 700 тысяч (почти на треть), что привело к дальнейшему снижению обеспеченности пастбищными кормами.

В северном сомоне Эрдэнэдалай (в 2008 году общее поголовье составило 335401 единиц) на 1 условную овцу приходилось лишь 1.7 га пастбищ, а в опустыненно-степном сомоне Гурвансайхан (общее поголовье – 152905) – 2.8 га. После жесточайшего дзута 2009 году поголовье в исследуемых сомонах сократилось почти вдвое, но затем быстро восстановилось и продолжает расти. Данные таблицы 3 позволяют судить о темпах прироста поголовья различных видов скота (Mongolian Statistical …, 2017).

Особенно быстро растет поголовье овец и коз. К 2015 году количество коз в аймаке превысило количество овец. В то же время темпы роста поголовья крупнорогатого скота

невелики, а количество лошадей и верблюдов существенно снижается, хотя большие площади пустынно-степных, пустынных, солончаковых и песчаных пастбищ, пригодных для выпаса верблюдов, не используются.

Как видно из таблицы 3, за четыре года (2012-2015 гг.) в сомоне Эрдэнэдалай общее поголовье скота выросло в 1.7 раза, а в сомоне Гурвансайхан – в 1.5 раза. В связи с большим спросом на кашемир в 1990-2000-е годы начался бурный рост поголовья коз. Так, в Среднегобийском аймаке с 2004 года их количество несколько лет (до снижения цен на козью шерсть) превышало количество овец. В 2017 году поголовье коз достигло 1634553 и превысило 40% от общего поголовья скота (Mongolian statistical …, 2017).

Таблица 3. Рост поголовья домашних животных в Среднегобийском аймаке с 1989 по 2015 гг. (в тыс. голов). **Table 3.** Livestock population growth in Dundgovi Province during 1989-2015 (in thousands of heads).

Виды скота	**Среднегобийский аймак в целом**			**Эрдэнэдалай сомон**			**Гурвансайхан сомон**		
	1989 г.	**2012 г.**	**2015 г.**	**1989 г.**	**2012 г.**	**2015 г.**	**1989 г.**	**2012 г.**	**2015 г.**
Коровы, яки	87	27.5	124	14	6.2	12.5	5.7	1.7	3.1
Лошади	145	72	124	25.1	10.4	17.9	9.3	3.4	5.6
Верблюды	56	23	31	3.8	1.2	1.5	3.7	1.2	1.7
Овцы	745	776	1266	123	121	196	46	71	110
Козы	374	774	1289	45	115	195	27.5	59	87
Всего	1407	1672	2764	210.9	253	422	92.5	136	207

Увеличение количества скота, безусловно, и дальше снижает обеспеченность животных пастбищными кормами; во многих сомонах поголовье уже намного (вдвое и более) превышает естественную кормовую емкость их пастбищ (Гунин и др., 2009). В таких условиях усиливающийся пастбищный пресс ускоряет процесс аридизации (опустынивания) экосистем. Животные постоянно стравливают и без того угнетенные и находящиеся на экологической границе своих возможностей дерновинные злаки и другие виды сухостепных видов кормовых растений, не позволяя им нормально развиваться и возобновляться.

Для анализа особенностей изменения травостоя при избыточных пастбищных нагрузках воспользуемся также материалами полевого картографирования экосистем Среднегобийского аймака и его отдельных сомонов в 2009-2012 гг. Общую схему деградации растительности пастбищных экосистем под влиянием усиленного выпаса можно условно разделить на несколько стадий.

– На начальном этапе деградации снижаются жизненные показатели основных кормовых злаков (*Stipa krylovii, S. glareosa, S. gobica, S. klemenzi, Cleystogenes squarrosa, Agropyron cristatum*) и фитоценотические параметры сообществ в целом. Исследования 2009 года показали, что вследствие неконтролируемого выпаса растительность активно эксплуатируемых пастбищ Среднегобийского аймака претерпела глубокие деструктивные изменения: в сухостепных сообществах проективное покрытие не превышало 31%, а чаще достигало только 9-12%, при этом доля *Stipa krylovii* (главного эдификатора) составляла менее 1%. В 2-4 раза (по сравнению с 1970-ми гг.) обеднел видовой состав пустынно-степных и сухостепных фитоценозов, а общее количество видов редко превышало 10; от 2 до 15 раз снизилась их общая фитомасса (до 0.1-1.5 ц/га), причем масса поедаемых видов часто не превышает 50% от общей (Гунин и др., 2009).

– По мере увеличения пастбищных нагрузок наряду с усилением этих процессов кормовые растения постепенно замещаются сбоевыносливыми, за редким исключением плохо поедаемыми и не поедаемыми видами пастбищного мелкотравья: *Carex duriuscula, Arenaria capillaris, Ptilotrichum canescens, Cymbaria daurica, Artemisia adamsii, A. frigida, Thimus gobicus, Potentilla bifurca, P. acaulis, Convolvulus ammanii, Saussurea salicifolia, S. Amara.* Существенно снижается фитомасса и жизненность всех видов караган, распространенных на территории аймака: *Caragana leucoohloea, C. microphylla, C. pygmaea, C. stenophylla*[2]. Обследование сообществ, где доминировала карагана, показало, что в настоящее время растения находятся в плохом состоянии. Резкое ухудшение кормовой базы вынудило мелких травоядных (тушканчиков, сусликов, песчанок) перейти на другой корм, устраивать колонии в прикорневой части караганы и поедать мелкие сосущие корешки, что приводит к подсыханию кустарников. В таких сообществах размер кустов караганы уменьшается в несколько раз и резко снижается доля зеленых молодых побегов.

– В конечном итоге из-за чрезмерных пастбищных нагрузок происходит механическое разрушение почвенно-растительного покрова. В этой связи особенно тревожит увеличение поголовья коз, активно поедающих большинство пастбищных растений, разрушающих дернину и поверхностный почвенный слой, создающих сильнейшую нагрузку на экосистемы всего аймака. В результате перевыпаса проективное покрытие и видовое разнообразие снижаются до минимальных значений, естественная растительность замещается группировки сорных видов.

Обращает на себя внимание явление, характерное преимущественно для сухостепных и опустыненно-степных равнин и склонов, транзитных долин и опесчаненных депрессий: после обильных летних осадков, казалось бы, безжизненные пастбища, вытоптанные скотом покрываются густым травостоем. Однако сколь-нибудь существенной прибавки кормов не происходит, поскольку на сильно сбитых угодьях основу свежей зелени составляют непоедаемые и плохо поедаемые виды (фото 14) однолетних злаков: *Enneapogon borealis, Eragrostis pilosa, Setaria viridis, Aristida hegmanii, Chloris virgata*; полыней: *Artemisia pectinata, A. scoparia, A. macrocephala, A. sieversiana, A. anethifolia, A. palustris*; марей: *Chenopodium accuminatum, C. glaucum* и иных однолетников: *Bassia dasyphylla, Salsola collina, Halogeton glomeratus, Suaeda corniculata, Tribulus terrestris*.

Одним из наиболее типичных сорных растений, образующих на участках с сильно нарушенным почвенно-растительным покровом разреженные группировки, является *Peganum nigellastrum*. Это ядовитое и непоедаемое скотом, содержащее алкалоиды растение поселяется в первую очередь на сильно сбитых пастбищах, в колеях заброшенных и вдоль действующих автодорог, на длительных стоянках юрт, вокруг колодцев. Как пионерный вид, *Peganum nigellastrum* первым осваивает русловые отложения в сайрах, растет в трещинах глинистой поверхности такыров и зачастую оказывается единственным диким растением, массово встречающимся в черте населенных пунктов.

Дополнительным фактором прогрессирующей деградации почвенно-растительного покрова является усиливающаяся защебненность поверхности пастбищ. Источником поступления мелкого щебня, дресвы и песка служат многочисленные выходы скальных пород (преимущественно гранитоидов) на денудационных холмисто-увалистых плато. Наибольшие площади, перекрытые слоями щебня и дресвы, наблюдаются на делювиально-пролювиальных шлейфах, увалах, по бортам озерных и солончаковых котловин и транзитных долин. Дресвяно-щебнистые и песчаные слои, закрывая растительный покров и

[2] Все латинские названия растений даны в соответствии с работами Н.А. Цаценкина и А.А. Юнатова (1951; Юнатов, 1950, 1954), В.И. Грубова (1982), И.А. Губанова (1996), а также по книге «Растения Центральной Азии» (1977).

гумусовый почвенный горизонт, создают условия для сильного перегрева поверхности, препятствуют развитию растительности и поступлению в почву органических веществ, нарушая процесс зонального почвообразования и затрудняя восстановление растительности.

Фото 14. Массовое развитие однолетников после дождя в сомоне Гурвансайхан.
Photo 14. Massive growth of annual plants after the rain in Gurvansaikhan sumu.

Слои щебня и дресвы под действием эолового переноса не только засыпают дерновины ковылей и всходы других кормовых растений, перекрывают доступ влаги в корнеобитаемые слои, но и, движимые ветром, механически срезают растения, препятствуя этим их вегетации. Слой щебня на поверхности почвы, не закрепленной растительностью, под действием сильных ветров, количество дней с которыми в аймаке с годами увеличивается, становится мобильным и перемещается с места на место, покрывая новые площади пастбищ.

Кроме того, в результате перевыпаса и обнажения поверхности, усиливающиеся ветры переносят соли из многочисленных солончаковых котловин на близлежащие пастбища, создавая благоприятные геохимические условия для распространения пустынных видов полукустарничковых солянок.

Как уже отмечалось, нынешнее поголовье выпасаемого скота слишком велико и не соответствует оптимуму влагообеспеченности доминантных видов растительных сообществ, поскольку почвенные профили автоморфных почв, в том числе и в нижней части корнеобитаемого слоя, содержат мало влаги, которой явно недостаточно для того, чтобы пастбища на территории аймака были продуктивнее. Например, запасы влаги в автоморфных каштановых почвах суглинистого и супесчаного состава даже в относительно влажные годы были так малы, что не могли обеспечить быстрое отрастание интенсивно поедаемых кормовых растений (Гунин и др., 2009).

Наряду с бесконтрольным увеличением поголовья скота в аймаке повсеместно нарушается наработанная веками система пастбищеоборота, что является еще одной существенной причиной деградации пастбищ. Монгольский скот не знает стойлового содержания, кочевание является основой пастбищного скотоводства. Однако в настоящее время практически исчезло традиционное кочевое четырехсезонное использование пастбищ,

когда араты перемещались со своими стадами 4 раза в год. Остались только двухсезонные кочевки: зимне-весенние и летне-осенние, при этом расстояние, на которое перемещаются стада, обычно не превышает 15 км (Шагдасурэн, 2011). Иногда во время засух стада перегоняют в другие сомоны и аймаки, где ситуация с пастбищными кормами более благоприятна, что многократно увеличивает нагрузку на пастбища тех территорий. Все реже используют принцип выпаса многовидового стада, когда каждый вид использует свою кормовую нишу. Большой урон состоянию пастбищ приносит повсеместный выпас коз, особенно на эрозионно-опасных песчаных местообитаниях, солончаках и болотистых лугах.

Сокращение скотоводческих семей и увеличение поголовья скота ведет к концентрации в аратских семьях бóльшего количества животных , снижению их мобильности, концентрации больших стад на ограниченных площадях и к деградации пастбищ. Снижение мобильности приводит к круглогодичным высоким нагрузкам на самые удобные для выпаса пастбищные экосистемы: вблизи водопоев (фото 15) и населенных пунктов, в долинах с родниками и неглубоким расположением грунтовых вод, на пологих склонах гор и мелкосопочников. Такие экосистемы испытывают самую высокую степень деградации (рис. 4).

Фото 15. Скот постоянно держится вблизи источников воды в сомоне Эрдэнэдалай.
Photo 15. Cattle remains close to the water sources in Erdenedalai sumu.

Максимальное использование пастбищных территорий практически исключает возможность сохранения естественных рефугиумов для коренной растительности степей.

Еще одним важным фактором усиления деградации пастбищ Среднегобийского аймака является резкое уменьшение числа водопоев (колодцев, родников) вследствие пересыхания и заиливания, что ведет к снижению уровня водообеспеченности пастбищ и вынуждает аратов сокращать территории выпаса и перегонять скот на обеспеченные водопоями участки. Кроме того, из-за поломки оборудования вышли из строя многие артезианские водокачки. За период 1988-2009 гг. отмечается понижение уровня воды в колодцах на 30-120 см, во многих к тому же ухудшилось ее качество. В 2009 году только в сомоне Эрдэнэдалай для обеспечения водой всего скота не хватало порядка 30 колодцев (Энх-Амгалан и др., 2012).

Поскольку к 2012 году контуры экосистем (того же масштаба) не изменялись по сравнению с 1995 годом, трансформацию пастбищной растительности можно проследить, сравнив карты экосистем сомонов Эрдэнэдалай и Гурвансайхан, выполненных, соответственно, в 2009 и 2012 гг., с экосистемами этих же сомонов на карте экосистем

Монголии (Ecosystems of Mongolia …, 1995). Для удобства ее фрагменты с территориями сомонов и экосистемами сомонов 2009 и 2012 гг. приведены к одному масштабу (рис. 9, 10).

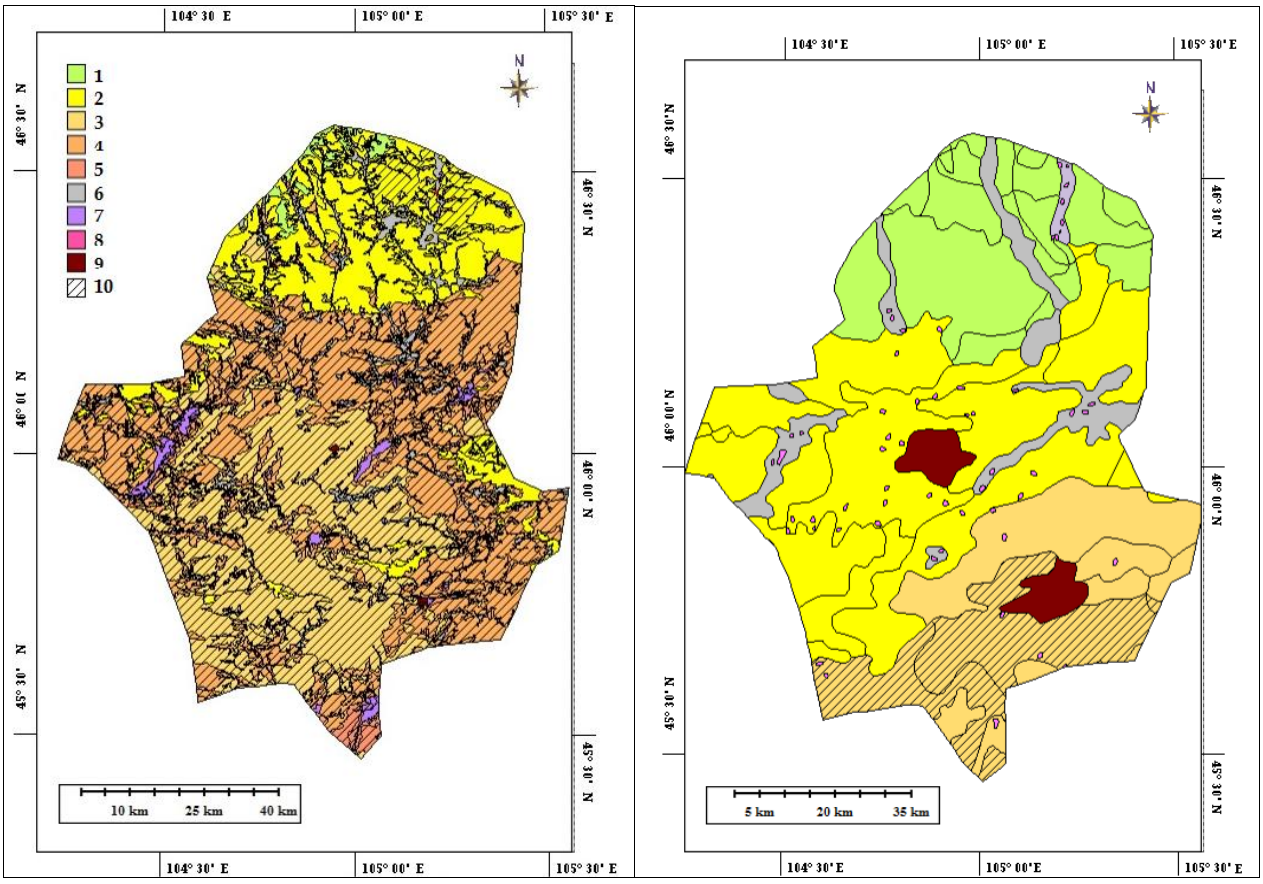


Рис. 9. Динамика растительности зональных экосистем сомона Эрдэнэдалай: 1989 год слева, 2009 год справа. *Условные обозначения к рисункам 9 и 10:* 1 – горные умеренно-сухие степи, 2 – подзона сухих степей, 3 – подзона опустыненных степей, 4 – подзона пустынных степей, 5 – подзона остепненных пустынь, 6 – остепненные засоленные и болотистые солончаковые луга, 7 – солянковые и злаково-галофитноразнотравные солончаки, 8 – такыры, соленые озера, 9 – антропогенные экосистемы (населенные пункты, горные разработки, залежи), 10 – экосистемы, в травостое которых доминирует (содоминирует) *Allium polyrrhizum.*

Fig. 9. Vegetation dynamics of zonal ecosystems in Erdenedalai sumu: 1989 year is on the left, 2009 years is on the right. *Legend for figures 9 and 10:* 1 – mountain moderately-dry steppes subzone, 2 – dry steppes subzone, 3 – desert steppes subzone, 4 – desert steppes subzone, 5 – steppe deserts subzone, 6 – steppe saline and marshy meadow solonchak meadows, 7 – salsola and cereal-halophytic-invasive solonchaks, 8 – takyrs, salt lakes, 9 – anthropogenic ecosystems (rural areas, mining, fallow lands), 10 – ecosystems with dominating (co-dominating) *Allium polyrrhizum*.

При анализе содержания карт следует учитывать, что минимальные площади, отображаемые на карте аймака масштаба 1:1000000, в 25 раз крупнее тех, что мы видим на картах сомонов масштаба 1:200000, а конфигурация выделов и тематическое содержание карты масштаба 1:1000000 по сравнению с картами сомонов имеют существенно бóльшую степень генерализации. Кроме того, использование современных космических снимков, разрешающая способность которых значительно выше, чем была у материалов ДЗЗ в 1989 г., позволило значительно детализировать содержание создаваемых современных карт сомонов.

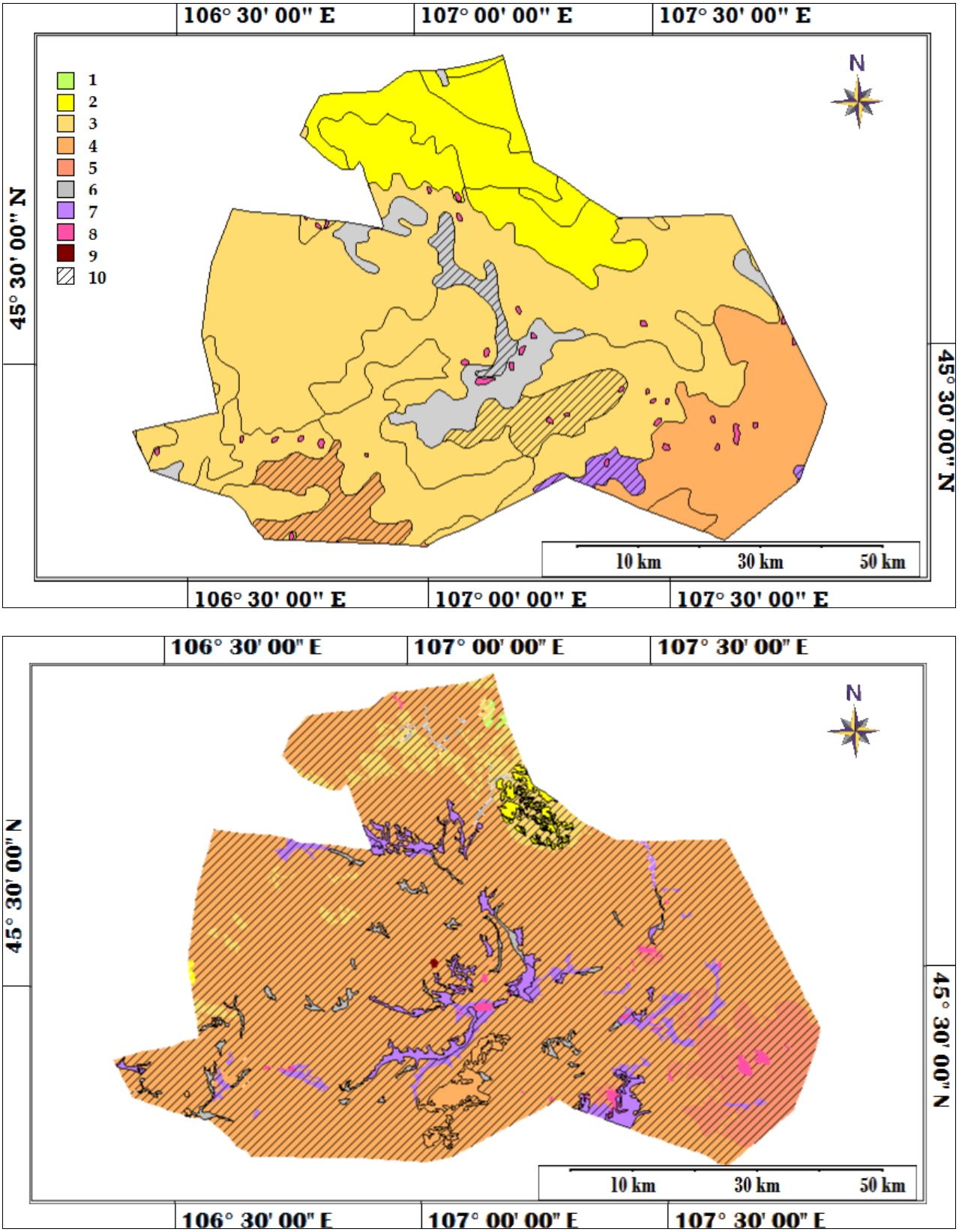


Рис. 10. Динамика растительности зональных экосистем сомона Гурвансайхан: в 1989 году – вверху, в 2012 году – внизу. **Fig. 10.** Vegetation dynamics of zonal ecosystems in Gurvansaikhan sumu: 1989 year is on the top, 2012 year is on the bottom.

Проследив изменения в расположении зональных экосистем путем сравнения соответствующих фрагментов карты экосистем Среднегобийского аймака и созданных позднее карт экосистем сомонов Эрдэнэдалай и Гурвансайхан (рис. 9, 10), можно констатировать значительное увеличение площадей экосистем с пустынно-степной растительностью, их продвижение к северу в подзоны опустыненных, сухих и умеренно сухих степей. Дальше на север распространились экосистемы с растительностью остепненных пустынь. Эти данные подтверждают тезис об опустынивании растительности аймака.

Подзона пустынных степей, судя по ряду созданных ранее картографических и литературных источников (Юнатов, 1954; Карта …, 1979; Почвенная …, 1980; Кормо-ботаническая карта …, 1981-1982; Национальный атлас …, 1990; Ecosystems of Mongolia …, 1995), доходила на территории Среднегобийского аймака к северу примерно до широты 45° 30' -46° 00' с.ш. В настоящее время полоса пустынно-степных растительных сообществ на примере сомонов Эрдэнэдалай и Гурвансайхан (рис. 9, 10) простерлась гораздо севернее – на 50-60 км и более. Процесс ксероморфизации растительности затронул сообщества всех подзон степной зоны.

В сомоне Эрдэнэдалай петрофитноразнотравно-дерновиннозлаковые умеренно-сухие степи, доминировавшие на денудированных низкогорьях северной трети территории, уже к 2009 году сохранились лишь на самых приподнятых (выше 1650 м н.у.м. БС) горных сооружениях (рис. 9). Их место заняли горные сухостепные фитоценозы, в которых доминируют *Stipa krylovii* и *Cleystogenes squarrosa*, а по днищам межгорных долин среди чиевников широко распространился *Allium polyrrhizum*.

Большую часть плакорных местообитаний на территории сомона Эрдэнэдалай и севера сомона Гурвансайхан ранее занимала сухостепная растительность, которая теперь сменилась более аридными сообществами (рис. 10): на возвышенных местообитаниях – опустыненно-степными, в которых доминируют *Stipa krylovii, S. glareosa, S. klemenzii, Cleistogenes squarrosa, Agropyron cristatum, Caragana leucophloea* или *Caragana microphylla* (фото 16), при участии *C. pygmaea, Allium polyrrhizum* или *A. mongolicum*; на более низких – пустынно-степными, с преобладанием *Allium polyrrhizum, Stipa glareosa, S. gobica, Cleistogenes songorica, Anabasis brevifolia,* с участием *Reamuria soongorica, Krascheninnikovia ceratoides, Ajania achilleoides* (фото 17).

Кроме того, об общей ксерофитизации пастбищ Среднегобийского аймака может свидетельствовать и тот факт, что к северу продвигаются не только сухостепные и пустынно-степные, но и пустынные экосистемы. В пустынных степях обширных плоских древнеозерных котловин на юго-востоке сомона Гурвансайхан, крайнем юге сомона Эрдэнэдалай и на пустынно-степных местообитаниях в некоторых других сомонах мелкие дерновинные злаки *Stipa klemenzii, S. gobica, Cleistogenes songorica* и луки *Allium polyrrizum* уступили свои ведущие позиции пустынным полукустарничковым солянкам *Salsola passerina, Anabasis brevifolia, Reaumuria soongorica* (фото 18). Здесь сформировались остепненно-пустынные фитоценозы (рис. 9, 10).

В таблице 4 приводится соотношение площадей, на которых были распространены экосистемы с различной зонально-поясной растительностью в 1989 году и 2009-2012 годы.

Фитоценотические показатели были главными при картографировании экосистем сомонов, поэтому полное доминирование в растительном покрове пустынно-степных или пустынных видов было решающим показателем для отнесения экосистем к опустыненным и пустынным степям, и к остепненным пустыням, соответственно.

Аридизация за последние 15-20 лет только усугубила разрушающее воздействие перевыпаса, а снижение количества атмосферных осадков еще сильнее ухудшило состояние степных и сухостепных растений. Травостой степных пастбищ постепенно деградировал:

снижалась его жизненность, видовое разнообразие, проективное покрытие; из него выпали степные дерновинные злаки (*Koeleria gracilis, Poa attenuata, Agropyron cristatum, Stipa Krylovii*), а на их место внедрились и закрепились виды-пришельцы из пустынных степей (*Stipa glariosa, S. klemenzii, S. gobica, Allium polyrrhizum*).

Фото 16. Опустыненно-степные пастбища в центре сомона Эрдэнэдалай.
Photo 16. Desertified-steppe pastures in the central part of Erdenedalai sumu.

Фото 17. Полукустарничково-ковыльковая пустынная степь в сомоне Хулд.
Photo 17. Semi-shrub-Stipa desert steppe in Huld sumu.

Фото 18. Луково-полукустарничковая остепненная пустыня на юго-востоке сомона Гурвансайхан. **Photo 18.** Allium-semi-shrub desert steppe in the South-East of Gurvansaikhan sumu.

Таблица 4. Изменение площадей зонально-поясных групп пастбищных экосистем с 1989 по 2009-2012 гг. **Table 4.** Changing of the areas of zonal-belt groups of pasture ecosystems during 1989-2012.

Экосистемы	**Среднегобийский аймак**		**Эрдэнэдалай сомон**				**Гурвансайхан сомон**			
	1989 г.		**1989 г.**		**2009 г.**		**1989 г.**		**2012 г.**	
	Площадь (в км^2 – слева, в % от общей площади пастбищ по аймаку или сомону – справа)									
Горные степные умеренно-сухие	4069.32	5.50	1583.87	22.53	70.62	0.97	–	–	5.60	0.10
Подзоны сухих степей	16121.01	21.88	3209.91	45.65	1495.86	20.51	829.74	15.44	52.57	0.97
Подзоны опустыненных степей	21526.52	29.24	1664.66	23.67	2097.36	28.76	3304.84	61.52	247.60	4.51
Подзоны пустынных степей	21323.70	28.81	–	–	2970.61	40.73	851.80	15.84	4401.05	80.66
Подзоны остепненных пустынь	3107.15	4.20	–	–	96.83	1.33	–	–	348.08	6.38
Интразональные (луга, солончаки)	7680.79	10.37	573.84	8.15	561.51	7.70	386.63	7.20	365.30	6.70
Всего	73828.49	100.0	7031.78	100.0	7292.8	100.0	5372.01	100.0	5420.20	100.0

Сухие и опустыненные степи постепенно отодвинулись к северу и поднялись выше по рельефу, а их место заняли пустынно-степные сообщества. В сомоне Эрдэнэдалай площади умеренно-сухих степей сократились более чем в 20 раз, а сухих степей – более чем вдвое.

Произошло это за счет некоторого увеличения площади опустыненно-степных сообществ и в первую очередь из-за распространения не отмечавшейся здесь ранее растительности пустынных степей, которая занимает теперь более 40% пастбищной территории (на юге и в центре сомона, на местообитаниях опустыненно-степных и сухостепных сообществ на приподнятых равнинах в центре и в сухих депрессиях, на севере). Мы считаем, что такая ксерофитизация растительного покрова экосистем сомона произошла, главным образом, вследствие многолетних чрезмерных пастбищных нагрузок. На юге сомона появились луково-ковыльково-полукустарничковые (*Anabasis brevifolia, Salsola passerina, Reamuria soongorica*) пустынные фитоценозы (1.3% от площади пастбищ).

Появление в составе растительности сомона Гурвансайхан умеренно-сухих горных фитоценозов объясняется тем, что в результате генерализации содержания на карте с масштабом 1:1000000 они не были учтены из-за своих незначительных площадей, но выявились на карте с масштабом 1:200000. Аридизация растительных сообществ сомона Гурвансайхан произошла по тем же причинам и по той же схеме, что и в Эрдэнэдалай. Площадь пустынно-степных сообществ увеличилась в 5 раз и занимает теперь свыше 80% пастбищ, располагаясь на местах, ранее занятых опустыненными и сухими степями, которые сохранились лишь на возвышенных местообитаниях на севере сомона. Площади сухих и опустыненно-сухих степей уменьшились в 16 и 13.5 раз соответственно. Пустынная растительность уже составляет более 6% от площади пастбищ.

Повсюду в экосистемах этих сомонов и аймака в целом, ведущим ценозообразователем стал *Allium polyrrhizum* (лук многокорешковый) – один из основных эдификаторов пустынных степей Монголии (Юнатов, 1954). Он широко распространен не только на пустынно-степных территориях, но обычен и в травостое равнинных растительных сообществ подзон опустыненных степей и остепненных пустынь (Евстифеев, Рачковская, 1977). *Allium polyrrhizum* стал основным растением, сформировавшим монодоминантные пустынно-степные сообщества и фитоценозы (фото 19), в которых он является главным содоминантом (в сочетаниях с *Stipa glareosa, S. gobica, S. krylovii, S. klemenzi, Cleystogenes squarrosa, Caragana leucophloe*, или *Achnatherum splendens*) за пределами подзоны пустынных степей (рис. 9, 10).

Экологические препятствия для массового роста лука многокорешкового – сильная степень каменистости, засоления и опесчаненности местообитаний. На легких почвах и маломощных песках он замещается близким видом – *Allium mongolicum* (фото 20).

Allium polyrrhizum – выносливое и конкурентоспособное растение, хорошо выдерживает чрезмерные пастбищные нагрузки, засуху и морозы, впадая при длительном отсутствии осадков в своеобразный анабиоз и переживая неблагоприятные условия под землей в виде плотной дернины из многочисленных утолщенных корешков (луковиц). По оценкам специалистов, сейчас *Allium polyrrhizum* начинает преобладать в проективном покрытии травостоев пастбищ Среднегобийского аймака, а его фитомасса уже составляет 70-80% от фитопродуктивности угодий (Гунин и др., 2009). Здесь он встречается в составе практически всех зональных степных фитоценозов на почвах: от каштановых и лугово-каштановых до светло-каштановых и бурых пустынно-степных.

Главная причина такой бурной экспансии луковых пустынно-степных сообществ на север за пределы подзоны пустынных степей видится в чрезмерных нерегулируемых пастбищных нагрузках, приведших к ослаблению и сильной деградации разнотравно-злакового травостоя пастбищ, механическому разрушению дернины. Пасторальный пресс на пастбищные экосистемы подкрепляется общей аридизацией климата, поэтому значительный доступный для вегетации растений запас влаги формировался только в поверхностном слое 0-20 см, чем создавались удовлетворительные (и даже хорошие) условия для мощного покрова из *Allium pollyrhizum* с приповерхностной корневой системой (Гунин и др., 2009).

Фото 19. Монодоминантное пустынно-степное сообщество из *Allium polyrrhizum* в сомоне Эрдэнэдалай. **Photo 19.** The mono-dominant desert steppe community of *Allium polyrrhizum* in Erdenedalai sumu.

Фото 20. *Allium mongolicum* на песчаных наносах в сомоне Хулд.
Photo 20. *Allium mongolicum* on the sandy sediments of Huld sumu.

Поскольку формирование луком многокорешковым растительных сообществ за пределами подзоны пустынных степей на месте более северных степных и остепненно-луговых фитоценозов (для которых он – вид инвазийный) является показателем сильной антропогенной нарушенности пастбищ, значительные площади экосистем с луковыми фитоценозами в подзонах опустыненных и сухих степей следует считать сильно нарушенными.

Часто возникают фитоценозы смешанного типа, в которых содоминируют представители сухих степей (*Stipa krylovii, Cleystogenes squarrosa, Caragana pygmaea*) и пустынных степей (*Allium polyrrhizum, Stipa klemenzii*), что вызывает определенные трудности при картографировании и классификации этих растительных сообществ.

О масштабах продвижения к северу по территории аймака (на примере сомонов Эрдэнэдалай и Гурвансайхан) пустынно-степной растительности можно также судить по сравнению площадей, которые занимали сообщества с доминирующим (содоминирущим) *Allium polyrrizum*, в 1989 и 2009-2012 годах соответственно (табл. 5).

Таблица 5. Динамика площадей пастбищ, в растительности которых доминирует (содоминирует) *Allium polyrrhizum* на территории Среднегобийского аймака. **Table 5.** The dynamics of pastures areas with dominating (co-dominating) *Allium polyrrhizum* on the territory of Dundgovi Province.

Среднегобийский аймак		**Эрдэнэдалай сомон**				**Гурвансайхан сомон**			
1989 г.		**1989 г.**		**2009 г.**		**1989 г.**		**2012 г.**	
км^2	**%**	**км^2**	**%**	**км^2**	**%**	**км^2**	**%**	**км^2**	**%**
40279.5	54.6	1003.6	14.3	5777.6	79.2	521.9	9.7	4831.2	89.1

К 2012 году интервенция *Allium polyrrizum* достигла таких масштабов, что даже в северных и центральных сомонах Среднегобийского аймака, где раньше преобладала растительность подзон сухих и опустыненных степей, пустынно-степные сообщества, в которых этот лук является доминантом (содоминантом), охватили до 80-90% от площади пастбищных экосистем. Но еще в 1989 году, даже с учетом южных пустынных и пустынно-степных территорий аймака, сообщества с преобладанием лука многокорешкового составляли не более 55% от площади пастбищ.

Заключение

Результаты мониторинга состояния экосистем Монголии свидетельствуют о том, что за период с 1989 по 2012 гг. растительный покров степных пастбищ Среднегобийского аймака очень сильно деградировал: сократилось видовое разнообразие, проективное покрытие, кормовая продуктивность, внедрились сорные и инвазийные растения. Кормовая емкость большинства пастбищ северной и центральной части аймака упала ниже минимальных значений (ниже 2 га на 1 условную овцу). Главной причиной этого является непрерывный рост поголовья всех видов скота (он продолжается и в настоящее время), вызванный нарушением отработанной веками традиционной системы пастбищеоборота. Антропогенная нарушенность степных пастбищ усиливается вследствие общей аридизации климата региона. Площади доступных пастбищ также сокращаются из-за снижения водообеспеченности угодий – уменьшения количества источников воды и снижения ее качества.

Высокая степень антропогенной нарушенности степных пастбищ Среднегобийского

аймака и сопутствующая аридизация климата привели к ксерофитизации растительного покрова степной зоны, смещению к северу растительных сообществ подзон сухих, опустыненных и пустынных степей, к проникновению на юг степной зоны пустынных фитоценозов, а также к усилению опесчаненности территории аймака и расширению площадей, покрытых слоем щебня.

Одним из главных ценозообразующих растений в подзонах сухих и опустыненных степей Среднегобийского аймака стал *Allium polyrrhizum* – эдификатор пустынно-степной растительности. Благодаря своей экологической пластичности он стал формировать к северу от подзоны пустынных степей как монодоминантные сообщества, так и фитоценозы, в которых он содоминирует со степными злаками (*Stipa krylovii, S. glareosa, S. klemenzi, Achnatherum splendens*). В настоящее время *Allium polyrrhizum* входит в состав травостоев практически всех пастбищных экосистем аймака. Сообщества, в которых содоминантом является еще один эдификатор пустынных степей – *Stipa glareosa,* также распространились далеко к северу, в подзоны опустыненных и сухих степей. В результате антропогенного опустынивания на сухих древнеозерных равнинах юга подзоны пустынных степей *Allium polyrrhizum* и ковыльки уступают доминирующие позиции пустынным полукустарничкам (*Salsola passerina, Anabasis brevifolia, Reaumuria soongorica, Kraschenninnikovia ceratoides*).

Продолжение практики нарушения как традиционных, так и научно-обоснованных приемов выпаса, содержание на пастбищах неоправданно большого количества скота, превышающего естественную кормовую емкость угодий, может вскоре настолько истощить пастбища, что дальнейшее развитие главной отрасли сельского хозяйства – пастбищного животноводства, станет здесь практически невозможным. Кроме того, процесс опустынивания растительного покрова неминуемо затронет механизмы почвообразования, приведет к деградации почв и, соответственно, к опустыниванию степных пастбищных экосистем в целом.

В настоящее время пока трудно говорить о необратимости процессов деградации и опустынивания экосистем Среднегобийского аймака, однако для исправления сложившейся ситуации следует принять ряд неотложных мер, среди которых можно предложить следующие:

– расширить возможности водообеспечения пастбищ путем очистки родников, создания новых и реконструкции старых искусственных водопоев, для чего организовать региональный (аймачный) центр по строительству, ремонту и обслуживанию колодцев и водонапорных скважин;

– применяя административные ограничительные и стимулирующие меры, временно сократить в сомонах Среднегобийского аймака количество скота до современного уровня кормовой емкости пастбищ, с перспективой увеличения поголовья пропорционально восстановлению естественной кормовой базы; перевести часть животных в южные сомоны, лучше обеспеченные кормами на пустынно-степных пастбищах;

– снизить поголовье коз и выпасать их только на рекомендуемых для них угодьях, запретив выпас на пастбищах с почвами легкого гранулометрического состава, переувлажненных экотопах и солончаках;

– восстановить традиционную 4-сезонную систему пастбищеоборота; в целях наиболее полного и сбалансированного использования пастбищных кормов стимулировать аратов к формированию сбалансированных многовидовых (из 4-5 видов животных) стад, а для повышения их мобильности провести разукрупнение самых больших по численности стад;

– для ускорения процесса восстановления степного травостоя наиболее деградированных пастбищных экосистем проводить, по возможности, подсев семян степных дерновинных злаков и других видов кормовых растений степной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Архив космических снимков U.S. Geological Survey. 2017. [Электронный ресурс https://earthexplorer.usgs.gov/systemnotice.html (дата обращения 02.03.2009)].

Бажа С.Н., Востокова Е.А., Гунин П.Д., Дугаржав Ч., Данжалова Е.В., Воробьев К.А., Прищепа А.В., Петухов И.А. 2013. Геоинформационное картографирование наземных экосистем бассейна Селенги на примере модельных участков (методические рекомендации). М.: Россельхозакадемия. 109 с.

Востокова Е.А., Гунин П.Д., Рачковская Е.И., Береснева И.А. 1995. Экосистемы Монголии: распространение и современное состояние. М.: Наука. 220 с.

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

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

Гунин П.Д., Энх-Амгалан С., Ганболд Э., Данжалова Е.В., Баясгалан Д., Цэрэнханд Г., Голованов Д.Л., Петухов И.А., Дробышев Ю.И., Концов С.В., Бажа С.Н., Андреев А.В., Хадбаатар С., Ариунболд Э., Пурэвжав Г. 2009. Особенности деградации и опустынивания пастбищных экосистем Монголии (на примере Среднегобийского аймака) // Ботаникийн хурээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бутээл. № 21. С. 104-128.

Евстифеев Ю.Г., Рачковская Е.И. 1977. О приуроченности к почвенно-грунтовым условиям // Ботанический журнал. Т. 62. № 5. С. 684-690.

Жирнов Л.В., Гунин П.Д., Адъяа Я., Бажа С.Н. 2005. Стратегия сохранения копытных аридных зон Монголии. М.: Россельхозакадемия. 327 с.

Карта растительности МНР. 1979. М 1:1500000. М.: ГУГК.

Кормо-ботаническая карта МНР. 1981-1982. М 1:1000000. М.: ГУГК.

Методические рекомендации по оценке и картографированию современного состояния экосистем. 1989. Улан-Батор. 107 с.

Методология оценки состояния и картографирования экосистем в экстремальных условиях. 1993 / Ред. П.Д. Гунин, Е.А. Востокова. Пущино: Изд-во ПНЦ РАН. 203 с.

Национальный атлас Монгольской Народной Республики. 1990 / Ред. Ш. Цэгмид, В.В. Воробьев. Улан-Батор-М.: ГУГК – ГСК МНР – ГУГК СССР. 144 с.

Почвенная карта Монгольской Народной Республики 1980. М 1:2500000. М.: ГУГК.

Растения Центральной Азии. 1977. Вып. 7. Лилейные – орхидные. Л.: Наука. 139 с.

Цаценкин Н.А., Юнатов А.А. 1951. Естественные кормовые ресурсы МНР. М.: Изд-во АН СССР. 350 с.

Шагдасурэн О. 2011. Биология пастбищных видов животных и особенности кочевого скотоводства Монголии // Труды Совместной российско-монгольской комплексной биологической экспедиции. Т. 58. М.: Наука. 264 с.

Юнатов А.А. 1954. Кормовые растения пастбищ и сенокосов Монгольской Народной Республики. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 352 с.

Юнатов А.А. 1950. Основные черты растительного покрова Монгольской Народной Республики. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 223 с.

Энх-Амгалан С., Дробышев Ю.И., Бажа С.Н., Амгаланбаатар Д., Баасандорж Б. 2012. Современное использование пастбищ и обеспеченность водопоями в Среднегобийском аймаке Монголии (на примере бригады Рашаант) // Аридные экосистемы. Т. 18. № 1 (50). С. 18-25.

Ecosystems of Mongolia. The Map. 1995. Scale 1:1000000. Moscow, EKOR. 14 p.

Ecosystems of Mongolia. Atlas. 2005. Ecore Scient. Press, Moscow, 48 p.

Karamysheva Z.V., Khramtsov V.N. 1995. The Steppes of Mongolia // Braun-Blanquetia. Camerino. Vol. 17. P. 3-79.

Mongolian Statistical Information Service. 2017. [Электронный ресурс http://www.1212.mn/tables.aspx (дата обращения 07.12.2017)].

LONG-TERM DYNAMICS OF PASTURE ECOSYSTEMS' CONDITION ALONG THE ECOTONE ZONE OF DRY AND DESERT STEPPES OF CENTRAL MONGOLIA (DUNDGOVI PROVINCE)

© 2018. I.A. Petukhov*, S.N. Bazha*, E.V. Danzhalova*, Yu.I. Drobyshev*, S.-Kh.D. Syrtypova*, E.A. Bogdanov, S. Enkh-Amgalan***, P.D. Gunin***

**A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS*
Russia, 119071, Moscow, Leninsky Avenue, 33. E-mail: monexp@mail.ru
***M.V. Lomonosov Moscow State University*
Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory, 1. E-mail: bogdanov.20191@mail.ru
****Institute of Geography and Geoecology MAS*
Mongolia, 214192, Ulaanbaatar, Chingiltei District, Baruun Selbe, 15, 4th khoroo
E-mail: amgalan69@yahoo.com

The article discusses dynamic processes occurring in the vegetation cover of pasture ecosystems of Central Mongolia under influence of climate aridization and increasing anthropogenic (primarily pasture) loads. On the example of model Dundgovi Province it is shown that over the past three decades the border between desert and dry steppes has advanced to the North, as evidenced by significant changes in the species composition of phytocenoses and changes in dominant species.
Keywords: Central Mongolia, pasture ecosystems, Dundgovi Province, vegetation dynamics, aridization, pasture digression.
DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10007

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2018, том 2, № 2, с. 40-64

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 631.4

ТРЕНД РАЗВИТИЯ ПОЧВ АРИДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (АСТРАХАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)[1]

© 2018 г. Е.И. Панкова*, М.В. Конюшкова*, **, В.И. Мухортов***

**Почвенный институт им. В.В. Докучаева*
Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2. E-mail: pankova22@mail.ru
*** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail:mkon@inbox.ru
****Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия*
Россия, 416251, Астраханская обл., с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8

Изучены свойства антропогенно-измененных светло-каштановых, бурых аридных и светлых ксероморфных солонцов в полосе контакта сухостепной и полупустынной зон в пределах правобережья Прикаспия на границе северной Сарпинской равнины и южной Сарпинской низменности. Рассмотрены свойства почв в орошаемых и богарных условиях. В результате более чем 40-летнего орошения произошел подъем грунтовых вод и существенное изменение свойств почв бывшего солонцового комплекса сухостепной зоны, в основном, в положительную сторону. Негативные изменения охватывают небольшую площадь орошаемых почв и связаны, в первую очередь, с окарбоначиванием пахотного горизонта с образованием крупноглыбистой структуры на бывших солонцах и солонцеватых почвах. Несмотря на близкое залегание грунтовых вод, на изучаемом орошаемом участке не произошло вторичного засоления и осолонцевания почв, что указывает на то, что с орошаемого участка в целом идет отток солей вместе с грунтовой водой. Богарная пахота возрастом более 50 лет, расположенная на территории с бурыми аридными почвами и солонцами, привела к сильному иссушению профиля почв и формированию глыбистого пахотного карбонатного горизонта. Многолетняя (около 20 лет) залежь не обеспечила какого-либо улучшения свойств солонцеватых бурых аридных почв и солонцов.

Ключевые слова: солонцы, солонцеватые бурые и светло-каштановые почвы, вторичное засоление, Сарпинская низменность, окарбоначивание пахотного горизонта, динамика засоления, засоленные почвы, орошение, пашня, мелиорация.

DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10008

Целью работы являлось определение особенностей целинных, орошаемых, богарных и залежных почв аридных территорий России на примере почв Астраханской области для выявления направленности их развития при антропогенном воздействии.

Материалы и методы исследования

Изучение антропогенно-измененных почв и их целинных аналогов проводилось в сентябре 2011 года на землях Прикаспийского научно-исследовательского института аридного земледелия (ПНИИАЗ) на правобережье Волги (рис. 1) у селения Соленое Займище (Черноярский район Астраханской области). Сведения о природных условиях и почвах района наших работ подробно рассмотрены в публикациях В.П. Зволинского и В.Г. Ларешина (Зволинский, Ларешин, 1996; Зволинский, 1991), В.В. Горчакова и Т.В.

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-04-00570).

Мулешевой (1999, 2000). Результаты исследований 2011 года по целинным почвам объекта исследований опубликованы ранее (Панкова и др., 2014; Pankova et al., 2014). Поэтому в данной статье на характеристике природных условий объекта исследований, и в том числе, на особенностях целинных почв остановимся очень кратко.

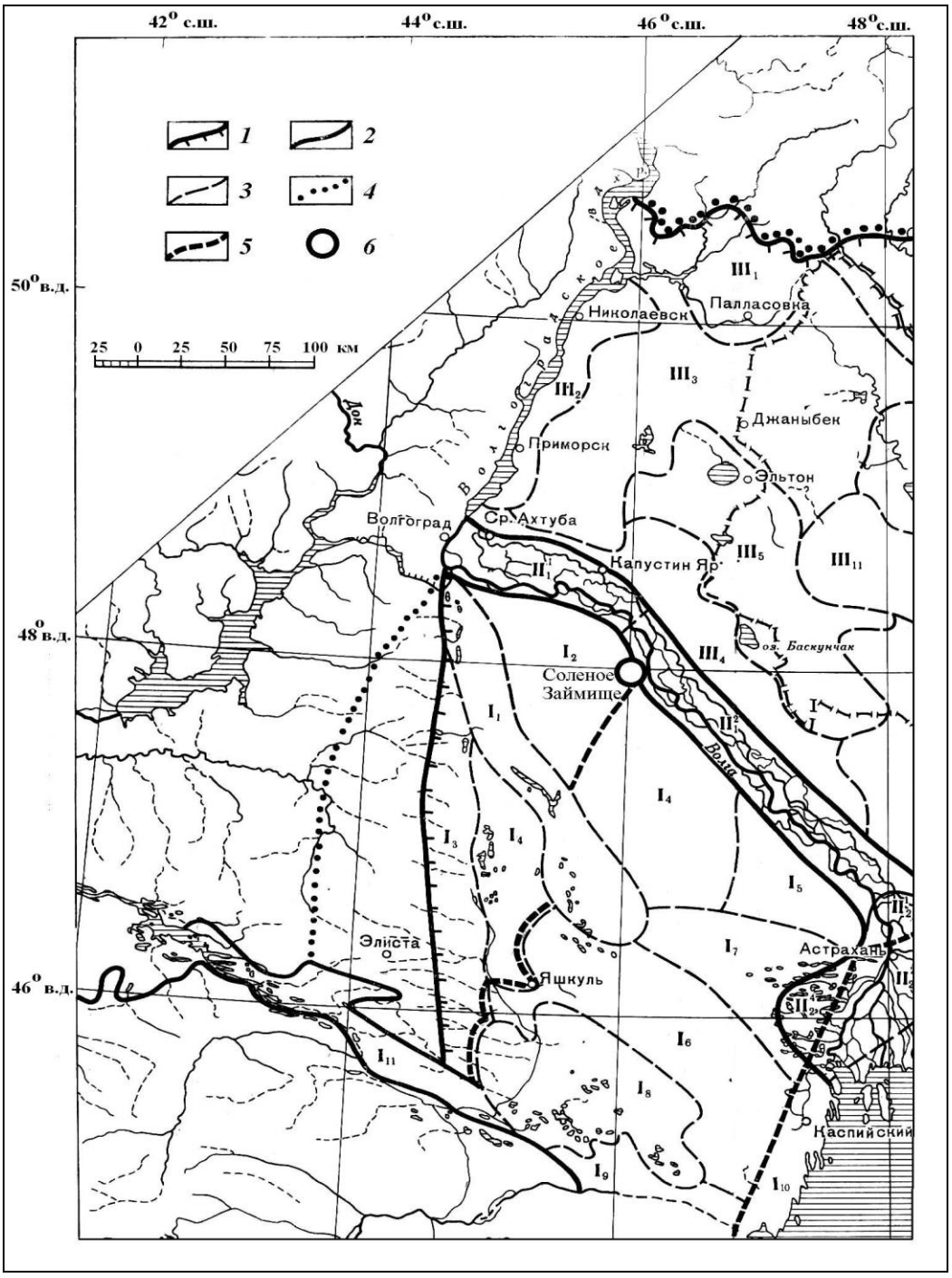


Рис. 1. Схематическая карта природного районирования Прикаспийской низменности (Доскач, 1979). *Условные обозначения.* Границы: 1 – Прикаспийской низменности, 2 – природных областей, 3 – природных районов, 4 – зоны полупустыни, 5 – литоморфологических поясов; 6 – место исследований. Природные области: I – Западный правобережный Прикаспий, II – Волго-Ахтубинская пойма и дельта Волги, III – Волго-

Уральское междуречье. Природные районы: I_1 – Сарпинская ложбина, I_2 – Северная Сарпинская низменная равнина, I_3 – Приергенинская равнина, I_4 – Южная Сарпинская низменность, I_5 – Астраханская перевеянная низменная равнина, I_6 – Центрально-Черноземельская песчаная равнина, I_7 – Район бэровских бугров и подстепных ильменей, I_8 – Нарын-Худукский озерный бессточный район, I_9 – Прикумская грядово-ложбинная равнина, I_{10} – Приморская песчано-солончаковая низменная равнина, I_{11} – Манычская ложбина; II_1 – Северная лугово-лесная пойма, II_2 – Южная преимущественно луговая пойма, II_3 – Вершина дельты, II_4 – Средний пояс центральной части дельты, II_5 – Приморский тростниковый пояс дельты, II_6 – Западные подстепные ильмени, II_7 – Восточные подстепные ильмени; III_1 – Еруслано-Торгунская суглинистая сухостепная равнина, III_2 – Приволжская опесчаненная гряда, III_3 – Северо-западная бессточная суглинистая Джаныбекская полупустынная равнина, III_4 – Приволжская песчано-супесчаная полоса с массивами перевеянных песков, III_5 – Эльтонско-Боткульская супесчаная озерно-солончаковая равнина. **Fig. 1.** Map of natural zoning of the Caspian Depression (Доскач, 1979). *Legend.* Boundaries: 1 – of the Caspian Depression, 2 – of natural regions, 3 – of natural districts, 4 – of the semi-desert zone, 5 – of litho-morphological belts; 6 – study area; Natural areas: I – Western Caspian (right bank), II – Volga-Akhtuba floodplain and the Volga delta, III – the Volga-Ural interfluves. Natural districts: I_1 – Sarpian hollow, I_2 – Northern Sarpian lowland, I_3 – Priergeninskaya plain, I_4 – Southern Sarpian lowland, I_5 – Astrakhan aeolian lowland, I_6 – Central Cherny Zemly sand plain, I_7 – Baer mounds and steppe lakes, I_8 – Naryn-Khuduk lacustrine closed region, I_9 – Kuma ridge-hollow plain, I_{10} – Coastal sandy and saline lowland, I_{11} – Manych hollow; II_1 – Northern meadow-forest floodplain, II_2 – Southern meadow floodplain, II_3 – Upper delta, II_4 – Central delta; II_5 – Coastal cane belt of delta, II_6 – Western steppe lakes, II_7 – Eastern steppe lakes; III_1 – Yeruslan-Torgun loamy dry steppe plain, III_2 – Volga sand ridge, III_3 – Dzhanybek Northwest closed loamy semidesert plain, III_4 – Volga sand belt with aeolian sands, III_5 – Elton-Botkul sandy lacustrine solonchakous plain.

По схеме природного районирования Прикаспийской низменности (Доскач, 1979), район исследований находится в зоне стыка Северной Сарпинской низменной равнины с каштановыми почвами и Южной Сарпинской низменности с бурыми аридными почвами (рис. 1).

Северная Сарпинская низменная равнина сложена засоленными глинами, местами перекрытыми легкими отложениями протоков Волги (Егоров, Попов, 1976). К югу от нее выделяются районы Южной равнины, представляющие собой морскую и дельтово-морскую верхнехвалынскую равнину, в ложбинах сложенную суглинками, а между ложбинами – супесями и песками. Они преимущественно сложены легкими отложениями, а их облик более пустынный по сравнению с Северной низменной равниной. Участки наших исследований расположены в зоне контакта двух указанных частей.

Климатические условия объекта исследований характеризуются сухим жарким климатом (табл. 1). Значения гидротермического коэффициента (ГТК) составляют 0.3-0.5, климат оценивается как сухой пустынный (Агроклиматический справочник … , 1961).

В районе работ сумма активных температур составляет 3300-3600°С. Лето жаркое и сухое, его среднемесячная температура составляет +24.5-25.5°С, а максимальная доходит до +41-44°С. Зима умеренно холодная, со среднемесячной температурой от -8.3°С до -10°С.

Годовое количество осадков – 250-260 мм. Крайне низкое увлажнение является одним из лимитирующих факторов при использовании земельных ресурсов объекта исследований. Это самые аридные земли России (Зволинский, Ларешин, 1996).

Особенно неблагоприятные метеоусловия сложились на исследуемой территории с октября 2010 года по июль 2011 года, т.е. в период наших исследований. За 11 месяцев выпало всего 136 мм осадков при испаряемости за теплый период (апрель-октябрь) 769.1 мм

(Отчет о НИР …, 2011). За весенне-летний период вегетации выпало всего 39.6 мм осадков, что на 35.4 мм меньше среднемноголетней нормы. Такие экстремальные условия привели к практически полному иссушению пахотного слоя почвы в период наших работ.

Таблица 1. Основные климатические и погодные условия района исследования по данным метеостанции с. Черный Яр (Зволинский, Ларешин, 1996). **Table 1.** Main climatic and weather indices of the study area, according to the data of Cherny Yar weather station (Зволинский, Ларешин, 1996).

Наименование показателя	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
Средняя многолетняя месячная температура, °С	-9.2	-8.4	-2	8.7	16.7	21.5	24.3	22.8	16.3	8.3	0.3	-5.3	7.8
Средняя многолетняя сумма активных температур, °С	0	0	11	260	518	645	754	706	488	254	29	0	3665
Средняя многолетняя сумма эффективных температур выше 10°С, °С	0	0	0	28	208	345	444	396	188	13	0	0	1622
Средняя многолетняя сумма эффективных температур выше выше 5°С, °С	0	0	0	78	363	495	599	551	338	99	0	0	2523
Средняя многолетняя сумма осадков, мм	18	18	18	18	31	26	23	18	23	20	20	20	256
Средняя многолетняя месячная относительная влажность воздуха, %	85	83	78	62	54	50	50	52	57	69	80	84	67
Средний многолетний месячный коэффициент аридности	0	0	0	0.69	0.59	0.4	0.3	0.25	0.47	0.78	0	0	0.49
Средняя многолетняя испаряемость, мм	0	0	0	79	146	199	216	199	130	57	0	0	1029
Средний многолетний коэффициент увлажнения, %	0	0	0	23	21	13	11	9	18	35	0	0	18
Средний максимум температуры воздуха, °С	-5.6	-4.7	2.3	14.7	22.9	27.5	30.5	29.4	22.9	13.6	4.4	-2.1	13
Абсолютный максимум температуры воздуха, °С	12	12	21	31	36	39	40	43	37	30	18	11	43
Средний минимум температуры воздуха, °С	-13	12.2	-6.2	3.3	10.6	15.8	18.2	16.5	10.3	3.5	-2.9	-8.4	3
Абсолютный минимум температуры воздуха, °С	-38	-36	-29	-13	-4	3	7	4	-4	-10	-29	-36	-38
Средняя суточная амплитуда температур, °С	7.4	7.5	11.4	12.3	11.7	12.3	12.9	12.6	12.6	10.1	7.3	6.3	10
Средняя месячная скорость ветра, м/сек	5.4	4.9	5	4.3	4.3	4	3.6	3	4	4.5	4.6	5.2	4.5

Согласно почвенной карте Астраханской области (1985), почвенный покров района работ представлен комплексами светло-каштановых солонцеватых почв и солонцов, занимающих до 10-25% территории.

Светло-каштановые целинные почвы Сарпинской низменной равнины до глубины 60 см часто не засолены, реже отмечается слабое засоление с глубины 30 см (Зволинский, Ларешин, 1996). Почвы характеризуются низким содержанием гумуса (1.3-2%) в слое 0-20 см, глубже количество гумуса снижается до 1%. Содержание натрия в горизонтах B_1 и B_2 составляет от 3-10% до 14% от суммы поглощенных катионов в солонцеватых почвах. Несолонцеватые почвы содержат 1-2% обменного натрия, но при этом часто характеризуются хорошо выраженной морфологической и физической солонцеватостью, о чем свидетельствует повышенное содержание физической глины и ила в солонцовых горизонтах (по сравнению с верхним светло-гумусовым горизонтом), повышенная плотность (1.4-1.5 г/см^3) и низкая водопроницаемость.

Солонцы Сарпинской равнины характеризуются резкой дифференциацией почвенного профиля, утяжеленным гранулометрическим составом солонцового, часто засоленного горизонта, с содержанием поглощенного натрия до 15-20%. Преобладают мелкие и средние солончаковые солонцы преимущественно хлоридного и сульфатно-хлоридного химизма. Содержание гумуса в верхних горизонтах – 1.0-1.4%. Таким образом, солонцы, как обычно, характеризуются неблагоприятными водно-физическими свойствами: высокой плотностью солонцового горизонта (1.5-1.6 г/см^3), низкой пористостью (до 41%), низким коэффициентом фильтрации (1-4 мм/час) и низкой водопрочностью структурных агрегатов верхних горизонтов (Зволинский, 1991). Характеристика целинных почв района наших исследований была подробно рассмотрена в статье Е.И. Панковой с соавторами (Панкова и др., 2014; Pankova et al., 2014). В настоящей статье основное внимание уделено антропогенно-измененным почвам. Для сравнения в таблицах приведены аналитические данные по целинным и антропогенно-измененным почвам объекта исследований.

Современные природные и антропогенные процессы эволюции почв в степной и сухостепной зонах рассмотрены в монографии Ф.И. Козловского (2003). Конкретные материалы, которые иллюстрируют изменение свойств антропогенно-нарушенных почв в районе наших исследований, приведены в работах В.П. Зволинского и В.Г. Ларешина (Зволинский, Ларешин, 1996; Зволинский, 1991), В.В. Горчакова и Т.В. Мулушевой (1999, 2000), И.Н. Любимовой (2003), Д.И. Люри с соавторами (2010).

Исследования на территории ОПХ «Ленинское» ПНИИАЗ проводились ранее в основном на орошаемых почвах светло-каштановой подзоны (Зволинский, Ларешин, 1996).

Основным источником орошения почв в ОПХ «Ленинское» является Черноярское водохранилище (Калмыцко-Астраханская рисовая оросительная система). Его строительство было начато в 1973 году (Зволинский, Ларешин, 1996), первую очередь сдали в 1978 году, а всю систему – в 1988 году. Все хозяйственные каналы оросительной системы построены в земляном русле. Орошение осуществлялось напуском на фоне открытой коллекторно-дренажной сети, а за пределами системы – дождеванием. Поливные воды пресные (минерализация – 0.74-0.76 г/л с преобладанием ионов Ca^{2+} и HCO_3^-).

Комплексность почвенного покрова и слабая общая дренированность полей обусловили подъем уровня грунтовых вод (УГВ): летом – до 2 м и выше, зимой – на 3-4 м. Минерализация воды – 2.0-2.6 г/л, в составе солей преобладают сульфаты натрия и магния.

К моменту наших исследований многократные обработки почв, выравнивание рельефа и нарезка борозд привели к существенному изменению профиля целинных почв. В антропогенно-нарушенных почвах сформировался различной степени выраженности пахотный слой, состоящий из фрагментов различных почвенных горизонтов (преимущественно верхних). Согласно исследованиям В.П. Зволинского и В.Г. Ларешина

(Зволинский, Ларешин, 1996; Зволинский, 1991), а также Т.В. Мулушевой (1999), через 20 лет освоения в условиях орошения светло-каштановые почвы преобразуются в светло-каштановые глубокосолончаковатые с очень незначительным содержанием обменного натрия (1.4-2.4%). В севообороте под воздействием травосмесей и томатов возрастает доля гуминовых кислот в составе гумуса, т.е. свойства почв явно улучшаются.

Целинный солонец среднестолбчатый «высокосолончаковый» (т.е. солончаковый) «остаточно-натриевый» трансформировался при орошении в солонец светло-каштановый глубокосолончаковый остаточно-натриевый хлоридно-сульфатного химизма (р. 18; Зволинский, Ларешин, 1996). Легкорастворимые соли практически были вымыты из метрового слоя или обнаруживаются только в нижней части первого метра, где отмечается слабое хлоридно-сульфатное засоление.

Таким образом, исследования ПНИИАЗ установили, что орошение почв солонцовых комплексов светло-каштановой подзоны способствовало уменьшению содержания поглощенного натрия и магния в составе обменных катионов, улучшению качественного состава гумуса и повышению плодородия почв (в данном случае не рассматриваются почвы под рисовниками, в которых отмечены резкие изменения почвенных свойств).

Интересные материалы, характеризующие изменение почв богарных пашен и разновозрастных залежей района исследований, были обобщены в работе Д.И. Люри с соавторами (2010), где приведены сведения о трансформации в результате богарного землепользования светло-каштановых, бурых аридных почв и солонцов светлых, а также прослеживается изменение почв в условиях разновозрастной залежи. Показано, как изменяются светло-каштановые и бурые почвы в условиях богары и с какой скоростью идет восстановление растительности и свойств почв на залежных землях. Авторы утверждают, что комплексность растительного покрова восстанавливается на 30-летней залежи, а восстановление почв идет значительно медленнее, вероятно, не ранее, чем через 100 лет. При этом констатировано, что на первом этапе восстановления (20-30 лет) снижается содержание гумуса по сравнению с целинной почвой, сохраняется неоднородная агрогенная структура пахотного горизонта, наблюдается выщелачивание солей (до глубины 100 см в светло-каштановых почвах и до – 70 см в солонцах) и повышается pH среды до 9.0

В солонцах 5-летней залежи зафиксировано возрастание гумуса в связи с развитием злаковой костровой (*Bromus tectorum*) растительности, сглаживаются различия в залежных почвах бывших солонцов и светло-каштановых почв. На 30-летней залежи восстанавливается комплексность растительного покрова и усиливаются различия в свойствах почв – солонцов, светло-каштановых и бурых аридных почв. Трансформация почв на богаре и на залежи выявила ту же направленность их развития, которая была зафиксирована и на светло-каштановых почвах. При этом авторы доказывают, что и на 100-летней залежи полного восстановления нарушенных почв не происходит (Люри и др., 2010).

Таким образом, к настоящему времени накоплен достаточно обширный материал, характеризующий как целинные, так и антропогенно-измененные почвы аридных экосистем.

Мы поставили задачу еще раз проанализировать антропогенное воздействие на свойства почв аридных экосистем в районе Соленого Займища Астраханской области.

Результаты и обсуждения

Выбор антропогенно-преобразованных почв проводился с учетом истории полей под руководством сотрудника ПНИИАЗ – В.И. Мухортова. Были изучены почвы орошаемого участка «Суводя» и богарного участка «Несевооборот» Участок «Суводя» орошается с 1967 года с помощью дождевания ДДА-100М с овоще-кормовым севооборотом (люцерна-люцерна-люцерна-зерновые-овощи-кукуруза). Обработка почвы – отвальная вспашка на

глубину 25-27 см. Оросительные нормы составляли: под люцерной – 3200-4000 м^3/га (8-10 поливов при поливной норме 400 м^3/га); под овощами – 7000 м^3/га (12-15 поливов при норме 500 м^3/га); под зерновыми – 1800-2400 м^3/га (6-8 поливов при норме 300 м^3/га); под кукурузой – 6000-6400 м^3/га (15-16 поливов при норме 400 м^3/га).

Участок «Несевооборот» распахан с 1956 года и использовался под посев зерновых в парозерновом севообороте: черный пар – озимые (яровые) – яровые. В 1980 году к богарному участку сделали припашку, которую в 1990 году из-за низких урожаев пустили в залежь, в 1994 году засеяли житняком, в течение двух лет использовавшимся для сенокошения, а затем под пастбище.

На орошаемом участке был изучен агрозем солонцовый орошаемый (бывший солонец, р. А-3; рис. 2) и агроземы текстурно-карбонатные орошаемые (бывшие каштановые почвы, р.р. А-4, А-5, А-6, А-7), на богарной пашне – агробурая почва (бывшая бурая аридная почва, р. А-11, пашня) и агробурая сильносолонцеватая почва (р. А-9, залежь). В поле определен как агросолонец и по содержанию поглощенного натрия может быть отнесен к солонцам.

Все разрезы привязаны по GPS, проведено морфологическое описание почв. В образцах почв определяли pH, состав водной вытяжки 1:5, обменные основания и другие виды анализов по общепринятым методикам (Воробьева, 2006).

Орошаемый участок «Суводя»

Орошение участка осуществляется волжской водой хорошего качества (табл. 2). До орошения в почвенном покрове участка преобладали светло-каштановые почвы, незасоленные в первом метре или слабозасоленные во втором метре и формирующиеся в комплексе с солонцами солончаковыми, засоленными в верхних 0-30 см; состав солей хлоридный и сульфатно-хлоридный (Зволинский, Ларешин, 1996; Мулушева, 1999).

При этом следует указать, что у воды в ключе Соленое Займище (около уреза р. Волга) повышенная минерализация (около 5 г/л) и неблагоприятный состав (SAR-20). Однако эти воды не связаны с оросительными и грунтовыми водами орошаемого участка.

Характеристика антропогенно-измененных орошаемых (бывших светло-каштановых почв и светлых солонцов) дана на основе исследований, которые мы проводили на ключевом участке, расположенном в пределах одного орошаемого поля, подвергавшегося планировкам, обработкам и орошению. По данным ПНИИАЗ, в течение 44 лет участок использовали в овоще-кормовом севообороте, а в 2011 году на нем посеяли пшеницу. Поле орошается с 1956 года.

Первоначально проводился поверхностный полив, а с 1965 года – полив дождеванием (ДДА-100); оросительная норма составляла 6000 м^3/га. До орошения грунтовые воды залегали глубоко (>10 м). В 1978 году построено водохранилище в балке Кривая Лука. Кроме того, большие площади на территории ПНИИАЗ использовали под рис.

В результате подтопления и орошения уровень грунтовых вод резко поднялся до 2.2-2.5 м. В 90-е годы орошение на некоторое время прекратилось. После возобновления орошения уровень грунтовых вод вновь достиг 2-2.5 м. Воды слабоминерализованные (до 3 г/л), состав солей хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный (табл. 2).

Антропогенно-измененные орошаемые светло-каштановые почвы (характеристика целинных светло-каштановых почв региона (рр. 1 и 2) приведена в таблицах 3, 4, 5) в настоящее время представлены агроземами вторично-гидроморфными, текстурно-карбонатными, преимущественно незасоленными (рр. А-4, А-5, А-6, А-7). Приведем морфологическое описание разреза А-4.

Разрез А-4 до орошения – светло-каштановая почва находится в центре поля с относительно ровной поверхностью, распахана после уборки урожая, крупных глыб нет.

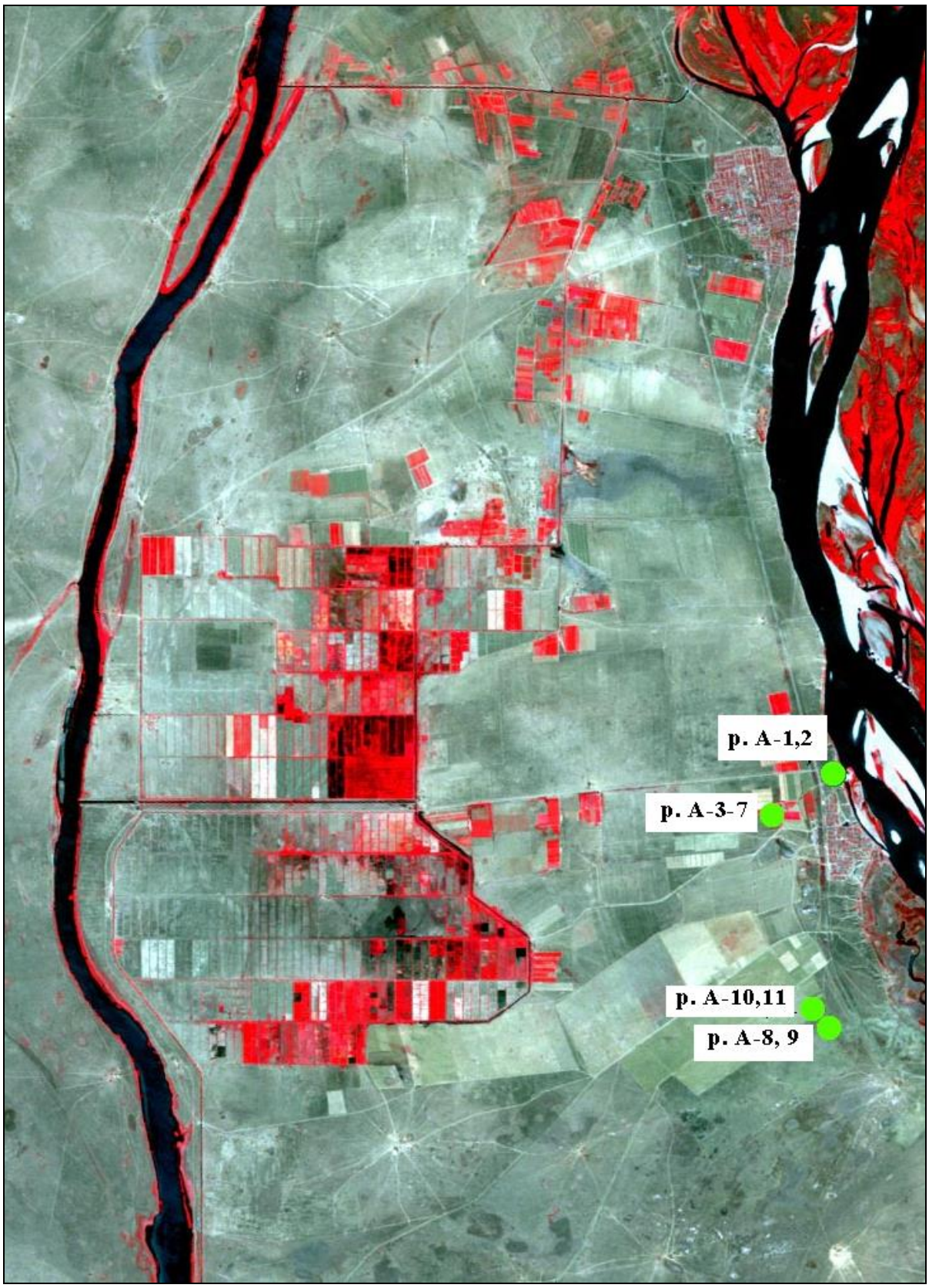


Рис. 2. Точки исследования на космическом снимке Landsat.
Fig. 2. Study sites at the Landsat imagery.

Таблица 2. Химический состав грунтовых и поливных вод (время отбора образцов воды – сентябрь 2011 года). **Table 2.** Chemical composition of ground waters and irrigation waters (the sampling took place in September 2011).

№ разреза или источник воды	pH	CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Сумма анионов	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Сумма катионов	Минерализация	Mg/Ca	SAR
		ммоль-экв./л										г/л		
Оросительная вода из канала	7.98	нет	2.12	1.36	1.17	4.65	2.2	1.7	0.75	0.19	2.64	0.33	0.77	0.54
ЦМС-2 (насосная станция)	7.86	нет	2.12	1.88	1.44	5.44	2.5	2	1.19	0.1	3.29	0.38	0.8	0.79
Волжская вода в районе Соленого Займища	7.93	нет	2.2	1.68	2.07	5.95	2.6	1.5	2.06	0.07	3.63	0.41	0.58	1.44
Ключ у Соленого Займища	8.56	0.96	4.36	26.00	40.50	71.82	11.9	8.9	65.17	0.06	74.13	4.86	0.75	20.21
Грунтовая вода (разрез А-3), УГВ=2.2 м	7.56	0.32	2.92	7.20	9.45	19.89	4.8	6.36	7.29	0.06	13.71	1.22	1.33	3.09
Грунтовая вода (разрез А-4), УГВ=2.2 м	7.99	нет	3.16	16.20	6.03	25.39	7.3	10	6.71	0.04	16.75	1.61	1.37	2.28

Таблица 3. Характеристика целинных и антропогенно-измененных орошаемых почв светло-каштановой подзоны ОПХ «Ленинское» Астраханской области. **Table 3.** Characteristics of virgin and anthropogenically transformed irrigated lands of a light-chestnut sub-zone of experimental production farm “Leninskoye” of Astrakhan Region.

Разрез	Глубина	Название горизонта	pH	Гумус, %	CO_2 карбоната, %	SO_4 гипса, %	Гранулометрический состав	
							<0.001	<0.01
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А-1, Целинная светло-каштановая малогумусная, легкосуглинистая, подстилаемая супесью. 47.93840° с.ш., 46.13052° в.д., -5 м н.у.м. БС	0-10	AJ1	8.31	0.97	2.0	н/д*	н/д	н/д
	10-20	AJ2	8.47	0.84	0.8	н/д	н/д	н/д
	20-32	BMK1	8.28	0.92	0.1	н/д	н/д	н/д
	32-42	BMK2	8.27	0.74	7.9	н/д	н/д	н/д
	50-70	CAT	8.88	н/д	17.2	н/д	н/д	н/д
	80-105	Cca.s	8.6	н/д	11.1	н/д	н/д	н/д
	105-125	Cca.s	8.53	н/д	8.0	н/д	н/д	н/д
	125-135	D1ca.s	8.23	н/д	7.4	0.587	н/д	н/д
	150-160	D2ca.s	8.35	н/д	1.1	0.078	н/д	н/д
	165-180	D2ca.s	8.37	н/д	7.9	0.474	н/д	н/д
	180-200	D2ca.s	8.35	н/д	3.2	0.082	н/д	н/д

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
А-2, Целинная светло-каштановая малогу-мусная глубокосолон-чаковатая, супесчаная, с 20 см суглинистая. 47.93846° с.ш., 46.13045° в.д., -4 м н.у.м. БС	0-10	AJ1	8.53	1.42	2.3	н/д	6.67	10.42
	10-17	AJ2	8.7	1.02	1.4	н/д	6.66	9.57
	20-30	BMK1	8.49	0.73	0.3	н/д	25.24	36.3
	30-40	BMK2	8.42	н/д	3.5	н/д	23.8	35.68
	40-60	CAT	8.8	н/д	14.6	н/д	27.13	43.81
	60-80	CAT	8.91	н/д	16.4	н/д	24.36	44.81
	85-100	Cca.s	8.87	н/д	9.8	н/д	20.64	33.05
	100-115	Cca.s	8.66	н/д	8.9	0.016	23.86	32.93
	120-140	D1ca.s	8.39	н/д	6.8	0.415	19.5	28.73
	140-150	D2ca.s	8.36	н/д	2.0	0.252	7.46	8.83
А-3, Агрозем солон-цовый, вторично-гид-роморфный, ороша-емый, суглинистый, солончаковый. 47.92950° с.ш., 46.11115° в.д., +10 м н.у.м. БС	0-10	PU	8.46	0.92	9.8	н/д	24.23	37.49
	10-25	TUR	8.45	0.92	10.2	н/д	23	37.49
	27-45	S	8.64	0.44	9.2	н/д	27.51	41.35
	45-65	CATs	8.72	0.2	8.6	н/д	24.88	37.84
	65-80	BMK2	8.26	н/д	8.2	0.369	26.57	39.88
	80-100	Cca.s	8.23	н/д	7.6	0.345	24.79	38.06
	110-130	Dca.s	8.73	н/д	3.0	0.18	13.6	19.37
	150-170	Dca.s	8.79	н/д	3.1	0.09	11.89	17.49
	180-200	Dca.s	8.73	н/д	2.8	0	11.2	14.92
А-4, Агрозем гид-роморфный текстур-но-карбонатный, суглинистый, с 60 см подстилаемый супесью. 47.92968° с.ш., 46.11017° в.д., +7 м н.у.м. БС	0-10	PUca	8.49	0.62	5.0	н/д	20.85	29.46
	10-27	PUca	8.7	0.92	5.0	н/д	20.74	31.12
	30-50	CAT	8.79	0.34	14.1	н/д	21.12	33.9
	60-80	Cca	8.57	н/д	2.1	н/д	10.46	12.96
	80-100	Cca	8.66	н/д	2.1	0.032	8.96	10.9
	110-130	Cca	8.67	н/д	1.6	0.035	8.67	10.7
	150-170	Cca	8.61	н/д	1.0	0.013	6.32	7.04
	180-200	Cca	8.56	н/д	3.2	0	12.27	16.24
А-5, Агрозем гидроморфный текстурно-карбонатный, суглинистый. 47.93204° с.ш., 46.11024° в.д., +8 м н.у.м. БС	0-28	PUca	8.7	0.76	7.1	0	24.12	37.62
	30-60	CAT	8.3	0.54	10.6	0	27.34	41.94
	70-85	Cca	8.07	н/д	5.9	0.179	23.07	35.1
А-6, Агрозем гидроморфный текстурно-карбонатный, суглинистый. 47.93204° с.ш., 46.11004° в.д., +7 м н.у.м. БС	0-28	PUca	7.95	0.71	0.3	0	19.15	28.21
	30-60	BMKca	8.34	0.56	4.5	0	22.11	33.12
							<0.001	<0.01
	70-80	CAT	8.64	0.28	19.4	0	23.9	43.9
	80-100	Cca	8.72	н/д	4.7	0.189	13.93	18.51

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
А-7, Агрозем гидроморфный текстурно-карбонатный, суглинистый. 47.93204° с.ш., 46.11004° в.д., +7 м н.у.м. БС	0-30	PUca	8.05	0.78	1.6	0	23.46	32.24
	30-50	BMKca	8.19	0.63	5.0	0.009	23.49	35.16
	60-80	CAT	8.45	0.34	11.6	0	24.36	39.94
	90-100	Cca	8.49	н/д	11.5	0	24.95	38.7
Глыба с поверхности, среднезасоленная сульфатно-хлоридная среднесолонцеватая			8.99	н/д	8.06	0	25.12	38.47
18, Целинная степь, солонец светло-каштановый высоко-солончаковый среднестолбчатый остаточно-натриевый сульфатно-хлоридный (Зволинский, Ларешин, 1996)	0-12	A1-A2	н/д	н/	н/д	н/д	29.4	41.5
	12-28	B1	н/д	н/д	н/д	н/д	39.65	63.53
	35-45	B2	н/д	н/д	н/д	н/д	33.14	55.17
	55-65	B-C	н/д	н/д	н/д	н/д	33.05	52.16
	75-85	C	н/д	н/д	н/д	н/д	34.94	56.7
	112-122	C-D	н/д	н/д	н/д	н/д	23.55	39.88
	130-140	D	н/д	н/д	н/д	н/д	30.3	49.6
	160-170	D	н/д	н/д	н/д	н/д	26.27	51.09
	200-210	D	н/д	н/д	н/д	н/д	18.92	29.56
	230-240	D	н/д	н/д	н/д	н/д	30.01	53.74
	260-270	D	н/д	н/д	н/д	н/д	10.6	25.62
19, Целинная степь, светло-каштановая солончаковатая (Зволинский, Ларешин, 1996)	0-15	A1-A2	н/д	н/д	н/д	н/д	30.11	44.54
	20-30	B1	н/д	н/д	н/д	н/д	38.19	61.32
	45-55	B2	н/д	н/д	н/д	н/д	33.69	52.83
	90-100	C	н/д	н/д	н/д	н/д	22.33	34.72
	120-130	D1	н/д	н/д	н/д	н/д	19.29	28.15
	160-170	D2	н/д	н/д	н/д	н/д	15.73	24.34
	230-240	D3	н/д	н/д	н/д	н/д	1.56	25.32
	250-260	D4	н/д	н/д	н/д	н/д	12.12	18.46

Примечание к таблицам 3 и 6: н/д* – анализы образцов не делали. **Note to Tables 3 and 6**: н/д* – analyses of samples weren't made.

$AJ_{пах}$ 0-27 см – вскипает с поверхности, сухой, палевый (10 YR 6/4), с белесыми пятнами, до 10 см рыхлый, ниже – комковатый, суглинистый, переход резкий по плотности.

CAT 27-55 см – сухой, палево-белесый (10 YR 7/4), с карбонатными пятнами, ореховато-призмовидной структуры, плотный, суглинистый, переход резкий по цвету и гранулометрическому составу.

D 55-150 см – сильновлажный, (10 YR 6/4), легкого гранулометрического состава (супесь). Это, скорее, не почвообразующая, а подстилающая порода. Ниже разрез добуривался, взята вода на глубине 2.2 м. Вода слабоминерализованная (1.6 г/л; табл. 2). Каких-либо признаков переувлажнения в профиле не выявлено.

В итоге можно констатировать, что в результате распашки и орошения светло-каштановая почва трансформировалась, в результате сформировалась новая почва – агрозем гидроморфный текстурно-карбонатный (Классификация …, 2004; табл. 3, 4).

Таблица 4. Состав обменных катионов целинных и антропогенно-измененных орошаемых почв светло-каштановой подзоны ОПХ «Ленинское» Астраханской области (названия почв указаны в таблице 3). **Table 4.** Composition of exchangeable cations of irrigated virgin and anthropogenically changed soils of light-chestnut sub-zone of experimental production farm "Leninskoye", Astrakhan Oblast (the soils names are listed in the table 3).

Разрез	Глубина	Название горизонта	Обменные катионы, смоль-экв./кг				Сумма катионов	Обменные катионы, % от суммы			
			Ca	Mg	Na	K		Ca	Mg	Na	K
А-1	0-10	AJ1	6.45	0.9	0	0.61	7.96	81	11.3	0	7.7
	10-20	AJ2	11.59	1.8	0	0.63	14.02	82.7	12.8	0	4.5
	20-32	BMK1	15.35	3.96	0.04	0.24	19.59	78.4	20.2	0.2	1.2
	32-42	BMK2	12.6	5.62	0.14	0.15	18.51	68.1	30.4	0.8	0.8
	50-70	CAT	7.35	8.31	1.1	0.19	16.95	43.4	49	6.5	1.1
А-2	0-10	AJ1	6.78	0.6	0	0.34	7.72	87.8	7.8	0	4.4
	10-17	AJ2	5.25	0.61	0.06	0.28	6.2	1	9.8	1	4.5
	20-30	BMK1	14.55	3.84	0.09	0.3	18.78	77.5	20.4	0.5	1.6
	30-40	BMK2	12.2	4.38	0.01	0.23	16.82	72.5	26	0.1	1.4
	40-60	CAT	11.7	6.27	0.18	0.17	18.32	63.9	34.2	1	0.9
А-3	0-10	PU	9.7	5.56	1.09	0.34	16.69	58.1	33.3	6.5	2
	10-25	TUR	9.65	5.38	1.13	0.3	16.46	58.6	32.7	6.9	1.8
	27-45	S	6.15	7.19	2.59	0.26	16.19	38	44.4	16	1.6
	45-65	CATs	5.2	7.39	3.2	0.29	16.08	32.3	46	19.9	1.8
А-4	0-10	PUca	9.65	3.94	0.31	0.37	14.27	67.6	27.6	2.2	2.6
	10-27	PUca	8.8	3.6	0.37	0.39	13.16	66.9	27.4	2.8	3
	30-50	CAT	7.15	4.0	0.54	0.12	11.81	60.5	33.9	4.6	1.0
А-5 Агрозем	0-28	PUca	11.6	4.0	1.11	0.51	17.22	67.4	23.2	6.4	3.0
	30-60	CAT	11.55	5.01	0.98	0.2	17.74	65.1	28.2	5.5	1.1
А-6 Агрозем	0-28	PUca	10.3	2.54	0.12	0.4	13.36	77.1	19	0.9	3
	30-60	BMKca	11.55	2.79	0.16	0.18	14.68	78.7	19	1.1	1.2
А-7 Агрозем	0-30	PUca	11.9	2.64	0.13	0.48	15.15	78.5	17.4	0.9	3.2
	30-50	BMKca	10.85	3.49	0.41	0.3	15.05	72.1	23.2	2.7	2
Глыба с поверхности, среднезасоленная сульфатно-хлоридная среднесолонцеватая			9.1	5.2	0.91	0.32	15.53	58.6	33.5	5.9	2.1
18 (Зволинский, Ларешин, 1996)	0-12	A1-A2	6.44	2.25	0.52	0.88	10.09	63.8	22.3	5.2	8.7
	12-28	B1	10.02	11.01	1.39	0.29	22.89	44.6	48.1	6.1	1.3
	35-45	B2	4.99	8.85	2.87	0.41	17.12	29.1	51.7	16.8	2.4
	55-65	B-C	4.51	8.69	2.17	0.39	15.76	28.6	55.1	13.8	2.5
	75-85	C	4.35	7.56	2	0.51	14.42	30.2	52.4	13.9	3.5
	112-122	C-D	3.06	3.89	1.36	0.23	8.54	35.8	45.6	15.9	2.7
	130-140	D	3.89	5.51	2.26	0.29	11.95	32.6	46.1	18.9	2.4
	160-170	D	4.37	6.15	2.43	0.35	13.3	32.9	46.2	18.3	2.6
	200-210	D	3.4	5.18	2.7	0.23	11.51	29.5	45	23.5	2
	230-240	D	2.75	6.15	2.26	0.29	11.45	24	53.7	19.7	2.5
	260-270	D	4.05	5.91	2.43	0.32	12.71	31.9	46.5	19.1	2.5
19 (Зволинский, Ларешин, 1996)	0-15	A1-A2	8.74	2.99	0.17	1.15	13.05	67	22.9	1.3	8.8
	20-30	B1	12.63	3.81	0.19	0.46	17.09	73.9	22.3	1.1	2.7
	45-55	B2	10.04	5.18	0.21	0.22	15.65	64.2	33.1	1.3	1.4
	90-100	C	7.45	6.15	0.31	0.26	14.17	52.5	43.4	2.2	1.8
	120-130	D1	6.31	6.8	0.56	0.3	13.97	45.2	48.7	4	2.1
	160-170	D2	5.02	6.15	1.01	0.33	12.51	40.1	49.2	8.1	2.6
	230-240	D3	2.91	5.51	2.87	0.33	11.62	20.3	47.4	24.7	2.8
	250-260	D4	2.91	5.67	3.3	0.29	12.17	21.4	46.6	27.1	2.4

Таблица 5. Ионный состав водорастворимых солей целинных и антропогенно-измененных орошаемых почв светло-каштановой подзоны , ОПХ "Ленинское", Астраханская область (названия почв указаны в таблице 3). **Table 5.** Ionic composition of water-soluble salts of irrigated virgin and anthropogenically changed soils of light-chestnut sub-zone of experimental production farm “Leninskoye”, Astrakhan Oblast (the soil names are listed in the table 3).

Разрез	Глубина	Название горизонта	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Сумма солей, %	Сумма токсичных солей, %
			смоль(экв)/кг									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	0-10	AJ1	0	0.39	0.10	0.04	0.19	0	0.06	0.09	0.04	0.02
	10-20	AJ2	0	0.31	0.20	0.04	0.06	0.19	0.05	0.05	0.03	0.03
	20-32	BMK1	0	0.27	0.20	0.16	0.19	0.13	0.08	0.01	0.04	0.02
	32-42	BMK2	0	0.23	0.15	1.04	1.00	0.06	0.23	0.01	0.10	0.03
	50-70	CAT	0	0.50	0.20	1.16	0.25	0.38	1.09	0.01	0.13	0.11
А-1	80-105	Cca,s	0	0.36	2.75	2.60	1.94	1.19	2.12	0.03	0.35	0.21
	105-125	Cca,s	0	0.30	1.85	0.92	0.75	0.81	1.72	0.04	0.19	0.14
	125-135	D1ca,s	0	0.25	2.0	15.24	7.06	6.13	2.64	0.07	1.10	0.62
	150-160	D2ca,s	0	0.09	0.40	1.72	1.00	0.38	0.89	0.04	0.15	0.08
	165-180	D2ca,s	0	0.35	1.65	8.76	5.88	1.13	2.75	0.07	0.70	0.30
	180-200	D2ca,s	0	0.25	0.75	1.72	1.19	0.19	1.35	0.04	0.18	0.10
	0-10	AJ1	0	0.33	0.10	0	0.06	0.13	0.04	0.04	0.03	0.03
	10-17	AJ2	0	0.22	0.15	0	0.13	0.13	0.04	0.04	0.03	0.02
	20-30	BMK1	0	0.32	0.15	0.04	0.13	0.13	0.07	0.01	0.03	0.02
	30-40	BMK2	0	0.29	0.20	0.04	0.19	0.06	0.08	0.01	0.03	0.01
А-2	40-60	CAT	0	0.61	0.15	0	0.25	0.13	0.14	0.01	0.05	0.03
	60-80	CAT	0	0.56	0.35	0	0.13	0.31	0.45	0.01	0.06	0.05
	85-100	Cca,s	0	0.65	1.20	1.00	0.31	0.81	1.45	0.02	0.18	0.15
	100-115	Cca,s	0	0.50	1.80	2.32	0.69	1.50	2.66	0.04	0.30	0.25
	120-140	D1ca,s	0	0.36	0.80	11.92	5.19	4.25	2.36	0.07	0.83	0.47
	140-150	D2ca,s	0	0.24	0.45	6.11	3.19	1.94	1.04	0.05	0.44	0.22
	0-10	PU	0	0.54	1.0	1.08	0.69	0.44	1.64	0.03	0.18	0.13
	10-25	TUR	0	0.50	1.50	1.2	1.06	0.50	1.86	0.03	0.21	0.13
	27-45	S	0	0.48	1.55	2.28	0.44	0.50	3.61	0.02	0.29	0.25
	45-65	CATs	0	0.54	1.10	2.72	0.38	0.25	4.03	0.01	0.31	0.28
А-3	65-80	BMK2	0	0.33	0.45	9.88	4.63	2.88	3.98	0.03	0.73	0.41
	80-100	Cca,s	0	0.29	0.10	9.52	4.31	3.00	2.71	0.05	0.66	0.36
	110-130	Dca,s	0	0.33	0.10	0.48	0.25	0.19	0.51	0.02	0.07	0.05
	150-170	Dca,s	0	0.43	0.10	0.32	0.25	0.06	0.46	0.03	0.06	0.04
	180-200	Dca,s	0	0.29	0.25	0.16	0.44	0	0.42	0.03	0.05	0.02
	0-10	PUca	0	0.67	0.30	0.20	0.25	0.13	0.54	0.03	0.08	0.06
	10-27	PUca	0	0.52	0.25	0.20	0.31	0.13	0.50	0.01	0.07	0.04
	30-50	CAT	0	0.48	0.45	0.40	0.38	0.31	0.82	0.01	0.10	0.07
А-4	60-80	Cca	0	0.39	0.50	0.24	0.38	0.25	0.77	0.01	0.08	0.05
	80-100	Cca	0	0.22	0.75	0.72	0.56	0.31	0.94	0.01	0.11	0.07
	110-130	Cca	0	0.22	0.65	0.96	0.63	0.63	0.74	0.02	0.12	0.07
	150-170	Cca	0	0.27	0.20	0.40	0.44	0.19	0.30	0.02	0.06	0.03
	180-200	Cca	0	0.41	0.15	0.32	0.38	0.19	0.34	0.02	0.06	0.03
	0-28	PUca	0	1.03	0.20	0.04	0.25	0.13	1.18	0.04	0.11	0.09
А-5	30-60	CAT	0	0.81	0.60	0.32	0.50	0.31	1.27	0.01	0.13	0.09
	70-85	Cca	0	0.37	0.50	0.04	0.31	0.13	0.54	0.04	0.06	0.03

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
А-6	0-28	PUca	0	0.24	0.25	0.24	0.44	0.19	0.35	0.03	0.06	0.03
	30-60	BMKca	0	0.46	0.10	0.08	0.25	0.13	0.26	0.01	0.05	0.03
	70-80	CAT	0	0.46	0.10	0.16	0.25	0.13	0.32	0.01	0.05	0.03
	80-100	Cca	0	0.15	0.15	0.20	0.25	0.06	0.49	0.01	0.04	0.02
А-7	0-30	PUca	0	0.08	0.20	0.04	0.06	0	0.35	0.01	0.02	0.02
	30-50	BMKca	0	0.26	0.10	0.28	0.38	0.25	0.43	0.01	0.05	0.02
	60-80	CAT	0	0.40	0.15	0.20	0.31	0.13	0.53	0.06	0.06	0.03
	90-100	Cca	0	0.51	0.05	0.08	0.25	0.13	0.20	0.02	0.05	0.03
Глыба с поверхности, среднезасоленная сульфатно-хлоридная среднесолонцеватая			0	0.43	1.50	1.20	0.75	0.50	1.74	0.03	0.2	0.14

Разрез А-3 до орошения – солонец светлый, находится на том же поле, что и А-4, вскипает с поверхности. Ниже приведем его подробное описание. На пашне, где заложен разрез А-3, выделяется пятно с крупными глыбами, размером до 20-30 см, они покрыты белесоватым налетом, сцементированные, очень плотные, с трудом разбиваются лопатой.

P_{arg} – $TUR_{ca,s}$ $A_{пах}$ 0-25(27) см – сухой, неоднородно окрашен, преимущественно светло-каштановый с белесоватым оттенком от карбонатов (10 YR 6/4), среднесуглинистый, глыбистый, остатки корней, переход резкий.

$TUR_{ca,s}$ 27-45 см – свежий, бурый, с отдельными размытыми белесыми пятнами карбонатов (нижняя часть – горизонт CAT), цвет – 10 YR 5/4, призмовидно-мелкоглыбистый, суглинистый, переход заметный по цвету.

CAT_s 45-65 см – увлажнен, палево-буроватый (7.5 YR 4/6), с редкими включениями карбонатных пятен и прожилок солей и гипса, пылеватый суглинок.

$C_{ca,s}$ 65-100 см – влажный, палево-буроватый (7.5 YR 4/6), с прожилками солей и гипса, суглинистый, уплотненный, непрочноглыбистый, переход заметный по гранулометрическому составу.

$D_{ca,s}$ 100-200 см – подстилающая порода, желтовато-палевая (10YR 6/6) супесь, до 120 см влажный, глубже – сырой, а с 215 см вскрывается грунтовая вода.

Почва: агрозем солонцовый, вторично-гидроморфный, орошаемый, суглинистый, солончаковый, в верхних горизонтах сульфатно-хлоридного, во втором полуметре хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного и сульфатного засоления (Классификация …, 2004).

Таким образом, приведенное выше описание разреза А-3 говорит о том, что распашка и орошение сильно изменили облик почвы. Верхний пахотный (турбированный) горизонт содержит фрагменты гумусового, солонцового и карбонатного горизонтов, а ниже сохранилась часть подсолонцового ($BMK_{2ca,s}$). Профиль агрозема солонцового (р. А-3) – бывшего солонца – отличается от агрозема текстурно-карбонатного (р. А-4) – бывшей светло-каштановой почвы – наличием токсичных солей с поверхности до 100 см (ниже супесь не засолена). Агрозем текстурно-карбонатный (до распашки – светло-каштановая почва), не содержит токсичных солей в пределах всего почвенного профиля (табл. 5).

Ниже приведем сопоставление основных свойств целинных и орошаемых почв светло-каштановой зоны.

Если для целинных светло-каштановых почв (р. 2 в таблице 3) и солонцов (р. 18 в таблице 3,) характерна четкая дифференциация верхних горизонтов по гранулометрическому составу, то во всех антропогенно-измененных почвах такая дифференциация выражена хуже за счет неоднократного перемешивания верхних горизонтов в результате вспашки и

планировки поверхности.

Агрозем текстурно-карбонатный и солонцовый отличаются от целинных аналогов более низким содержанием гумуса (0.62-0.92%) в пахотных горизонтах. Возможно, это связано с исходной неоднородностью целинных почв по содержанию гумуса. В целом количество органического вещества в рассматриваемых почвах очень низкое – от 0.5% до 1.2%, поэтому говорить об увеличении или уменьшении органического вещества в результате орошения сложно. В антропогенно-измененной орошаемой почве (р. А-4) сформировался мощный (27-30 см) пахотный (агрогумусовый) горизонт, состоящий из перемешанных фрагментов светло-гумусового и ксерометаморфического горизонтов, в некоторых случаях в него вовлечена и часть карбонатного горизонта. На особенности пахотного горизонта кроме обработки оказали влияние и планировки поверхности, при которых часть верхних горизонтов перемещалась в микропонижения, в результате чего на более повышенных участках ближе к поверхности оказывался карбонатный горизонт и даже нижележащие породы (как в р. А-4).

Пахотный горизонт неоднородный по окраске, светло-серый, со светло-каштановым или коричневым оттенком, белесоватый от карбонатов. В сухом состоянии – глыбистый, во влажном – крупнокомковатый. Глыбы крупные, очень плотные. Гранулометрический состав – суглинистый.

Незатронутый вспашкой текстурно-карбонатный горизонт (САТ) светло-буроватого цвета с белесоватым оттенком и размытыми пятнами белоглазки переходит в почвообразующую породу.

В тех случаях, где сохранилась нижняя часть ксерометаморфического горизонта (между пахотным и карбонатным горизонтами), под пахотным горизонтом располагается нижняя часть ксерометаморфического горизонта ($ВМК_{са}$) коричнево-каштанового или буровато-каштанового цвета, плотного, непрочно-призмовидной структуры, среднесуглинистого гранулометрического состава. Под ним лежит карбонатный горизонт.

Анализ солевого профиля орошаемых почв позволяет констатировать, что за столь длительный период освоения (44 года), несмотря на близкий уровень грунтовых вод, профиль агроземов текстурно-карбонатных (до глубины 100-200 см) не засолился.

Оросительные воды хорошего качества и подстилание почв супесью явно не способствовали проявлению вторичного засоления.

В агроземе солонцовом (р. А-3) после 44 лет орошения сохраняется слабое и среднее засоление в метровой толще при отсутствии засоления глубже (до 2 м; табл. 5). Таким образом, в отличие от целинных солонцов хлоридного и сульфатно-хлоридного химизма, сильнозасоленных уже в верхнем полуметре, в антропогенно-измененных орошаемых почвах отмечается уменьшение солей в метровом слое даже в орошаемых солонцах, однако полного рассоления метровой толщи солонцов не произошло (р. А-3 в табл. 5). Скорее всего, засоление этих почв следует считать остаточным от исходного засоления в целинных солонцах. Хорошее качество поливных вод явно не способствует развитию вторичного засоления на исследуемом участке «Суводя».

Сопоставление состава обменных катионов целинных и орошаемых почв позволило установить, что агроземы текстурно-карбонатные (бывшие светло-каштановые) в пахотном горизонте содержат всего от 0.8% до 2.8% обменного натрия, и только в разрезе А-5 его содержание достигает 6.4% (табл. 4), что, видимо, обусловлено его повышенным содержанием (до 6.5%) в целинных почвах до орошения. Таким образом, агроземы текстурно-карбонатные по содержанию обменного натрия относятся к несолонцеватым, а иногда к слабосолонцеватым.

Согласно критерию, разработанному Н.Б. Хитровым (2004), степень проявления солонцового процесса оценивается по показателю «В», который учитывает содержание

солей в почвенном растворе и обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе. Указанный критерий позволяет оценивать возможность развития солонцового процесса при определенных физико-химических условиях. Согласно этому критерию, в целинных и антропогенно-измененных орошаемых светло-каштановых почвах до глубины 60 см отсутствуют физико-химические условия развития солонцового процесса (показатель «В» равен 0 баллов).

В агроземе солонцовом (р. А-3) содержание обменного натрия в пахотном горизонте составляет 6.5-6.9%, а в ксерометаморфическом и текстурно-карбонатном увеличивается до 16-20% (табл. 4). Но и здесь (Хитров, 2004) отсутствует физико-химические условия развития солонцового процесса (во всех горизонтах до глубины 65 см показатель «В» равен 0 баллов), следовательно, в данном случае солонцеватость остаточная и унаследована от солонцов. Во всех антропогенно-преобразованных почвах (солонцах и светло-каштановых почвах) отмечается повышенное значение pH по всему профилю (pH от 7.9 до 9.0; табл. 3), при этом содержание общей щелочности (HCO_3^-; табл. 5) невысокое и не превышает в большинстве случаев 0.5-0.6 смоль-экв./кг и только в глыбах, лежащих на поверхности поля, HCO^{3-} достигает 1.0-1.5 смоль-экв./кг, что свидетельствует о повышенной щелочности этих горизонтов. Это подтверждается и значениями pH.

Во всех орошаемых почвах – агроземах текстурно-карбонатных, а особенно в агроземе солонцовом (табл. 3) отмечается существенное, по сравнению с целинными почвами, увеличение содержания карбонатов в пахотных и подпахотных горизонтах. Вероятно, это обусловлено вовлечением в пахотный слой карбонатов из нижележащих горизонтов, а также с подтягиванием в межполивной период в верхние горизонты растворенных в результате орошения карбонатов из более глубоких горизонтов (с 35-40 см), где отмечался их максимум (Любимова, 2003). Вторичное «окарбоначивание» на фоне природной солонцеватости ухудшает физические и агрономические свойства почв, способствует образованию на поверхности корки и др. Такое «окарбоначивание» верхних горизонтов привело к образованию в пахотных горизонтах крупных глыб, содержащих до 8% карбонатов, а также до 6% обменного натрия и до 30% – магния. Материал глыб характеризуется повышенным значением pH. На полях с широким распространением таких глыб по поверхности сильно угнетены растения.

Гипс в текстурно-карбонатных агроземах отмечается с глубины 70-80 см в небольших количествах, но ближе к поверхности, чем в целинных светло-каштановых почвах. Видимо, в условиях орошения в межполивной период он подтягивается ближе к поверхности. В солонцовых агроземах (р. А-3) гипс выше (табл. 3), но в целом его содержание в почвах низкое – менее 1%.

Таким образом, антропогенное воздействие орошения на почвы сухостепной зоны привело к значительному изменению почвенного профиля, особенно морфологических и химических свойств пахотных горизонтов. Крупная глыбистость на поверхности почв связана с повышенной щелочностью пахотного горизонта.

Несмотря на близкое залегание грунтовых вод в орошаемых почвах вторичное засоление пока не проявляется, о чем свидетельствует отсутствие легкорастворимых солей до глубины 2 м в агроземах орошаемых текстурно-карбонатных. В метровом слое агроземов солонцовых сохраняется остаточное первичное засоление, но содержание легкорастворимых солей относительно низкое (слабой и средней степени).

Несмотря на близкое залегание грунтовых вод в орошаемых почвах участка «Сувадя» признаки избыточного гидроморфизма не обнаружены, что, видимо, обусловлено легким гранулометрическим составом подстилающих пород, представленным супесями и песками.

Следует отметить, что светло-каштановые почвы и солонцы исследуемого участка не совсем типичны для почв Северной Сарпинской низменности, так как сформированы, с

одной стороны, на относительно легких породах, а с другой стороны, расположены в переходной полосе к зоне бурых аридных (полупустынных) почв.

Характеристика антропогенно-измененных бурых аридных (полупустынных) почв богарной и залежной пашни

Наши исследования проводились на богарной пашне (р. А-11) и на залежи (р. А-9) поля «несевооборот» (рис. 2). Пашня существует с 1956 года, то есть ее возраст составляет 55 лет. Ее использовали под посев зерновых (севооборот: черный пар-озимые-яровые). Глубина вспашки – 25-27 см. В 2011 году посеяли ячмень.

Залежь распахана в 1986 году и до 1990 года использовалась в сухом земледелии, с 1991 года из-за низких урожаев заброшена, таким образом, возраст залежи – 20 лет.

Морфологические, химические и физико-химические свойства агробурых почв определяются, с одной стороны, глубиной вспашки и сельскохозяйственным использованием (пашня и залежь), с другой стороны, исходными свойствами целинной почвы, вовлеченной в сельскохозяйственный оборот (табл. 6).

Наши исследования проводились на антропогенно-измененных бурых (агробурых) почвах, подвергшихся различной степени сельскохозяйственного воздействия в условиях богары.

На богарной пашне р. (А-11) антропогенно-измененные почвы представлены агробурой, глубокозасоленной, несолонцеватой почвой.

Разрез А-11 – заложен в 200 м на запад от разреза 10, на пашне (географические координаты: 47.88739° с.ш., 46.12136° в.д.), засеян ячменем, равнина с небольшим уклоном на юг. Абсолютная отметка – 3 м. Вскипание с 15 см очень слабое, с 25 см – бурное.

AKL и BMK (A) 0-25 см – верхние 10 см влажные (после дождя), глубже – сухо. Неоднородно окрашенный, светло-серо-буроватый с белесоватым оттенком (7.5YR 5/6), суглинистый, глыбисто-комковатый, проходят корни, переход по вспашке.

BMK (B) 25-32 см – сухой, светло-бурый с белесоватым оттенком, (7.5YR 6/4), плотный, суглинистый, призмовидный, редкие корни, переход по карбонатам.

BCA (B) 32-70 см – сухой, светло-буроватый (7.5YR 7/4), с белесоватым оттенком (пропитан карбонатами), суглинистый, плотный, ореховатый, редкие корни, переход постепенный.

Cca (C) 70-80 см – сухой, светло-бурый (7.5YR 6/4), плотный, сухой, легкий суглинок, плотный, переход по цвету и плотности.

Ds (D) 80-160 см. Сухая, палево-буроватая (7.5YR 5/4), прослои суглинка, пылеватая супесь, слоистая, сцементированная, с редкими включениями солей на глубине 130-150 см, переход по цвету.

D (D) 160-170 см. Желтовато-палевый (10YR 6/4), пылеватый песок, свежий.

Почва: агробурая легкосуглинистая глубокосолончаковатая среднезасоленная с глубины 130 см хлоридного химизма. Из описания следует, что пахотный слой мощностью до 25 см (AKL-BMK) – сухой глыбисто-комковатой структуры, неоднородный по окраске, светло-серый буроватый с белесоватым оттенком и фрагментами нижнего ксерометаморфического горизонта. Вскипание от HCl с 15 см, сильное – с 25 см. Под пахотным находится нижняя часть ксерометаморфического горизонта, очень плотного и сухого.

Подстилающая порода представлена небольшой (10 см) прослойкой светло-буроватого суглинка, который на глубине 150 см сменяется палево-буроватой супесью и легким суглинком, сцементированным, слоистым, с включением солей, и далее – желтовато-палевый супесью.

Таблица 6. Характеристика целинных и антропогенно-измененных богарных почв полупустынной зоны, ОПХ «Ленинское» Астраханской области. **Table 6.** Properties of dry virgin and anthropogenically changed soils of semi-desert zone of experimental production farm "Leninskoye", Astrakhan Oblast.

Разрез	Глубина, см	Название горизонта	pH	Гумус, %	CO_2 карбонатов, %	SO_4 гипса, %	Гранулометрический состав	
							<0.001	<0.01
А-8 (целина), солонец светлый мелкий средненатриевый, солончаковый. 47.88507° с.ш., 46.12601° в.д., -2 м н.у.м. БС	0-8	AJ	8.13	1.31	н/д	н/д	11.41	21.56
	8-17	BSNs	8.31	1.22	н/д	н/д	37.08	54.42
	17-30	BMKs	8.44	0.96	3.8	н/д	47.75	62.48
	30-40	BCAs	8.46	0.54	9.49	н/д	39.27	56.76
	40-60	BCAs	8.44	0.47	12.28	н/д	31.59	47.7
	80-100	Cca.s	8.22	н/д	8.9	0.714	26.36	41.72
	120-140	Dca.s	8.41	н/д	6.47	0.213	25.88	36.92
	150-160	Dca.s	8.37	н/д	8.7	0.367	27.86	59.34
А-10 (целина), бурая аридная (полупустынная) целинная. 47.88749° с.ш., 46.12294° в.д., -3 м н.у.м. БС	0-15	AKL	7.27	1.18	н/д	н/д	13.14	19.75
	20-40	BMK	8.1	0.62	н/д	н/д	19.03	28.07
	45-60	BCA	8.65	0.34	13.39	н/д	24.42	40.44
	60-80	BCA	8.9	0	6.79	н/д	17.48	24.54
	80-100	Cca	9.1	н/д	4.4	н/д	21.47	31.03
	130-150	Dca	8.55	н/д	5	0	8.19	36.4
	150-160	Dca	8.78	н/д	12.85	0	8.16	32.99
А-9 (залежь), агробурая сильносолонцеватая солончаковатая слабозасоленная. 47.8845° с.ш., 46.12474° в.д., -2 м н.у.м. БС	0-14	PU(AKL-BMK	8.33	0.98	н/д	н/д	33.7	56.42
	14-22	BMKsn	8.79	0.96	0.5	н/д	39.68	59.35
	22-32	BMK2sn	8.99	0.68	0.45	н/д	42.46	62.33
	32-42	BCAsn.s	9.25	0.52	2	н/д	43.86	64.72
	50-70	BCAsn.s	8.96	н/д	3.9	н/д	43.07	62.01
	80-100	Cca.s	8.92	н/д	9.9	0.408	33.55	50.17
А-11 (богара, пашня), агробурая, глубокозасоленная, несолонцеватая. 47.88739° с.ш., 46.12136° в.д., -3 м н.у.м. БС	0-10	AKL-BMK	8.6	0.36	н/д	н/д	20.6	31.6
	10-25	AKL-BMK	8.57	0.54	2.41	н/д	22.14	32.8
	25-32	BMK	8.63	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
	40-60	BCA	9.07	0.1	15.44	н/д	23.56	37.06
	70-80	C1ca	9.38	н/д	5.2	н/д	19.91	30.17
	80-100	C2ca	9.62	н/д	2.39	0.05	13.76	18.71
	130-150	C2ca	8.23	н/д	3.2	0.304	16.74	23.72
	150-170	Dca	8.32	н/д	4.9	0.304	11.1	14.02
	180-200	Dca	8.56	н/д	4.9	0.268	13.03	17.18

Агробурая почва в первом метре не засолена, со 130-150 см среднезасоленная (табл. 7).

Реакция щелочная по всему профилю; в карбонатном горизонте и породе она увеличивается до сильнощелочной (pH 9-9.6). В водной вытяжке этих же горизонтов отмечается повышение общей щелочности (всего до 0.69-0.80 ммоль-экв. на 100 г почвы). Гумуса в пахотном слое мало – 0.36-0.5%.

Карбонаты присутствуют во всех горизонтах кроме слоя 0-10 см, максимум (15.5%) – в карбонатном горизонте. На глубине 80 см в породе обнаружен гипс. В почвенном поглощающем комплексе преобладает кальций, содержание натрия низкое, при этом содержание обменного магния в карбонатном горизонте превышает 40% от суммы обменных катионов (табл. 8).

Таблица 7. Ионный состав легкорастворимых солей целинных и антропогенно-измененных богарных почв полупустынной зоны, ОПХ "Ленинское" Астраханская область (названия почв см. в таблице 6). **Table 7.** Ionic composition of readily soluble salts of dry virgin and anthropogenically changed soils of semi-desert zone of experimental production farm "Leninskoye", Astrakhan Oblast. The soil names are listed in table 6.

Разрез	Глубина	Горизонт	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Сумма солей, %	Сумма токсичных, солей, %
			смоль-экв./кг									
Р. А-8	0-8	AJ	0	0.33	0.15	0.12	0.88	0.31	0.27	0.04	0.06	0.03
	8-17	BSNs	0	0.60	8.15	0.48	1.25	0.31	8.71	0.01	0.58	0.50
	17-30	BMKs	0	0.56	9.20	1.24	1.94	0.19	10.29	0.01	0.70	0.57
	30-40	BCAs	0	0.43	9.75	2.04	2.50	0.63	9.67	0.01	0.75	0.58
	40-60	BCAs	0	0.41	6.85	2.68	4.00	1.00	7.81	0.02	0.67	0.45
	80-100	Cca,s	0	0.24	2.70	5.12	2.00	0.50	4.81	0.04	0.51	0.37
	120-140	Dca,s	0	0.38	4.35	3.16	0.44	0.50	6.34	0.03	0.49	0.46
	150-160	Dca,s	0	0.37	4.05	2.40	0.25	0.13	5.50	0.02	0.42	0.40
Р. А-10	0-15	AKL	0	0.37	0.05	0.32	0.25	0.06	0.06	0.09	0.05	0.03
	20-40	BMK	0	0.11	0.20	0.04	0.25	0.13	0.11	0.01	0.03	0.02
	45-60	BCA	0	0.39	0.30	0.12	0.19	0.31	0.36	0.01	0.06	0.04
	60-80	BCA	0	0.60	0.05	0.04	0.13	0.13	0.18	0.01	0.05	0.04
	80-100	Cca	0	0.62	0.05	0.04	0.25	0.06	0.31	0.01	0.05	0.03
	130-150	Dca	0	0.52	0.35	0.48	0.31	0.25	0.66	0.02	0.09	0.06
	150-160	Dca	0	0.49	0.30	0.12	0.31	0	0.40	0.02	0.06	0.03
Р. А-9	0-14	PU(AKL-BMK	0	0.46	0.10	0.04	0.13	0	0.28	0.03	0.04	0.03
	14-22	BMKsn	0	0.39	0.05	0.04	0.13	0	0.50	0.03	0.04	0.03
	22-32	BMK2sn	0	0.40	0.10	0.04	0	0	0.85	0.02	0.05	0.05
	32-42	BCAsn,s	0	1.21	0.10	0.08	0.25	0.13	1.14	0.01	0.11	0.09
	50-70	BCAsn,s	0	0.97	0.25	1.88	0.44	0.06	2.74	0.01	0.23	0.19
	80-100	Cca,s	0	0.56	1.55	0.24	0.25	0.19	1.87	0.01	0.15	0.13
Р. А-11	0-10	AKL-BMK	0	0.40	0.05	0.04	0.25	0	0.09	0.02	0.04	0.02
	10-25	AKL-BMK	0	0.50	0.10	0	0.25	0.06	0.09	0.01	0.04	0.02
	40-60	BCA	0	0.69	0.05	0.04	0.31	0.06	0.35	0.01	0.06	0.03
	70-80	C1ca	0	0.76	0.05	0.04	0.19	0.06	0.70	0.01	0.07	0.05
	80-100	C2ca	0	0.80	0.10	0.04	0.13	0.06	0.82	0.04	0.08	0.07
	130-150	C2ca	0	0.31	5.65	0	1.88	1.69	1.79	0.04	0.32	0.29
	150-170	Dca	0	0.44	2.10	0.24	1.19	0.31	1.52	0.03	0.18	0.13
	180-200	Dca	0	0.42	0.05	2.20	0.75	0.50	1.33	0.03	0.19	0.13

Совсем иными свойствами характеризуется антропогенно-измененная почва на залежи (р. А-9). **Разрез А-9** – заложен на залежи (распахана в 1986 году, до 1996 года использовалась в сухом земледелии, заброшена в 1991 году), в 200 м на запад от разреза А-8. Вскипание от HCl слабое с 27 см, бурное – с 32 см. В растительности преобладает ромашник, латук, рогач.

$А_{пах}$ (AKL и BMK) 0-14 см – сухой, светло-буроватый (7.5YR 4/6), глыбисто-пылеватый, тяжелосуглинистый, плотный, проходят корни, переход по глубине вскипания.

$ВМК_{sn}$ ($В^1$) 14-22 см – сухой, белесовато-бурый (7.5YR 4/4), очень плотный, глинистый, призмовидно-столбчатый, встречаются корни, переход постепенный.

$ВМК_{2s}$ ($В^2$) 22-32 см – сухой, неоднородно окрашенный, бурый с красноватым оттенком (5YR 4/6), очень плотный, глинистый, мелко-призмовидной структуры, с трещинами, редкие

корни, переход заметный по карбонатам.

BCA^{Sns} (BC^{K}) 32-50 см – сухой, красновато-буроватый с белесоватым (от карбонатов) оттенком (7.5YR 4/6), отдельные черные марганцовые примазки, очень плотный, глинистый, призмовидно-ореховатый, редко корни, переход по наличию легкорастворимых солей.

$BCA_{sn,s}$ (BC) 50-75 см – сухой, красновато-буроватый (7.5YR 4/6), с многочисленными прожилками солей, темными потеками гумуса по граням структурных отдельностей и мелкими марганцовистыми точками, сухой, плотный, ореховатый, редкие корни, переход постепенный.

$C_{ca,s}$ (C) 75-100 см – сухой, палево-светло-буроватый с белесоватым оттенком, темными вкраплениями марганца, с прожилками солей, очень плотный, сухой, суглинистый.

Почва агробурая сильносолонцеватая солончаковатая слабозасоленная (сульфатная в слое 50-70 см, хлоридная в слое 80-100 см). По выраженности солонцовых свойств (и содержанию обменного натрия) почва может быть определена как агросолонец.

Как следует из описания, пахотный слой маломощный, всего 14 см, глыбисто-пылеватый, очень плотный. Далее сохраняются все горизонты; морфологически почвенный профиль ближе к солонцу: под пахотным горизонтом расположен солонцеватый горизонт, темно-бурый, призмовидно-столбчатый, очень плотный, мощностью 14-22 см. Он переходит в неоднородно-окрашенный горизонт небольшой мощности (22-32 см), бурый с красноватым оттенком, мелкопризмовидный. Этот горизонт сменяется аккумулятивно-карбонатным буроватого цвета с вкраплениями солей. Общий фон белесый от карбонатов; отмечается включение солей; мощность горизонта 50-75 см. Глубже (до 100 см) – почвообразующая порода, палево-серо-буроватая с белесоватым (от карбонатов) оттенком, темными марганцовистыми вкраплениями и прожилками солей.

Вскипание от HCl глубже, чем в целинном солонце. Прожилки солей здесь отмечаются также глубже (в нижней части карбонатного горизонта). Порода сцементирована так, что ее не берет ковш экскаватора. Гранулометрический состав по всему профилю глинистый, четкой дифференциации по гранулометрическому составу не выявлено.

Морфологическое строение этой почвы, начиная с подпахотного горизонта, довольно близко к строению целинного солонца, расположенного недалеко от залежи, но при этом солевой профиль очень резко отличается. Если в солонце (р. А-8) сильное хлоридное засоление отмечается с глубины 8 см, т.е. в солонцовом горизонте, то здесь – слабое сульфатное засоление во втором полуметре, которое в конце метра переходит в хлоридное засоление средней степени (табл. 8). В пахотном и подпахотном горизонтах содержание поглощенного натрия составляет 1.9-6.6%; с глубины 22 см (нижняя часть ксерометаморфического горизонта) и до 70 см (нижняя часть аккумулятивно-карбонатного горизонта) оно увеличивается до 13.6-18.4%.

Физико-химические условия для развития солонцового процесса здесь сохранились в ксерометаморфических солонцеватых горизонтах (в слое 14-32 см), где B^2=1-2.8 балла, и в аккумулятивно-карбонатном (с 32 до 75 см), где B=3.0 балла. В этих горизонтах отмечаются повышенные значения pH (8.99-9.25) и общей щелочности (0.97-1.21 смоль-экв./кг).

Содержание карбонатов в сохранившихся ксерометаморфическом и карбонатном горизонтах невысокое (2.0-3.9%), в породе оно увеличивается (до 10%), где также обнаружено незначительное содержание гипса.

[2] B – это коэффициент, предложенный в работе Н.Б. Хитрова (2004), оценивающий возможность развития солонцового процесса при имеющихся физико-химических условиях (засоление и содержание обменного натрия) в почвах: B=0 – нет условий для развития солонцового процесса, B>0 – есть условия для развития солонцового процесса.

Таблица 8. Ионный состав обменных катионов целинных и антропогенно-измененных богарных почв полупустынной зоны ОПХ «Ленинское» Астраханской области (название почв см. в таблице 6.). **Table 8.** Ionic composition of exchangeable cations of dry virgin and anthropogenically changed soils of semi-desert zone of experimental production farm "Leninskoye", Astrakhan Oblast (soils names are listed in table 6).

Разрез	Глубина	Название горизонта	Обменные катионы, смоль-экв./кг				Сумма катионов	Обменные катионы, % от суммы			
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}
А-8	0-8	AJ	3.81	2.28	0.29	0.63	7.01	54.4	32.5	4.1	9.0
	8-17	BSNs	9.0	8.76	7.48	0.37	25.61	35.1	34.2	29.2	1.4
	17-30	BMKs	8.2	9.32	6.98	0.33	24.83	33.0	37.5	28.1	1.3
	30-40	BCAs	6.35	8.81	4.91	0.54	20.61	30.8	42.7	23.8	2.6
	40-60	BCAs	6.3	7.98	4.0	0.39	18.67	33.7	42.7	21.4	2.1
А-10	0-15	AKL	5.75	2.12	0.03	0.86	8.76	65.6	24.2	0.3	9.8
	20-40	BMK	11.6	3.97	0.01	0.16	15.74	73.7	25.2	0.1	1.0
	45-60	BCA	10.15	3.85	0.22	0.17	14.39	70.5	26.8	1.5	1.2
	60-80	BCA	6.5	4.61	0	0.13	11.24	57.8	41.0	0	1.2
А-9	0-14	PU(AKL-BMK)	13.75	8.49	0.45	1.09	23.78	57.8	35.7	1.9	4.6
	14-22	BMKsn	16.53	8.66	3.9	1.92	31.01	53.3	27.9	12.6	6.2
	22-32	BMK2sn	11.2	8.8	3.25	0.56	23.81	47.0	37.0	13.6	2.4
	32-42	BCAsn,s	10.35	8.72	3.69	0.54	23.3	44.4	37.4	15.8	2.3
	50-70	BCAsn,s	10.85	7.5	4.23	0.47	23.05	47.1	32.5	18.4	2.0
А-11	0-10	AKL-BMK	11.5	2.14	0.01	0.42	14.07	81.7	15.2	0.1	3.0
	10-25	AKL-BMK	14.0	2.99	0	0.18	17.17	81.5	17.4	0	1.0
	40-60	BCA	7.4	5.83	0.17	0.11	13.51	54.8	43.2	1.3	0.8

Полученные материалы позволяют предполагать, что до распашки эти почвы были представлены бурой солончаковой засоленной почвой сульфатного и хлоридного химизма, сильносолонцеватой (или светлым солонцом). В настоящее время, учитывая незначительные морфологические и химические изменения в почвенном профиле, эти почвы можно отнести к агробурой солончаковатой слабозасоленной сильносолонцеватой. Таким образом, в богарном земледелии в условиях недостатка увлажнения на фоне мелкой обработки антропогенное влияние (вспашка, посев сельскохозяйственных культур) на свойства антропогенно-измененных бурых почв незначительно и сводится к появлению (в зависимости от глубины обработки) пахотного слоя различной мощности. Химические и физико-химические свойства агробурых почв (распределение солей, обменных катионов, гранулометрический состав, распределение карбонатов и гипса по профилю) обусловлены исходными свойствами целинных почв.

Несомненно, богарное земледелие в условиях полупустыни приводит к резкому иссушению профиля и не способствует улучшению свойств почв. Положительное влияние залежи на свойства бурых аридных почв не проявилось. Относительно низкое засоление связано, по нашему мнению, с исходным засолением почвы.

Мы считаем, что судить о влиянии многолетней богарной пашни и залежи на свойства почв можно только в том случае, если есть доказанная статистически уверенность, что изучаемые почвы были исходно однотипны. Несмотря на такой вывод, мы полагаем, что микробиологические показатели могут дать более точную информацию о влиянии богарной

пашни и залежи на полупустынные почвы. Поэтому мы отобрали образцы для анализа микробиологических показателей почв из разрезов А-11 и А-9.

Выводы

1. Работы, проведенные в зоне контакта Северной Сарпинской низменной равнины и Южной Сарпинской низменности на правобережье Волги в районе Соленого Займища (48° с.ш.), позволили констатировать, что исследуемая территория относится к южной, наиболее аридной окраине сухостепной зоны со светло-каштановыми почвами, развитыми в комплексе с солонцами, и переходит в полупустынную зону с бурыми аридными почвами и солонцами.

2. Можно утверждать, что исследованные нами зональные почвы являются наиболее аридным вариантом почв России, из которых и были отобраны образцы на микробиологический анализ: целинные почвы (р.р. А-2, А-8, А-10) и их антропогенные аналоги (р.р. А-3, А-4, А-9, А-11). Следует, однако, отметить, что спецификой объекта является относительно легкий гранулометрический состав почв, что нетипично для других районов Прикаспийской низменности.

3. Сравнительный анализ морфологических и физико-химических особенностей светло-каштановых и бурых аридных почв подтверждает тот факт, что эти почвы достаточно близки по своим свойствам. Это подчеркивал ранее в своих работах Н.Н. Болышев (1959, 1972). Основное отличие этих почв связано с выраженностью верхнего горизонта: в светло-каштановых – светло-гумусовый горизонт; в бурых аридных – пористая корка и слоеватая подкорка (Классификация … , 2004). Остальные нижележащие горизонты близки по своим свойствам. Светлые ксероморфные солонцы характерны и для каштановой подзоны, и для зоны бурых аридных почв. Новые микробиологические методы позволят уточнить сходство и различия этих почв.

4. Изучение антропогенно-нарушенных почв – орошаемой, богарной пашни, а также залежи позволило выявить изменения в морфологии и химическом составе почв, связанные с антропогенным воздействием. Наиболее интенсивное антропогенное влияние на изменения свойств почв проявляется в условиях длительного орошения (44 года) на почвах солонцовых комплексов в южной части Северной Сарпинской низменной (раннехвалынской) равнины в пределах сухостепной подзоны светло-каштановых почв. Самые значительные изменения произошли в морфологическом строении пахотных горизонтов, которые в результате длительных глубоких обработок, планировок и орошения утратили свойства верхних горизонтов целинных почв. Светло-каштановые солончаковатые слабозасоленные почвы хлоридно-сульфатного химизма (или незасоленные до одного метра) трансформировались в агроземы текстурно-карбонатные незасоленные несолонцеватые. Солонцы солончаковые, исходно сильно засоленные, хлоридного и сульфатно-хлоридного химизма, мало- и средне-натриевые трансформировались в агроземы солонцовые солончаковые (солончаковатые) слабо- и среднезасоленные в первом метре, преимущественно хлоридно-сульфатного химизма, с пониженным содержанием поглощенного натрия в пахотном горизонте.

5. Во всех целинных и антропогенно-измененных почвах светло-каштановой подзоны до глубины 65 см отсутствуют физико-химические условия развития солонцового процесса.

6. Во всех орошаемых почвах отмечается окарбоначивание верхних пахотных горизонтов за счет подтягивания карбонатов из нижележащих горизонтов в верхние, а также за счет вовлечения части карбонатного горизонта в пахотный. Окарбоначивание в сочетании с подщелачиванием (вызванным обменными процессами), а также иссушение приводит к образованию плотной крупноглыбистой структуры, снижающей плодородие орошаемых почв.

7. На орошаемых землях вторичное засоление и переувлажнение, несмотря на близкое залегание грунтовых вод (около 2.5 м) и длительное орошение, не проявляются, это обусловлено относительно легким гранулометрическим составом почвообразующих пород, хорошим качеством как поливных, так и грунтовых вод, а также хорошей природной дренированностью территории.

8. В метровом слое агроземов солонцовых (бывших до орошения солонцами) сохраняется остаточное исходное засоление, но при этом содержание легкорастворимых солей в метровой толще уменьшается до средней и слабой степени, изменяется и химизм засоления. При этом солонцовые свойства сохраняются.

9. Изученные орошаемые почвы характеризуются некоторым уменьшением содержания гумуса в верхних горизонтах по сравнению с целинными почвами. Хотя, учитывая очень низкое содержание гумуса, этот вывод требует статистического обоснования.

10. В богарном земледелии в условиях дефицита влаги в пределах распространения бурых (аридных) полупустынных почв с солонцами антропогенное влияние на свойства почвы сводится к формированию пахотного слоя различной мощности (в зависимости от глубины вспашки). Распределение по профилю солей, обменных катионов, карбонатов, гипса в горизонтах, не затронутых вспашкой, практически аналогично распределению в целинных почвах. Для всех антропогенно-измененных богарных почв характерно резкое иссушение профиля, появление крупноглыбистой структуры, подщелачивание, уменьшение содержания гумуса по сравнению с целинными почвами. Вывод об уменьшении содержания гумуса так же, как и для орошаемых почв, требует статистического обоснования.

11. Анализ залежных земель (20-летняя залежь) по богаре не позволил установить каких-либо положительных процессов, говорящих о восстановлении почв.

В заключение следует отметить, что проблема, связанная с изучением свойств антропогенно-нарушенных почв аридных регионов, достаточно сложна, так как изменения свойств почв (кроме пахотного горизонта) выражены не так отчетливо, как в почвах гумидной зоны. Для выявления различий необходимо доказывать, что сопоставляются идентичные почвы, а, учитывая разнообразие свойств почв и комплексность почвенного покрова аридных территорий, решить эту задачу сложно. Наиболее интересной проблемой, которая требует детального рассмотрения, является проблема, связанная с появлением крупной глыбистости как на орошаемых полях, так и на богарной пашне.

Благодарности. Авторы выражают благодарность за помощь в работе И.Н. Семенкову и Н.М. Церенову, а также безвременно ушедшим от нас почвоведу Александре Федоровне Новиковой и геоботанику Марине Борисовне Шадриной. Благодарим В.П. Зволинского, директора Прикаспийского научно-исследовательского института аридного земледелия, за предоставленную возможность выполнения научных исследований на землях института.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агроклиматический справочник Астраханской области. Л.: Гидрометеоиздат. 127 с.

Большев Н.Н. 1959. Почвенный покров природных районов восточного склона Ергеней и Западной части Прикаспийской низменности // Вестник МГУ. Серия биологическая, почвоведческая, геологическая. № 1. С. 79-91.

Большев Н.Н. 1972. Происхождение и свойства почв полупустынь. М.: Изд-во Московского университета. 195 с.

Горчаков В.В., Мулушева Т.В. 1999. Изменение состава легкорастворимых солей в солонцах светло-каштановых Северного Прикаспия // Современные проблемы агроэкологического земледелия. М. С. 73-79.

Горчаков В.В., Мулушева Т.В. 2000. Изменение состава легкорастворимых солей в светло-

каштановых почвах Северного Прикаспия при их использовании в земледелии // Проблемы рационального природопользования природных зон Евразии. М.: Изд-во Московского университета. С. 63-68.

Доскач А.Г. 1979. Природное районирование Прикаспийской пустыни М.: Наука. 141 с.

Егоров В.В., Попов А.Ф. 1976. Природно-мелиоративное районирование Северного Кавказа и нижнего Поволжья // Почвоведение. № 1. С. 101-113.

Зволинский В.П. 1991. Комплексное развитие многоотраслевого сельскохозяйственного производства в системе АПК нижней Волги. М.: Изд-во Российского университета дружбы народов. С. 13-45.

Зволинский В.П., Ларешин В.Г. 1996. Почвы солонцовых комплексов Северного Прикаспия. М.: Изд-во Российского университета дружбы народов. 429 с.

Классификация и диагностика почв России. 2004. Смоленск: Ойкумена. 235 с

Козловский Ф.И. 2003. Теория и методы изучения почвенного покрова. М: Геос. 536 с.

Любимова И.Н. 2003. Антропогенное преобразование почв солонцовых комплексов сухостепей и полупустынь. Дис. … д. с.-х. н. М. С. 45-105.

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

Мулушева Т.В. 1999. Некоторые характеристики антропогенных изменений почв солонцового комплекса Северного Прикаспия. Автореф. дис. …. к. с.-х. н.. М. 14 с.

Отчет о НИР за 2011 г. 2011. ГНУ ПНИИАЗ. Соленое займище. 43 с.

Панкова Е.И., Новикова А.Ф., Конюшкова М.В., Шадрина М.Б., Мухортов В.И. 2014. Почвы зоны контакта светло-каштановых и бурых аридных почв юга Европейской России // Аридные экосистемы. № 3. С. 84-101.

Почвенная карта Астраханской области. 1985. М: 1:300000. Южный государственный проектный институт по землеустройству, Астраханский филиал.

Сафронова И.Н. 2003. Некоторые проблемы установления границы между степной и пустынной зонами Прикаспийской низменности // Материалы III международного симпозиума «Степи северной Евразии», УО РАН. Оренбург: ИПК Газпромпечать. С. 447-449.

Физико-географические районы Нижнего Поволжья. 1961. Саратов. 156 с.

Хитров Н.Б. 2004. Выбор диагностических критериев существования и степени выраженности солонцового процесса в почвах // Почвоведение. №1. С. 18-31.

Pankova E.I., Novikova A.F., Konyushkova M.V., Shadrina M.B., Mukhortov V.I. 2014. Soils at the Boundary Between the Zones of Light Chestnut and Brown Arid Soils in the South of European Russia // Arid Ecosystems. Vol. 4. No. 3. P. 194-207.

TREND OF DEVELOPMENT OF SOILS OF ARID ECOSYSTEMS UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT ANTHROPOGENIC EXPOSURE (ASTRAKHAN REGION)

© 2018. E.I. Pankova*, M.V. Konyushkova*, V.I. Mukhortov*****

**V.V. Dokuchaev Soil Science Institute*
Russia, 119017, Moscow, Pyzhevsky Per., 7, Building 2. E-mail: pankova22@mail.ru
***Lomonosov Moscow State University*
Russia, 119991, Moscow, Leninsky Gory, GSP-1. E-mail:mkon@inbox.ru
****Pricaspian Scientific Research Institute of Arid Agriculture*
Russia, 416251 Astrakhan Oblast, Solenoye Zaymishche, Severny Block, 8

The properties of human-affected light chestnut and brown arid soils as well as light xeromorphic solonetzes were studied in the contact zone between dry steppe and semidesert zones of the Caspian lowland at the border between the northern Sarpa plain and the southern Sarpa lowland. The soils under irrigation and rainfed farming were studied. As a result of more than 40-year irrigation, the rise of ground water table took place and soil properties changed, mainly in the positive direction. The negative processes involved only small part of irrigated lands and were related to the irrigation-induced accumulation of carbonates in the top layer accompanied by the formation of massive cloddy structure at the place of the former solonetzes and solonetzic soils. Despite the shallow ground water table (about 2 m), the studied irrigated plot is not affected by secondary salinization and alkalization which is the evidence of the general outflow of salts with the ground water from this area. The 50-year old rainfed ploughed land located on brown arid soils had very dry soils with cloddy carbonate-rich toplayer. At the 20-year old abandoned ploughed land, the soil properties haven't improved during the period of abandonment.

Keywords: solonetz, solonetzic brown arid and light chestnut soils, secondary salinization, Sarpa lowland, surface accumulation of carbonates salt-affected soils under irrigation, dynamics of soil salinity, salt-affected soils, ploughed land, reclamation.
DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10008

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2018, том 2, № 2, с. 65-88

ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 631.4(556)

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ИСПАРЕНИЯ, ТРАНСПИРАЦИИ И ЗАПАСОВ ВОДЫ В ПОЧВЕ ПОЛЕЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ЗА БЕЗМОРОЗНЫЙ ПЕРИОД В РАЗЛИЧНЫЕ ПО ВОДНОСТИ ГОДЫ[1]

© 2018 г. Н.А. Шумова

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

Представлен краткий обзор наиболее распространенных методов оценки испарения. Изложена методика и приведена схема расчета суммарного испарения и его составляющих и запасов воды в почве; дано подробное описание параметров информационного обеспечения. Показана динамика декадных величин испарения воды почвой, транспирации и запасов воды в почве полей яровой пшеницы за безморозный период в различные по водности годы в основных зернопроизводящих регионах России. Оценено соотношение между транспирацией и испарением воды почвой за безморозный период в различные по водности годы.

Ключевые слова: яровая пшеница, испарение воды почвой, транспирация, запасы воды в почве, динамика испарения и транспирации, безморозный период.

DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10009

Состояние сельскохозяйственных культур тесно связано с гидрометеорологическими условиями их произрастания, среди которых наиболее важно суммарное испарение. Его величина представляет собой основную расходную часть водного баланса сельскохозяйственных угодий и наряду с осадками определяет запасы воды в почве, которые оказывают первостепенное влияние на продуктивность агроценозов.

Основные зернопроизводящие регионы России расположены в лесостепной и степной зонах, которые отличаются высоким плодородием в сочетании с обилием света и тепла, что способствовало превращению этой территории в агроландшафт. Вместе с тем эти территории подвержены засухам, что делает актуальным разработку гидрологических основ управления почвенными водами, которые используются недостаточно эффективно. Одно из направлений решения проблемы рационального использования почвенных вод связано с задачей уменьшить испарение воды в период от схода снежного покрова до смыкания посевов и после уборки урожая до наступления зимы. Это время, когда почвенные воды теряются на непродуктивное испарение (испарение воды почвой), которое не участвует в формировании урожая. Уменьшение испарения воды на определенную величину приводит к увеличению транспирации на ту же величину при неизменной величине суммарного испарения. Иными словами, *за счет изменения структуры суммарного испарения, а именно соотношения между испарением воды почвой и транспирацией, повышается водообеспеченность посева*.

Цель настоящей работы – оценка и анализ закономерностей формирования динамики декадных величин испарения воды почвой, транспирации и запасов воды в почве полей яровой пшеницы за безморозный период в различные по водности годы в основных

[1] Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы (НИР) ИВП РАН за 2018-2020 гг. темы 2 «Моделирование и прогнозирование процессов восстановления качества вод и экосистем при различных сценариях изменений климата и антропогенной деятельности» (№ 0147-2018-0002), раздела 2.6. «Эволюция наземных экосистем в изменяющихся природных условиях» № государственной регистрации АААА-А18-118022090104-8».

зернопроизводящих регионах России и выявление резервов возможного повышения транспирации за счет изменения структуры суммарного испарения.

Краткий обзор наиболее распространенных методов оценки испарения

Непосредственные измерения суммарного испарения на сельскохозяйственных полях и угодьях, проводящиеся при использовании испарителей, осуществляются на сети агрометеорологических станций крайне редко. Недостатком этого подхода является ограниченность временем вегетации сельскохозяйственных культур периода наблюдений по испарителям. Кроме того, во многих случаях материалы наблюдений по испарителям содержат существенные систематические ошибки. Поэтому широкое распространение получили расчетные методы определения испарения. В зависимости от задачи исследования или расчета, а также от количества и качества исходных данных выбирается тот или иной метод расчета, оптимальный для конкретных условий.

Метод водного баланса. Материалы наблюдений агрометеорологических станций за осадками и влажностью почвы позволяют оценить величины суммарного испарения по методу водного баланса. Однако в большинстве случаев наблюдения за влажностью почвы проводятся не в течение всего безморозного периода (от схода снежного покрова весной до наступления отрицательных температур воздуха осенью), а только в период вегетации сельскохозяйственных культур. К тому же материалы наблюдений за влажностью почвы содержат существенные случайные ошибки (Шумова, 2003), обусловленные большой пространственной изменчивостью влажности почвы и малым объемом выборки (на сети агрометеорологических станций принята четырехкратная повторность определения влажности почвы). Но несмотря на эти недостатки метод водного баланса является одним из основных для определения испарения с сельскохозяйственных полей, особенно когда имеются надежные данные о запасах воды в почве и осадках.

В лесостепной и степной зонах, где сток дождевых осадков наблюдается редко и пренебрежимо мал по сравнению с годовым стоком, а водообмен между почвенными и грунтовыми водами на сельскохозяйственных полях практически отсутствует, для периода от полного схода снежного покрова и стекания талых вод до наступления отрицательных температур воздуха осенью (безморозный период), как и для отдельных частей безморозного периода, уравнение водного баланса в общем виде можно записать так:

$$E_C = V_н - V_к + P \quad (1),$$

где E_C − суммарное испарение за расчетный период; P − осадки за тот же период; $V_н$ и $V_к$ − запасы воды в почве на начало и конец расчетного периода.

Метод теплового баланса. При детальном исследовании процесса испарения, его суточных величин и внутрисуточного хода используется метод теплового баланса, в основе которого лежит соотношение между приходом и расходом количества тепла деятельной поверхности. При расчете испарения методом теплового баланса используют формулу (Руководство по градиентным …, 1964):

$$E = \frac{R - B}{L\left(1 + 0.64\frac{\Delta T}{\Delta e}\right)} \quad (2),$$

где R − радиационный баланс; B − поток тепла в почву; L − скрытая теплота испарения; $\Delta T=(T_{0.5}-T_2)$; $\Delta e=(e_{0.5}-e_2)$; $T_{0.5}$, T_2, $e_{0.5}$, e_2 − соответственно, температура и влажность воздуха, измеренные на высотах 0.5 и 2 м над поверхностью земли.

Величина радиационного баланса R определяется на актинометрических станциях в соответствии с «Руководством гидрометеорологическим станциям …» (1957). Поток тепла в

почву *B* рассчитывается на основе использования данных об изменении температуры почвы с глубиной во времени при известных теплофизических характеристиках почвы (Руководство по градиентным …, 1964).

Диапазон метеорологических условий, в которых для определения испарения применим метод теплового баланса, несколько ограничен. Формула (2) дает неточные результаты для утренних и вечерних часов, а также и для дневного времени при пасмурной погоде.

Метод турбулентной диффузии позволяет определить часовые, суточные, месячные и годовые величины испарения с любого вида подстилающей поверхности, включая сельскохозяйственные поля небольших размеров. Для расчета величин испарения методом турбулентной диффузии требуются данные градиентных измерений, а именно – скорости ветра, температуры и влажности воздуха как минимум на двух высотах (Руководство по градиентным …, 1964).

Выражение для расчета испарения (вертикального потока водяного пара) методом турбулентной диффузии при близкой к равновесной стратификации атмосферы имеет вид (Константинов и др., 1971):

$$E = \rho\chi^2\delta\frac{u_2-u_1}{\ln(z_2/z_1)}\frac{e_1-e_2}{z\ln(z_2/z_1)} \quad (3),$$

где ρ − плотность воздуха; χ − постоянная Кармана; δ − размерный коэффициент; u_1 и u_2 − скорость ветра, измеренная на высоте z_1 и z_2; e_1 и e_2 − упругость водяного пара, измеренная на высоте z_1 и z_2; z_1 и z_2 − высоты над поверхностью земли, на которых измеряются метеорологические элементы при градиентных наблюдениях.

Если атмосферная стратификация отличается от равновесной, то при расчетах вертикального потока водяного пара вводится поправочный коэффициент, характеризующий отличие естественных профилей метеорологических элементов от логарифмических.

Суммы испарения с точностью, соизмеримой с точностью расчета испарения методами водного и теплового баланса, определяются по методу турбулентной диффузии за промежутки не менее 5-10 суток (Струзер, Русин, 1956). Для получения испарения за более короткие промежутки времени требуется значительное увеличение повторности измерений, что делает метод весьма громоздким.

Расчет испарения по данным метеорологических станций. Метод турбулентной диффузии лежит в основе методики расчета испарения по данным метеорологических станций. А.Р. Константинов (1968) установил эмпирические связи градиентов температуры, влажности воздуха и скорости ветра с температурой и влажностью воздуха, измеренными по стандартной методике на высоте 2 м. В результате был построен ряд графиков, на каждом из них представлены кривые, по которым в зависимости от температуры и влажности воздуха, измеренным на высоте 2 м, можно определить величины среднего многолетнего испарения с поверхности суши за год, испарение по месяцам за конкретный год, а также месячные величины испарения воды почвой и снегом (Константинов и др., 1971). Точность данной методики соизмерима с точностью определения испарения по методам водного и теплового баланса.

В основе *расчета испарения по биологическому водопотреблению* (Алпатьев, 1954) лежит связь испарения с определяющими его величинами, которая в символическом виде может быть записана как функция погодных условий $E_{\text{метео}}$, запасов воды в почве V и биологических свойств растений Bio:

$$E=f(E_{\text{метео}}, V, Bio) \quad (4).$$

Для определения оптимального водопотребления сельскохозяйственных культур рекомендуется использовать биологические кривые, представляющие собой отношение суммарного испарения, не лимитированного запасами воды в почве, к сумме среднесуточных

дефицитов влажности воздуха или к сумме среднесуточных температур воздуха (Алпатьев, 1965, 1969). Биологические кривые водопотребления являются устойчивым показателем потребности растений в воде при различных метеорологических условиях.

В основе *методики расчета испарения с использованием уравнений связи* лежит связь между тепловым и водным режимами отдельных территорий. Наиболее удачное количественное выражение этой связи было предложено Э.М. Ольдекопом (1911):

$$E=E_O\text{th}(P/E_O) \quad (5),$$

где E − испарение; P − осадки; E_O − потенциальное испарение при данных метеорологических условиях; th − гиперболический тангенс. Потенциальное испарение принимается пропорциональным дефициту влажности воздуха.

Простота методики делает ее удобной для определения норм испарения с территорий масштаба географической зоны или речного бассейна. В последнее время методика используется для оценок изменения испарения при возможном изменении климата (Бусарова, Гусев, 1995; Novak, 1995; Шумова, 2004).

Комплексный метод расчета испарения основывается на совместном анализе уравнений теплового и водного баланса (Thornthwaite, 1948; Penman, 1956; Philip, 1957; Будаговский, 1964; Monteith, 1965; Будыко, 1971).

В методике, предложенной М.И. Будыко (Будыко, 1971; Зубенок, 1974) рассматриваются две стадии испарения: первая соответствует оптимально увлажненной почве, испарение с которой равно потенциальному испарению, а вторая – недостаточно увлажненной почве с влажностью ниже критической:

$$E=\begin{cases} E_o & \text{при} \quad W \ge W_o \\ E_o \dfrac{W}{W_o} & \text{при} \quad W < W_o \end{cases} \quad (6),$$

где E − фактическое испарение; E_O − потенциальное испарение; W − продуктивная влажность активного для растений слоя почвы; W_O − критическое значение продуктивной влажности почвы, при котором и выше которого испарение равно потенциальному испарению.

Влажность почвы на конец месяца вычисляется:

$$W_2=\begin{cases} W_1+P_{мес}-Y_{реч}-E_o & \text{при} \quad W \ge W_o \\ \dfrac{1}{1+\dfrac{E_o}{2W_o}}\left[W_1\left(1-\dfrac{E_o}{2W_o}\right)+P_{мес}-Y_{реч}\right] & \text{при} \quad W < W_o \end{cases} \quad (7),$$

где $P_{мес}$ − средние многолетние месячные суммы осадков; $Y_{реч}$ − средний многолетний речной сток; W_1 и W_2 − продуктивная влажность активного для растений слоя почвы на начало и конец месяца соответственно.

Месячные нормы осадков определяются из справочников по климату. Средние многолетние величины стока приводятся в монографиях по ресурсам поверхностных вод. Месячная величина потенциального испарения вычисляется в зависимости от дефицита влажности воздуха по эмпирическим графикам, построенным для различных геоботанических зон. Критическая продуктивная влажность почвы W_O (средняя за месяц) определяется в зависимости от природной зоны и средней многолетней месячной температуры воздуха, которая приводится в справочниках по климату. Значение запасов воды в почве для первого расчетного месяца W_1 определяется по карте С.А. Вериго и Л.А. Разумовой (1973). Запасы воды в почве, вычисленные для конца предыдущего месяца, принимаются за начальные для следующего месяца.

В основе *тепловоднобалансового метода расчета суммарного испарения* с сельскохозяйственных полей, предложенного С.И. Харченко (1975), лежат уравнения теплового и водного балансов с учетом элементов вертикального водообмена в зоне аэрации, а также биологические особенности развития растений. С.И. Харченко приводит общее выражение для расчета суммарного испарения, а также рассматривает два частных случая. Первый– испарение при глубоком залегании грунтовых вод, когда можно пренебречь водообменом с лежащими ниже горизонтами и при отсутствии поверхностного стока. Во втором случае рассматриваются условия достаточного увлажнения почвы.

Эксперты из Организации объединенных наций по продовольствию и сельскому хозяйству (Food and Agriculture Organization of the United Nations) предлагают рассчитывать потенциальное и фактическое испарение по метеорологическим данным и коэффициенту посева (Allen et al., 1998). Этот метод *можно назвать методом FAO* (Food and Agriculture Organization). Потенциальное испарение в данном случае рассчитывается по методу Пенмана-Монтейта (Penman, 1948; Monteith, 1965, 1985), который был разработан для признанного универсальным гипотетического растительного покрова, представляющего собой сомкнутый хорошо увлажненный зеленый травяной покров высотой 0.12 м. При этом отмечается, что само понятие «потенциальное испарение» (potential evapotranspiration) несет в себе некоторую неопределенность, и предлагается заменить термин “potential evapotranspiration” на “reference evapotranspiration” – это испарение с гипотетического хорошо развитого зеленого покрова высотой 0.12 м, с полностью увлажненной почвы.

Уравнение Пенмана-Монтейта (Allen et al., 1998) в принятых в настоящей статье обозначениях записывается в виде:

$$ET_O = \frac{0.408\varphi(R - B) + \gamma \frac{900}{T + 273} ud}{\varphi + \gamma(1 + 0.34u)} \quad (8),$$

где ET_O − потенциальное испарение, мм сут$^{-1}$; φ − производная насыщающей упругости водяного пара от температуры воздуха, кПа °C^{-1}; R − радиационный баланс, МДж m^{-2} сут$^{-1}$; B − поток тепла в почву, МДж m^{-2} сут$^{-1}$; γ − психрометрическая константа, кПа °C^{-1}; T – средняя суточная температура воздуха, °C; u − средняя суточная скорость ветра на высоте 2 м, м сек$^{-1}$; d − дефицит влажности воздуха, кПа.

Производная насыщающей упругости водяного пара от температуры воздуха φ определяется по соотношению:

$$\varphi = \frac{4098\left[0.6108\exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right)\right]}{(T + 237.3)^2} \quad (9),$$

Психрометрическая константа γ определяется как:

$$\gamma = \frac{c_p P_{\text{атм}}}{\varepsilon L} \quad (10),$$

где $P_{\text{атм}}$ − атмосферное давление, кПа; L − скрытая теплота парообразования, 2.45 МДж кг$^{-1}$; c_p − теплоемкость при постоянном давлении, 1.013•10^{-3} МДж кг$^{-1}$ °C^{-1}; ε=0.622 − отношение молекулярного веса водяного пара к весу сухого воздуха.

Атмосферное давление рассчитывается в зависимости от высоты места по соотношению:

$$\text{P}_{\text{атм}} = 101.3\left(\frac{293 - 0.0065z}{293}\right)^{5.26} \quad (11),$$

где z − высота над уровнем моря, м.

Как следует из (10) и (11), величина психрометрической константы γ практически

определяется высотой местности и для лесостепной и степной зон европейской территории России может изменяться в пределах 0.067-0.065 (при высоте местности от 0 до 300 м н.у.м. БС).

Расчет проводится по месячным интервалам времени с учетом, что в месяце все метеорологические элементы каждые сутки одни и те же. Рассчитанные по формуле (8) величины потенциального испарения умножаются на число суток в месяце.

В условиях оптимального увлажнения почвы и хорошо развитого растительного покрова испарение посева ET_C, согласно методу ФАО (Allen et al., 1998), определяется по соотношению:

$$ET_C=K_C ET_O \quad (12),$$

где K_C – коэффициент посева, значения которого определяются по таблице в зависимости от возделываемой культуры и стадии развития растений.

В случае уменьшения запасов воды в корнеобитаемом слое почвы (водный стресс) уравнение (12) приобретает вид:

$$ET_C=K_C K_S ET_O \quad (13),$$

где K_S – коэффициент водного стресса, определяемый на основе значений продуктивных запасов воды в корнеобитаемом слое почвы.

Метод FAO, разработанный для оценки потенциального и фактического испарения, по сути близок к биологическому методу расчета потребности растений в воде, предложенному А.М. Алпатьевым (1954). Основное отличие заключается в том, что потенциальное испарение А.М. Алпатьев определяет по дефициту влажности воздуха или его температуре.

К комплексному методу можно отнести не получивший широкого распространения, но обладающий несомненными достоинствами метод расчета суммарного испарения и его составляющих (испарения воды почвой и транспирации) и запасов воды в почве, предложенный А.И. Будаговским (1964). Автор рассматривает суммарное испарение (для безморозного периода – от полного схода снежного покрова весной до наступления отрицательных температур воздуха осенью) как цепь взаимосвязанных процессов передвижения воды и водяного пара в системе почва-растение-атмосфера и использует для их описания систему из шести уравнений, в том числе описывающих: вертикальный перенос влаги в растительном покрове; вертикальный перенос тепла в растительном покрове; вертикальное приращение потоков влаги; вертикальное приращение потоков тепла; уравнение теплового баланса и формулу Магнуса, описывающую связь между температурой листа и влажностью воздуха внутри него.

В настоящей работе для оценки режима испарения с полей яровой пшеницы за безморозный период используется именно этот метод (Будаговский, 1964), так как он позволяет оценить не только суммарное испарение, но и его составляющие (испарение воды почвой и транспирацию) на основе использования материалов стандартных наблюдений метеорологических, актинометрических и агрометеорологических станций.

Метод расчета

Суммарное испарение E_C в общем случае включает в себя испарение воды почвой $E_П$ и транспирацию E_T и определяется по соотношению:

$$E_C = E_П + E_T \quad (14).$$

Испарение воды почвой $E_П$ определяется по эмпирической формуле (Будаговский, Шумова, 1976):

$$E_П = E_{ПО}\left(\gamma V e^{-P/E_{ПО}} + 1 - e^{-P/E_{ПО}}\right) \quad (15),$$

$$E_{ПО} = b_1 \Phi_П D_П d + b_2\left(Re^{-s\omega} - B\right) \quad (16),$$

$$\Phi_{П} = e^{-1.1\omega} \quad (17),$$

$$D_{П} = \frac{0.8u}{u^{1/2} + 0.7} \quad (18),$$

$$b_1 = \frac{0.7}{1 + 1.56\varphi}, \qquad b_2 = \frac{0.026\varphi}{1 + 1.56\varphi}, \qquad \varphi = \frac{24513}{(235 + T)^2} e^{\frac{17.1T}{235+T}} \quad (19),$$

где $E_{ПО}$ − потенциальное испарение воды почвой (испарение со смоченной поверхности почвы); γ − эмпирический параметр, зависящий от водно-физических свойств почвы; V − запасы воды в расчетном слое почвы; P − атмосферные осадки; b_1 и b_2 − функции температуры воздуха; $\Phi_{П}$ − функция относительной площади листьев; $D_{П}$ − функция скорости ветра; d − дефицит влажности воздуха; R − радиационный баланс; S − коэффициент, зависящий от географической широты и времени года; ω − относительная площадь листьев; B − поток тепла в почву; u − скорость ветра; φ − производная насыщающей упругости водяного пара от температуры воздуха T.

Транспирация E_T определяется следующим образом (Будаговский, Шумова, 1976):

$$E_T = \begin{cases} E_{TO} & \text{при} \quad V \geq V_{кр} \\ E_{TO} \dfrac{V}{V_{кр}} & \text{при} \quad V < V_{кр} \end{cases} \quad (20),$$

$$E_{TO} = b_1 D_\omega \Phi_1 d + b_2 \left[R\left(1 - \Phi_2 e^{-s\omega}\right) - (1 - \Phi_2)B\right] - (1 - \Phi_2)E_{П} \quad (21),$$

$$V_{кр} = 60 + 4.2E_O \quad (22),$$

$$E_O = b_1 D_\omega \Phi_1 d + b_2 (R - B) \quad (23),$$

$$D_\omega = \frac{c_1 \tilde{u}}{c_2 \tilde{u}^{1/2} + 1}, \qquad \tilde{u} = u + 0.4 \quad (24),$$

$$\Phi_1 = \left(1 - e^{-\omega}\right), \qquad \Phi_2 = e^{-0.25\omega} \quad (25),$$

где $V_{кр}$ − критические запасы воды в почве, E_O − потенциальное испарение (при $\omega \to \infty$); D_ω и $\tilde{u}$ − функции скорости ветра; Φ_1 и Φ_2 − функции относительной площади листьев; c_1 и c_2 − эмпирические коэффициенты.

Испарение при отсутствии растительного покрова рассматривается в качестве частного случая суммарного испарения.

Расчет запасов воды в почве по интервалам времени τ производится по формуле (Будаговский, Шумова, 1976):

$$V_к = (V_н + k/m)e^{-m\tau} - k/m \quad (26),$$

где $V_н$ и $V_к$ − запасы воды в почве в начале и конце расчетного интервала времени τ соответственно. При $V_н \geq V_{кр}$ k и m определяются по соотношениям:

$$k = b_1 D_\omega \Phi_1 d + b_2 \left[R\left(1 - \Phi_2 e^{-s\omega}\right) - (1 - \Phi_2)B\right] + \Phi_2 \left(1 - e^{-P/E_{ПО}}\right)E_{ПО} - P \quad (27),$$

$$m = \Phi_2 \gamma E_{ПО} e^{-P/E_{ПО}} \quad (28).$$

При $V_н < V_{кр}$ они принимают вид:

$$k = \left(1 - e^{-P/E_{ПО}}\right)E_{ПО} - P \quad (29),$$

$$m = \frac{1}{V_{кр}} \left\{b_1 D_\omega \Phi_1 d + b_2 R\left(1 - \Phi_2 e^{-s\omega}\right) - (1 - \Phi_2)\left[\left(1 - e^{-P/E_{ПО}}\right)E_{ПО} + b_2 B\right]\right\} + \gamma E_{ПО} e^{-P/E_{ПО}} \quad (30).$$

Если переход продуктивных запасов воды в почве через критические значения происходит внутри интервала времени τ, то отвечающее ему время $\tau_{кр}$ вычисляется из

формулы (26) при условии $V_к=V_{кр}$, где $V_{кр}$ − критические запасы воды в почве:

$$\tau_{кр} = \frac{1}{m} ln \frac{V_н + \frac{k}{m}}{V_{кр} + \frac{k}{m}} \quad (31).$$

В соответствии с найденным значением $\tau_{кр}$ декада делится на две в общем случае неравные части.

Основные параметры описанной схемы расчета универсальны, то есть могут быть использованы для расчетов динамики суммарного испарения и продуктивных запасов воды в почве в разных физико-географических зонах. По этой схеме можно также оценить полные запасы воды в почве, включающие как продуктивную составляющую запасов воды в почве (полезную для растений), так и недоступную для растений воду (связанную).

Выполненное сравнение рассчитанных и измеренных на агрометеорологических станциях продуктивных запасов воды в метровом слое почвы, а также сравнение значений испарения, полученных по приведенным выше зависимостям и по методу водного баланса, показало, что метод обладает достаточной точностью и может быть использован для расчетов суммарного испарения и запасов воды в почве сельскохозяйственных полей (Шумова, 2003).

Информационное обеспечение

В основе расчетов испарения и запасов воды в почве по приведенной выше методике лежат материалы наблюдений метеорологических, актинометрических и агрометеорологических станций за температурой и дефицитом влажности воздуха, скоростью ветра, радиационным балансом, осадками без поправок к показаниям осадкомера и биофизическими параметрами растительного покрова (высотой и густотой посева в основные фазы развития растений). Необходимо также иметь сведения о годовой амплитуде температуры воздуха, широте расположения станции и высоте флюгера. Расчет проводится по декадным временным интервалам за период от полного схода снежного покрова весной до наступления отрицательных температур воздуха осенью (безморозный период). Следовательно, и исходные данные должны охватывать этот период.

В расчетах суммарного испарения используются измеренные на актинометрических станциях величины радиационного баланса. Измерения радиационного баланса проводятся над поверхностью типичного для данного региона травяного растительного покрова, но их результаты близки к величинам радиационного баланса посевов зерновых культур. Различия в альбедо между наблюдательными участками и посевами зерновых культур (в частности яровой пшеницы), которые могут привести к ошибкам величин радиационного баланса, незначительны. Величина альбедо посевов яровой пшеницы, по данным разных авторов (Гальперин, 1949; Гаевский, 1953; Русин, 1958; Данилова, 1965), за период с мая по август изменяется от 10 до 26%. Величина альбедо на наблюдательных участках исследуемых метеостанций за тот же период составила 14-26% при среднем значении 19% и среднем квадратическом отклонении в 2%.

Скорость ветра на метеорологических станциях измеряется флюгером, который устанавливается на высотах от 9 до 18 м. Поэтому его показания необходимо привести к принятой при построении расчетных формул высоте 2 м, для чего принят логарифмический закон изменения метеорологических элементов в приземном слое воздуха по высоте, из которого вытекает соотношение: $u_2 = \frac{lg(z_2/z_O)}{lg(h_ф/z_O)} u_ф$ (32),

где u_2 и u_ϕ − скорости ветра на высоте z_2 и на высоте флюгера h_ϕ соответственно; z_2 − высота стандартных метеорологических наблюдений 2 м; z_O − коэффициент шероховатости, зависящий от характера подстилающей поверхности (Константинов и др., 1971).

При приведении скорости ветра к высоте 2 м было принято, что коэффициент шероховатости для месяцев с апреля по октябрь (теплый период, естественный растительный покров) равен 0.05 м, коэффициент шероховатости для месяцев с ноября по март (холодный период, оголенная почва) равен 0.01 м.

Величина параметра *s*, входящего в соотношения (16) и (21), зависит от высоты Солнца и определяется по широте места в зависимости от времени года по таблице 1.

Таблица 1. Значения параметра *s* в уравнениях 16 и 22 (Будаговский, 1964).
Table 1. Parameter *S* values in the equations 16 and 22 (Будаговский, 1964).

Широта, градусы	**Месяцы**					
	апрель	**май**	**июнь**	**июль**	**август**	**сентябрь**
65	0.41	0.35	0.33	0.34	0.38	0.50
60	0.38	0.33	0.32	0.33	0.35	0.44
55	0.36	0.32	0.31	0.32	0.34	0.40
50	0.34	0.32	0.31	0.32	0.33	0.38
45	0.33	0.31	0.31	0.31	0.32	0.36
40	0.32	0.31	0.31	0.31	0.32	0.34
35	0.32	0.31	0.30	0.31	0.31	0.33

В расчетные зависимости входит величина потока тепла в почву *B*, которая значительно меньше величины радиационного баланса. Наблюдения за температурой почвы по глубине, необходимые для расчета потока тепла в почву, нестандартные, поэтому рассчитать *B* не всегда представляется возможным. В данном случае при расчетах испарения использованы приближенные значения потока тепла в почву, полученные из таблицы 2, в зависимости от времени года и годовой амплитудой средней месячной температуры воздуха, составленной А.И. Будаговским (1964) на основе данных М.И. Будыко (1956).

Следует отметить, что величина потока тепла в почву отличается большой пространственной изменчивостью, зависящей от соответствующей изменчивости теплофизических свойств и влажности почвы. Поэтому даже на сравнительно небольшой территории значения потока тепла в почву в разных точках могут быть различны, и приведенные в таблице 2 данные могут характеризовать лишь средние условия. Однако для вегетационного периода ошибка определения потока тепла в почву мала по сравнению с величиной радиационного баланса. В связи с этим при расчетах испарения можно ограничиться приближенными значениями потока тепла в почву.

В формулу для расчета испарения воды почвой (15) входит эмпирический параметр γ, зависящий от характера выпадения осадков и водно-физических свойств почвы. Эти характеристики в модели суммарного испарения не задаются, поэтому удобнее воспользоваться типичным значением параметра γ, которое лежит в пределах от 0.0020 до 0.0030 и имеет размерность мм$^{-1}$ (Будаговский, 1981). Параметр γ оценивается на основе данных наблюдений за влажностью почвы на пару, а также материалов наблюдений агрометеорологических и актинометрических станций.

Проведенные оценки показывают, что для всех четырех станций, материалы которых используются в настоящей работе, значения параметра γ довольно близки и его можно

принять равным 0.0020 мм$^{-1}$. На первый взгляд может показаться странным, что значения параметра γ, учитывающего свойства почвогрунтов, для разных районов лесостепной и степной зон одни и те же. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что почвы исследуемого региона отличаются генетической однородностью и близким гранулометрическим (средне- и тяжелосуглинистые) составом.

Таблица 2. Значения потока тепла в почву B, кал/(см^2 сут). **Table 2.** Values of warmth flowing into the soil B, cal/(cm^2 per day).

Месяц	Годовая амплитуда температуры воздуха, °С								
	10	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**
Январь	-7	-11	-14	-18	-21	-24	-28	-32	-35
Февраль	-4	-7	-9	-12	-14	-16	-18	-21	-23
Март	2	4	5	6	7	8	10	11	12
Апрель	4	7	9	12	14	16	18	21	23
Май	7	11	14	18	21	24	28	32	35
Июнь	7	11	14	18	21	24	28	32	35
Июль	6	9	11	14	18	20	23	27	29
Август	4	6	7	9	11	13	14	17	18
Сентябрь	-2	-4	-5	-6	-7	-8	-10	-11	-12
Октябрь	-4	-6	-7	-9	-11	-13	-15	-17	-18
Ноябрь	-6	-9	-11	-14	-18	-20	-23	-27	-29
Декабрь	-7	-11	-14	-18	-21	-24	-28	-32	-35

В расчетные зависимости входит биометрический параметр растительного покрова – относительная площадь листьев ω. Относительная площадь листьев является одной из важнейших характеристик растительного покрова, которая изменяется в течение вегетационного периода практически непрерывно (Ничипорович, 1956, 1961). Это величина эффективной поверхности растительного покрова на единице площади посева. Эффективная поверхность растительного покрова включает площадь листьев, продольного сечения стеблей и колосьев. На сети агрометеорологических станций наблюдения за относительной площадью листьев не проводятся, а состояние растительного покрова отмечается средней высотой и густотой в основные фазы развития растений (Руководство по контролю …, 1955).

Существует детальная методика исследований биометрической структуры растительного покрова (Росс, 1975), которая позволяет получить довольно полную информацию, включающую характеристики пространственной ориентации листьев. Однако к точности сведений об относительной площади листьев, необходимой для расчетов испарения по приведенным выше формулам, не предъявляется особо высоких требований (Шумова, 1994). Поэтому можно ограничиться простейшими методами биометрических исследований. Эти методы основаны на экспериментально установленном факте наличия связи между площадью листьев отдельного растения и его высотой для ряда зерновых и технических сельскохозяйственных культур (Чирков, 1965; Савина, 1966; Самарина, 1969; Тертерян, 1971; Минаева, 1975). Подходы к оценке относительной площади листьев подробно изложены в работе Н.А. Шумовой (2017).

В основе построения зависимостей площади листьев от высоты растений лежат материалы измерений биометрических параметров растений. Площадь листьев определяется по формуле (Росс, 1975):

$$\omega_p = k_л \sum_{i=1}^{n} (l_i b_i) + \frac{d_1 + d_2}{2} h_c + l_к d_к \quad (33),$$

где ω_P − площадь листьев отдельного растения; n − число листьев в растении; l_i и b_i − длина и максимальная ширина листа соответственно; $k_л$ − коэффициент, позволяющий перейти от произведения длины и максимальной ширины листа к его площади; d_1 и d_2 − диаметр стебля у основания и верхушки соответственно; h_c − длина стебля; $l_к$ и $d_к$ − длина и диаметр колоса соответственно.

Зависимости площади листьев растений от их высоты не являются универсальными для различных зерновых и технических сельскохозяйственных культур, но в то же время довольно хорошо аппроксимируются степенной функцией (Самарина, 1969):

$$\omega_P = a_P h_P^g \quad (34),$$

где ω_P − площадь листьев отдельного растения, см^2; h_P − высота растения по вытянутому листу, см; a_P и g − параметры, определяемые по результатам биометрических измерений.

Значения параметра a_P для яровой пшеницы приведены в таблице 3, параметр g в формуле (34) может быть принят равным 1.5. Таблица 3 составлена по результатам обработки биометрических измерений, выполненных на посевах яровой пшеницы в Целиноградской области в 1971 году и в Куйбышевской области в 1974 году (Бусарова, Шумова, 1987). Из таблицы 3 видно, что у растений яровой пшеницы, габитус которой существенно изменяется в течение вегетационного периода, величина a_P довольно существенно различается по фазам развития.

Таблица 3. Значение параметра a_P в уравнении (34) для яровой пшеницы (Бусарова, Шумова, 1987). **Table 3.** Values of a_P in the equation (34) for spring wheat (Бусарова, Шумова, 1987).

Фаза развития	a_P
Кущение	0.15
Выход в трубку	0.18
Колошение	0.12
Цветение	0.09
Молочная спелость	0.08
Восковая спелость	0.07
Уборка	0.05

Таким образом, по данным агрометеорологических станций о высоте растений в основные фазы развития, по соотношению (34) определяется площадь листьев отдельного растения.

Относительная площадь листьев посева определяется из соотношения:

$$\omega = \frac{\omega_P n_P}{S_n} \quad (35),$$

где ω − относительная площадь листьев посева; n_P − число растений на площади посева S_n. Следовательно, зная фазу развития, среднюю высоту и густоту растений, можно определить относительную площадь листьев посева.

Максимальные значения относительной площади листьев могут заметно различаться для полей, занятых одной и той же культурой, что связано, как правило, с погодными условиями и применяемой агротехникой. Так, например, в момент кущения зерновых засуха может

резко (в несколько раз) уменьшить величину относительной площади листьев. Влияние агротехники еще сильнее. В одном и том же регионе одновременно можно обнаружить поля с яровой пшеницей, где максимальное значение относительной площади листьев изменяется от 1 до 10. Однако при грамотном применении агротехнических приемов этот диапазон значительно сужается до 3-4.

Техника расчетов испарения и запасов воды в почве

Расчет проводится по декадным интервалам времени с начала первой декады после схода снежного покрова весной до конца последней декады с положительной температурой воздуха осенью. Если в зимнее время в среднем за декаду отрицательные температуры воздуха не наблюдаются, расчет проводится за календарный год. В принципе методика позволяет проводить расчеты при любом временном шаге, например, по суткам или месяцам. Внутри декады все исходные величины принимаются постоянными, а именно, в любые сутки данной декады одна и та же температура воздуха, скорость ветра, суммарная радиация, осадки и т.д.

Расчет ведется с начальных продуктивных запасов воды в почве. По соотношению (26) находятся продуктивные запасы воды в почве на конец этой декады, которые в свою очередь являются начальными для следующего интервала времени. Начальные запасы воды в почве определяются в зависимости от конкретных условий задачи. В лесостепной и степной зонах за них принимаются первые измеренные величины запасов на агрометеорологических станциях. Как правило, они не совпадают с началом первой декады после полного схода снежного покрова и приходятся на более поздние декады. Для определения продуктивных запасов воды в период между полным сходом снежного покрова и временем первого измерения запасов на агрометеорологической станции проводится расчет «назад», когда в уравнении (26) время (число суток) τ принимает отрицательные значения.

Обычно величины начальных (первых измеренных) продуктивных запасов воды в почве выше их критических значений. Поэтому при расчетах по зависимости (26) параметры k и m определяются согласно (27) и (28) соответственно. Когда продуктивные запасы воды в почве снижаются до критических значений, которые определяются по соотношению (22), параметры k и m в формуле (26) принимаются согласно (29) и (30).

Время наступления критического значения продуктивных запасов воды в почве $\tau_{кр}$, как правило, не совпадает с началом или концом декады. Оно определяется по соотношению (31). В соответствии с найденным значением $\tau_{кр}$ декада делится на две в общем случае неравные части.

Суммарное испарение рассчитывается по формуле (14), то есть складывается из транспирации, определяемой по зависимости (20), и испарения воды почвой, определяемого по соотношениям (15). Продуктивные запасы воды в почве в уравнении (15) принимаются средними для расчетного интервала времени и определяются как:

$$V = \frac{V_н + V_к}{2} \qquad (36),$$

где $V_н$ и $V_к$ − продуктивные запасы воды в почве в начале и конце расчетной декады.

Полученные результаты и их анализ

Для оценки суммарного испарения и запасов воды в почве полей яровой пшеницы использованы материалы наблюдений метеорологических станций Безенчук (Самарская область), Ершов (Саратовская область), Каменная Степь (Воронежская область) и Гигант (Ростовская область), расположенных в основных зернопроизводящих регионах европейской

территории России и отражающих многообразие природных условий лесостепной и степной зон. Каждая из этих станций представлена четырьмя различными по водности годами: средние многолетние значения испарения (посчитаны по средним многолетним значениям метеорологических элементов); конкретный год, величина суммарного испарения за безморозный период которого равна или близка значению суммарного испарения среднего многолетнего года – средний; год, когда наблюдается самая большая величина суммарного испарения за весь исследуемый период – многоводный; год, когда наблюдается минимальная величина суммарного испарения за весь исследуемый ряд лет – маловодный (табл. 4). Как видно из таблицы 4, для исследуемых станций годы пониженной и повышенной водности не наступают одновременно, что обусловлено особенностями условий формирования составляющих водного баланса сельскохозяйственных полей.

Таблица 4. Основные характеристики лет, материалы наблюдений по которым используются для оценки внутригодовой динамики суммарного испарения и запасов воды в почве. **Table 4**. The main characteristics of the research years, the materials of which were used to evaluate the annual dynamics of total soil evaporation and water reserve in the soils.

Год	Характеристика года	Продолжительность безморозного периода	$V_н$, мм	$E_С$, мм	$E_П$, мм	$E_Т$, мм
Безенчук						
–	средний многолетний	апрель (2) – октябрь (2)	147	350	209	141
1970	средний	апрель (1) – октябрь (3)	118	337	227	110
1973	многоводный	март(3) – ноябрь(1)	167	435	232	203
1955	маловодный	апрель (2) – октябрь (3)	123	243	145	98
Ершов						
–	средний многолетний	апрель (2) – октябрь (2)	122	314	188	126
1960	средний	апрель (1) – октябрь (3)	143	296	184	112
1952	многоводный	апрель (2) – ноябрь(1)	203	444	256	188
1972	маловодный	апрель (1) – ноябрь (1)	36	141	103	38
Каменная Степь						
–	средний многолетний	апрель (1) – октябрь (2)	166	421	237	185
1972	средний	апрель (1) – ноябрь (2)	143	386	205	180
1955	многоводный	апрель (1) – ноябрь (1)	256	461	218	244
1954	маловодный	апрель (1) – ноябрь (2)	49	278	202	76
Гигант						
–	средний многолетний	апрель (1) – ноябрь (1)	150	399	226	174
1963	средний	март(3) – ноябрь(3)	121	407	204	203
1974	многоводный	март(1) – декабрь(3)	154	534	330	203
1966	маловодный	февраль(3) – декабрь(1)	124	330	177	152

Примечания к таблице 4: $V_н$ – продуктивные запасы воды в метровом слое почвы в первую декаду безморозного периода; $E_С$ – суммарное испарение, $E_П$ – испарение воды почвой, $E_Т$ – транспирация за безморозный период; в скобках указан номер декады. **Notes to table 4:** $V_н$ – productive water reserve in the one-meter-deep of soil layer in the first decade of the frost-free period; $E_С$ – total evaporation, $E_П$ – soil evaporation, $E_Т$ – transpiration during the frosty period; the number of decade is shown in the brackets.

Выбор различных по водности лет производился из рядов наблюдений станций Безенчук, Ершов и Гигант продолжительностью 24 года (1952-1975 гг.); для Каменной Степи − 22 года (1954-1975 гг.). Указанные периоды полностью обеспечены материалами наблюдений, необходимыми для расчетов испарения и запасов воды в почве. Источниками получения исходников послужили метеорологические и актинометрические ежемесячники и сельскохозяйственные таблицы ТСХ (таблицы сельскохозяйственные).

Заметим, что наиболее репрезентативные результаты оценки межгодовой изменчивости дает использование данных тридцатилетних наблюдений за 1951-1980 гг. (Carter et al., 1992). Этот ряд включает в себя влажный, сухой, теплый и холодный периоды. Однако, как показал анализ полученных материалов, в данном случае использование рядов в 24 и даже 22 года не должно привести к заметным ошибкам в полученных оценках.

В данной работе расчеты суммарного испарения и продуктивных запасов воды в метровом слое почвы проведены для полей яровой пшеницы при максимальном значении относительной площади листьев $\omega_{макс}$=3. Расчеты выполнены за период от полного схода снежного покрова весной до наступления отрицательных температур воздуха осенью (за безморозный период) с декадным временным шагом.

На рисунках 1-4 представлен внутригодовой ход суммарного испарения и его составляющих, а также запасов воды в почве полей яровой пшеницы для метеорологических станций Безенчук, Ершов, Каменная Степь и Гигант, каждая из которых представлена четырьмя различающимися по величине суммарного испарения годами.

Анализируя средний многолетний внутригодовой ход суммарного испарения и его составляющих для указанных метеорологических станций, можно отметить следующее. В течение года существенно изменяются как величина суммарного испарения, так и его структура. До появления всходов суммарное испарение представлено только испарением воды почвой. В последней декаде апреля – первой декаде мая появляются всходы яровой пшеницы и суммарное испарение складывается из испарения воды почвой и транспирации. Однако в это время растительный покров развит слабо и поглощает только незначительную часть радиации, отсюда вклад транспирации в суммарное испарение весьма мал. Испарение воды почвой в этот период не меняется или очень медленно продолжает возрастать. Со второй-третьей декады мая снижается испарение воды и быстро возрастает транспирация, во второй-третьей же декаде мая транспирация уже превышает испарение воды почвой.

Средние многолетние декадные значения суммарного испарения достигают максимума в третьей декаде мая – первой декаде июня и лежат в пределах от 40 мм в декаду (Ершов) до 54 мм в декаду (Каменная Степь); максимум транспирации обычно совпадает с максимумом суммарного испарения и составляет 28-40 мм в декаду соответственно. Испарение воды продолжает убывать до третьей декады июня, после чего оно начинает несколько возрастать или остается на одном и том же уровне; максимальные декадные значения испарения воды почвой приходятся на начальные декады весной и могут составить 15-19 мм в декаду.

До третьей декады июля транспирация превышает испарение воды почвой, а затем становится несколько ниже последнего. После уборки урожая испарение представлено только испарением воды почвой, величина которого медленно убывает.

Средние многолетние значения суммарного испарения и его составляющие (испарение воды почвой и транспирация) в течение безморозного периода изменяются плавно, без каких либо резких скачков.

Рассматривая внутригодовую изменчивость средних многолетних значений запасов воды в метровом слое почвы, можно отметить, что с момента схода снежного покрова до появления всходов в мае запасы воды довольно высоки, их максимальные значения могут достигать 122-166 мм, а их уменьшение в этот период происходит медленно.

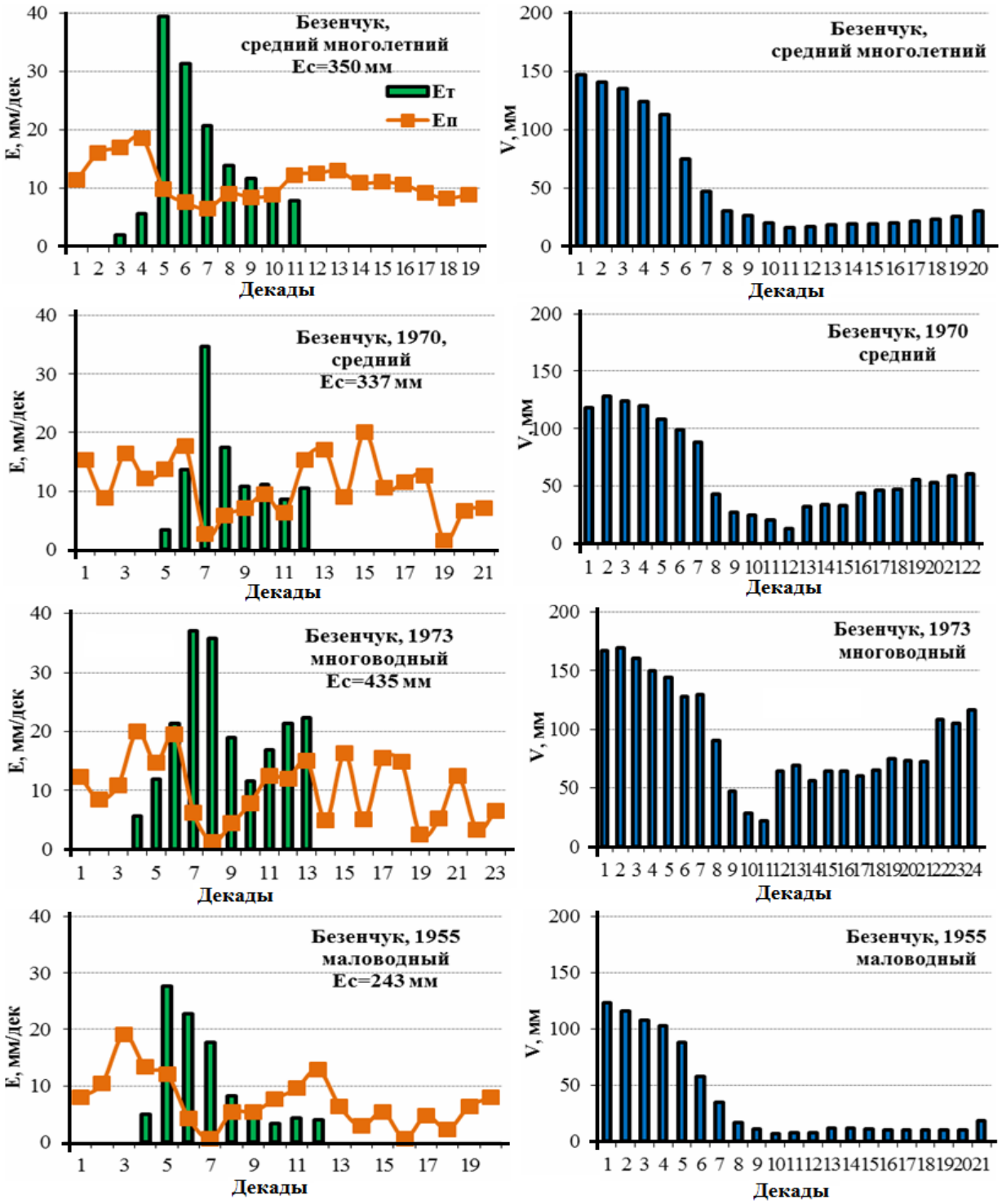


Рис. 1. Динамика декадных величин транспирации E_T, испарение воды почвой $E_П$, и продуктивных запасов воды V в метровом слое почвы полей яровой пшеницы в Безенчуке в разные по водности годы. *Условные обозначения к рисункам 1-4*: по оси OX – дан порядковый номер декады с момента схода снежного покрова. **Fig. 1.** Dynamics of decade values of transpiration E_T, soil evaporation $E_П$ and productive water reserve V in the one-meter-deep layer of soil on the spring wheat pastures in Bezenchuk during the years with different water content. *Legend to figures 1-4*: on the OX axis the serial number of decade (from the moment of snow melting) is given.

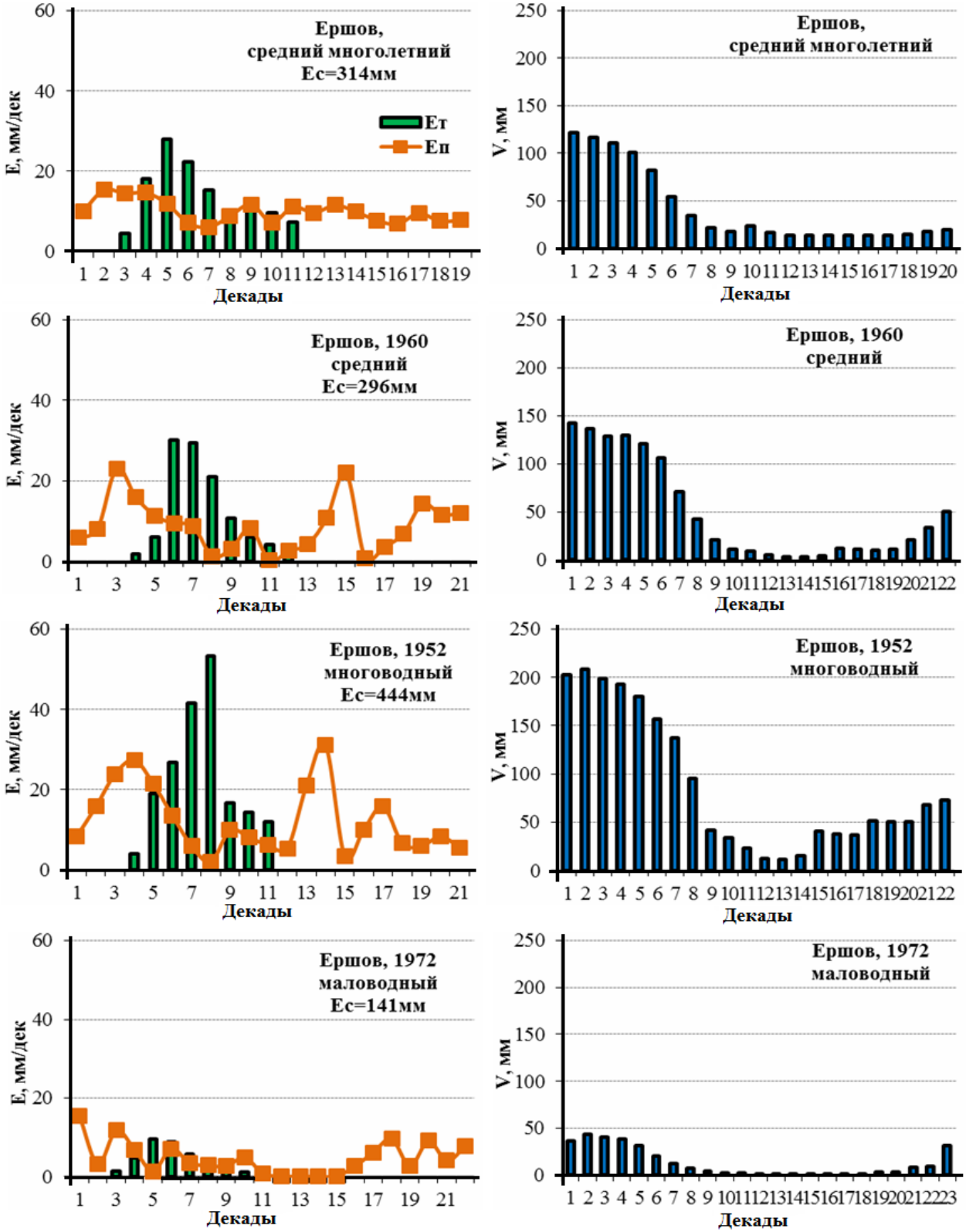


Рис. 2. Динамика декадных величин транспирации E_T, испарение воды почвой $E_П$, и продуктивных запасов воды V в метровом слое почвы полей яровой пшеницы в Ершове в разные по водности годы. **Fig. 2.** Dynamics of decade values of transpiration E_T, soil evaporation $E_П$ and productive water reserve V in the one-meter-deep layer of soil on the spring wheat pastures in Ershov during the years with different water content.

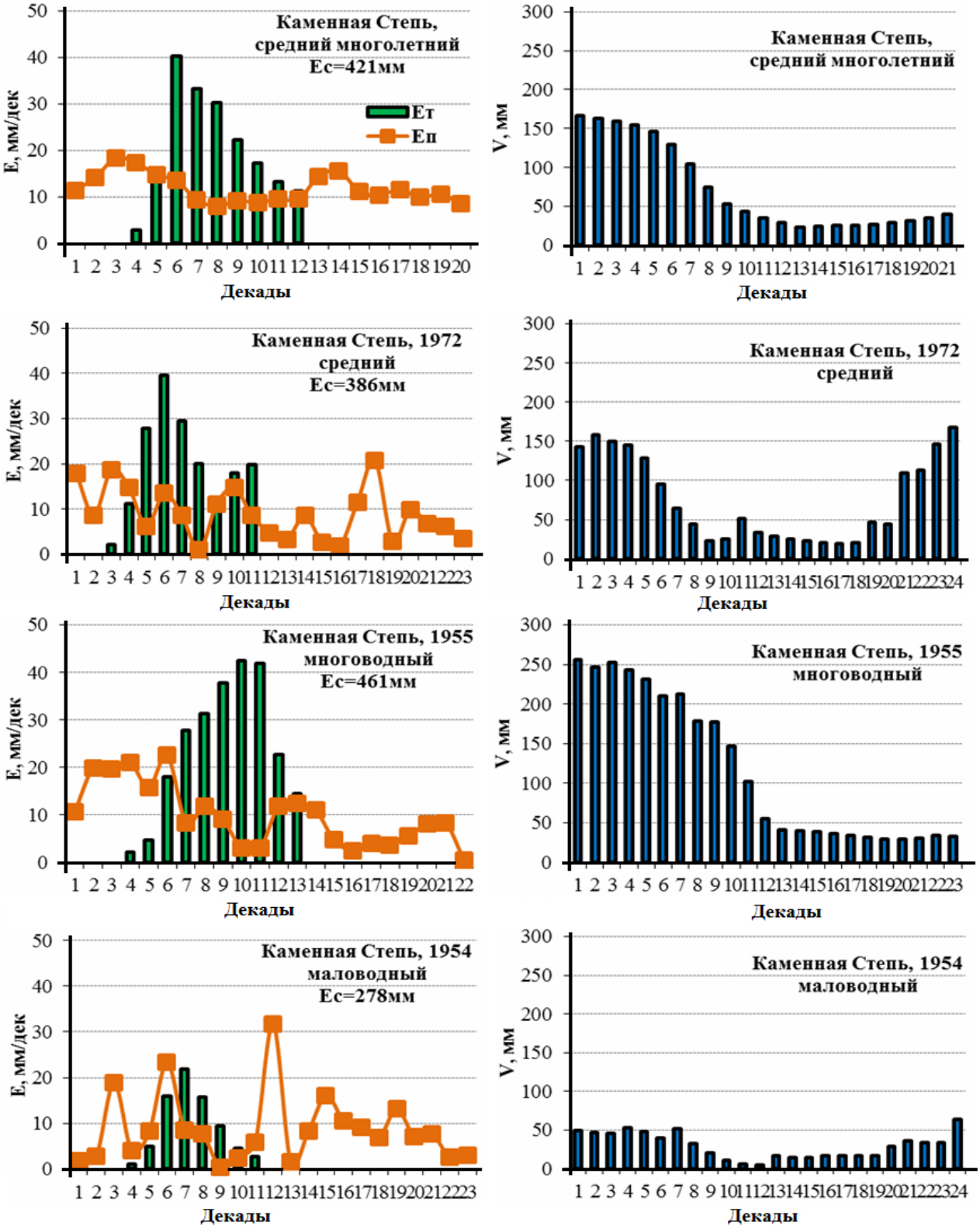


Рис. 3. Динамика декадных величин транспирации E_T, испарение воды почвой $E_П$, и продуктивных запасов воды V в метровом слое почвы полей яровой пшеницы в Каменной Степи в разные по водности годы. **Fig. 3.** Dynamics of decade values of transpiration E_T, soil evaporation $E_П$ and productive water reserve V in the one-meter-deep layer of soil on the spring wheat pastures in Kamennaya Steppe during the years with different water content.

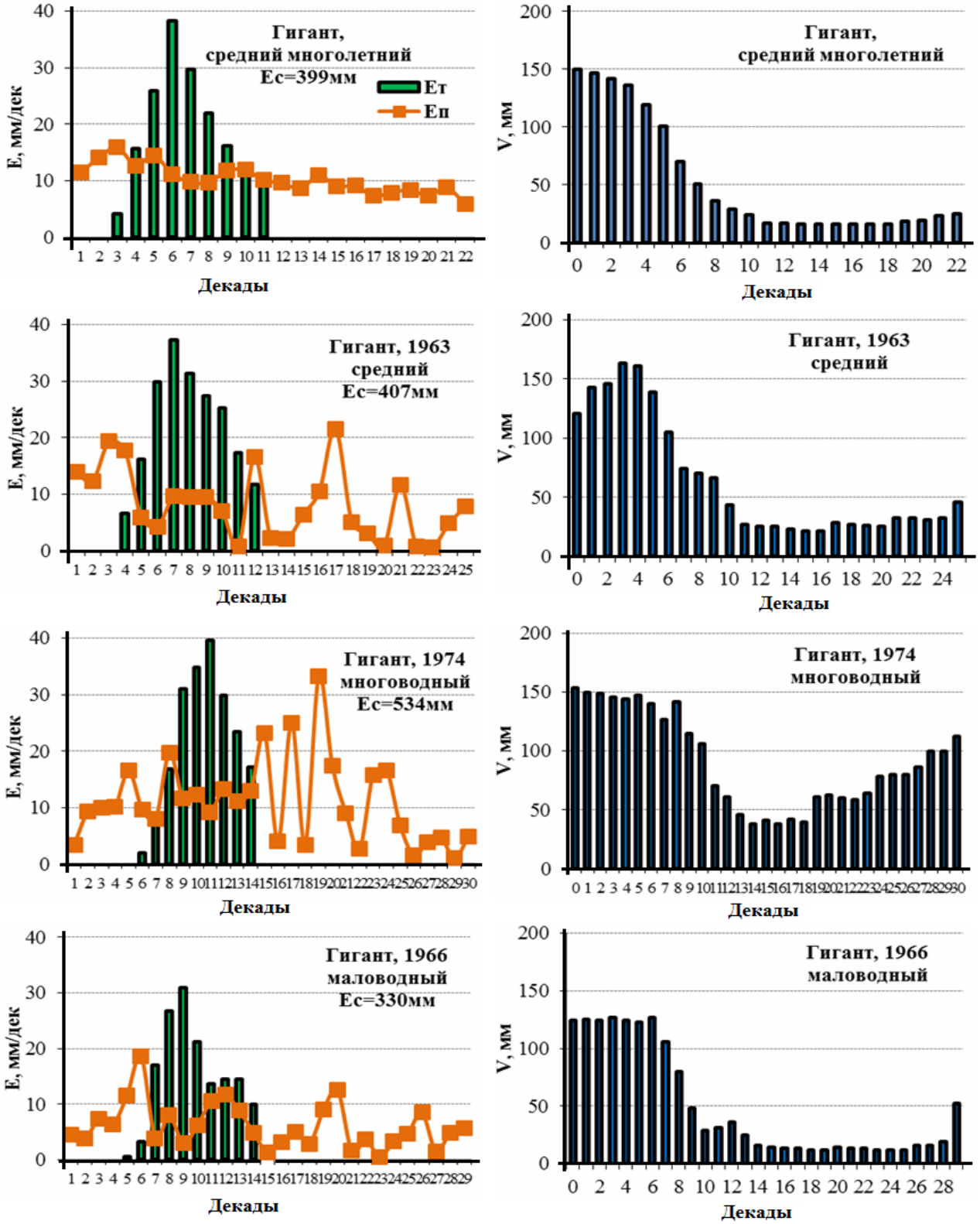


Рис. 4. Динамика декадных величин транспирации E_T, испарение воды почвой $E_П$, и продуктивных запасов воды V в метровом слое почвы полей яровой пшеницы в Гиганте в разные по водности годы. **Fig. 4.** Dynamics of decade values of transpiration E_T, soil evaporation $E_П$ and productive water reserve V in the one-meter-deep layer of soil on the spring wheat pastures in Gigant during the years with different water content.

Затем, по мере развития растительного покрова, начинается резкое уменьшение запасов воды в почве, которые достигают минимальных значений к концу июля – началу августа, то есть к моменту уборки урожая яровой пшеницы. Далее запасы воды в почве начинают медленно возрастать, достигая на момент перехода температуры воздуха через 0°С своих наибольших значений осенью. Но все же они остаются гораздо ниже весенних запасов воды в почве.

Во внутригодовом ходе запасов воды можно выделить два типа. Первый – это изменение запасов воды в почве за безморозный период на метеорологических станциях Безенчук и Гигант. В период от полного схода снежного покрова до появления всходов запасы воды в почве для трех разных по величине испарения лет довольно высокие, но различия по величинам не очень большие; в период же после уборки различия в запасах воды в почве становятся гораздо значительнее. Ко второму типу можно отнести изменения запасов воды в почве на станциях Ершов и Каменная Степь. До появления всходов на этих станциях в почвенных запасах воды для лет с разными величинами суммарного испарения наблюдаются довольно существенные различия. К моменту уборки эта разница становится намного меньше, а затем ко времени установления отрицательных температур воздуха осенью опять увеличивается, но не так значительно.

Внутригодовая динамика суммарного испарения и его составляющих за отдельные конкретные годы повторяет среднюю многолетнюю динамику этих элементов с той лишь разницей, что изменения исследуемых величин происходят не так плавно, как в многолетнем разрезе, и это вполне естественно.

Для конкретного среднего года, многоводного и маловодного, характерно довольно плавное изменение транспирации и импульсивный ход испарения воды почвой, который обусловлен выпадающими осадками. Различия в ходе суммарного испарения среднего конкретного года и многоводного незначительны и связаны главным образом с тем, что значения суммарного испарения и транспирации в вегетационный период по величине несколько выше в многоводный год, причем различия между транспирацией и испарением воды почвой в вегетационный период довольно значительны в обоих случаях. Значения транспирации в многоводный год могут достигать 53 мм в декаду (Ершов).

Продуктивные запасы воды в метровом слое почвы в многоводный год довольно высокие, и практически до середины июня их значения превышают критические, определяемые согласно формуле (22). Иными словами, в этот период посевы яровой пшеницы развиваются в условиях оптимального увлажнения, не испытывая недостатка влаги. В Ершове и Каменной Степи значения продуктивных запасов воды весной в многоводный год превышают значения полевой влагоемкости и составляют 209 и 256 мм соответственно. Уменьшение запасов прослеживается до сентября в Ершове и Гиганте, затем отмечается их увеличение до 73 и 112 мм соответственно к моменту наступления отрицательных температур воздуха осенью. В многоводный год в Безенчуке снижение продуктивных запасов происходит до июля, после чего отмечается их увеличение, и к концу безморозного периода они достигают 116 мм. В Каменной Степи они уменьшаются до августа, а затем до конца безморозного периода отмечается их постоянство на уровне около 30 мм.

Остановимся подробнее на анализе внутригодовой динамики запасов воды в почве и суммарного испарения в засушливые годы. Наиболее подвержены засухам сельскохозяйственные поля в Ершове. Расчеты показывают, что в Ершове при катастрофической засухе 1972 года суммарное испарение полей, занятых посевами яровой пшеницы, за безморозный период составило 141 мм, в том числе на долю транспирации пришлось всего 38 мм. Весь апрель продуктивные запасы воды в метровом слое почвы отмечались на уровне 40 мм, что гораздо ниже потребности посевов во влаге, а с июня по октябрь почва практически не содержала продуктивной влаги.

В Каменной Степи катастрофическая засуха пришлась на 1954 год. В апреле и мае продуктивные запасы воды в метровом слое почвы отмечались на уровне 50 мм, чего явно недостаточно для нормального произрастания и развития сельскохозяйственных культур. С июня по сентябрь запасы воды не превышали 20 мм. И это притом, что в Каменной Степи, проведена система агролесомелиоративных мероприятий, начатых В.В. Докучаевым и направленных на сохранение влаги на сельскохозяйственных полях, почвы на которых хорошо окультурены. В 1954 году в Каменной Степи суммарное испарение за безморозный период оценивается в 278 мм, транспирация – 76 мм.

Несколько иная динамика продуктивных запасов воды в почве в маловодные годы отмечается в Безенчуке и Гиганте. В Безенчуке наиболее засушливым является 1955 год. С момента всходов по май включительно запасы воды превышают критические и растения не испытывают недостатка влаги. С июня запасы быстро снижаются, и в период с июля по октябрь их значения составляют около 10 мм. Транспирация полей яровой пшеницы в 1955 году в Безенчуке составила 98 мм.

В Гиганте маловодным является 1966 год. С февраля по апрель наблюдались довольно высокие запасы воды в почве, превышающие 100 мм. Поэтому в начальные фазы развития посева (в апреле и начале мая) яровая пшеница не испытывала недостатка влаги. Затем запасы начали снижаться и с июля по ноябрь составили немногим более 10 мм. В период вегетации значения транспирации (за исключением начальных фаз развития, когда растения не образуют сомкнутый покров) превышали значения испарения воды почвой. Вид кривых испарения и транспирации в Гиганте повторяет конфигурацию аналогичных кривых за 1963 и 1974 годы с той лишь разницей, что абсолютные значения испарения и транспирации в маловодном году несколько ниже.

Выполненные расчеты составляющих суммарного испарения полей яровой пшеницы за безморозный период также позволили оценить, насколько эффективно расходуются запасы воды в почве. Данная оценка весьма актуальна, так как основные зернопроизводящие регионы России, расположенные в лесостепной и степной зонах, подвержены систематическим засухам, частым и интенсивным; рациональное использование запасов почвенных вод, в основе которого лежат приемы «сухого земледелия», может привести к получению достаточно высоких и устойчивых урожаев. Соотношение между значениями транспирации и испарения воды почвой полей яровой пшеницы за безморозный период в различные по водности годы представлены на рисунке 5, из которого видно, что практически повсеместно доля транспирации в суммарном испарении полей яровой пшеницы за безморозный период в исследуемом регионе не превышает 50%; а в засушливые годы в Ершове (1972 г.) и Каменной Степи (1954 г.) может снижаться и вовсе до 27%.

Заключение

Безморозный период – это период интенсивного расходования влаги на испарение с сельскохозяйственных полей. При общей продолжительности безморозного периода исследуемой территории, составляющей 20-23 декады (в Гиганте 25-30 декад), период вегетации посевов яровой пшеницы лежит в пределах 8-10 декад.

Кривые распределения декадных значений испарения воды почвой, транспирации и продуктивных запасов воды в метровом слое почвы полей яровой пшеницы за безморозный период имеют общую конфигурацию с определенными различиями, обусловленными природно-климатическими условиями агрометеорологической станции, водностью года и характером выпадения осадков за безморозный период. Максимальные декадные значения суммарного испарения приходятся в большинстве случаев на третью декаду мая или первую декаду июня и составляют более 40 мм; максимум транспирации по времени совпадает с

максимумом суммарного испарения. В отдельные декады лет повышенной водности при хорошо развитых посевах почва практически полностью экранируется, что сводит испарение воды почвой практически к нулю. Такая ситуация наблюдалась в Ершове в третьей декаде июня 1952 года, когда транспирация и испарение воды почвой были равны 53 и 2 мм соответственно; в Каменной Степи в первой и второй декадах июля 1955 года при транспирации 46-45 мм испарение воды почвой составило 3 мм.

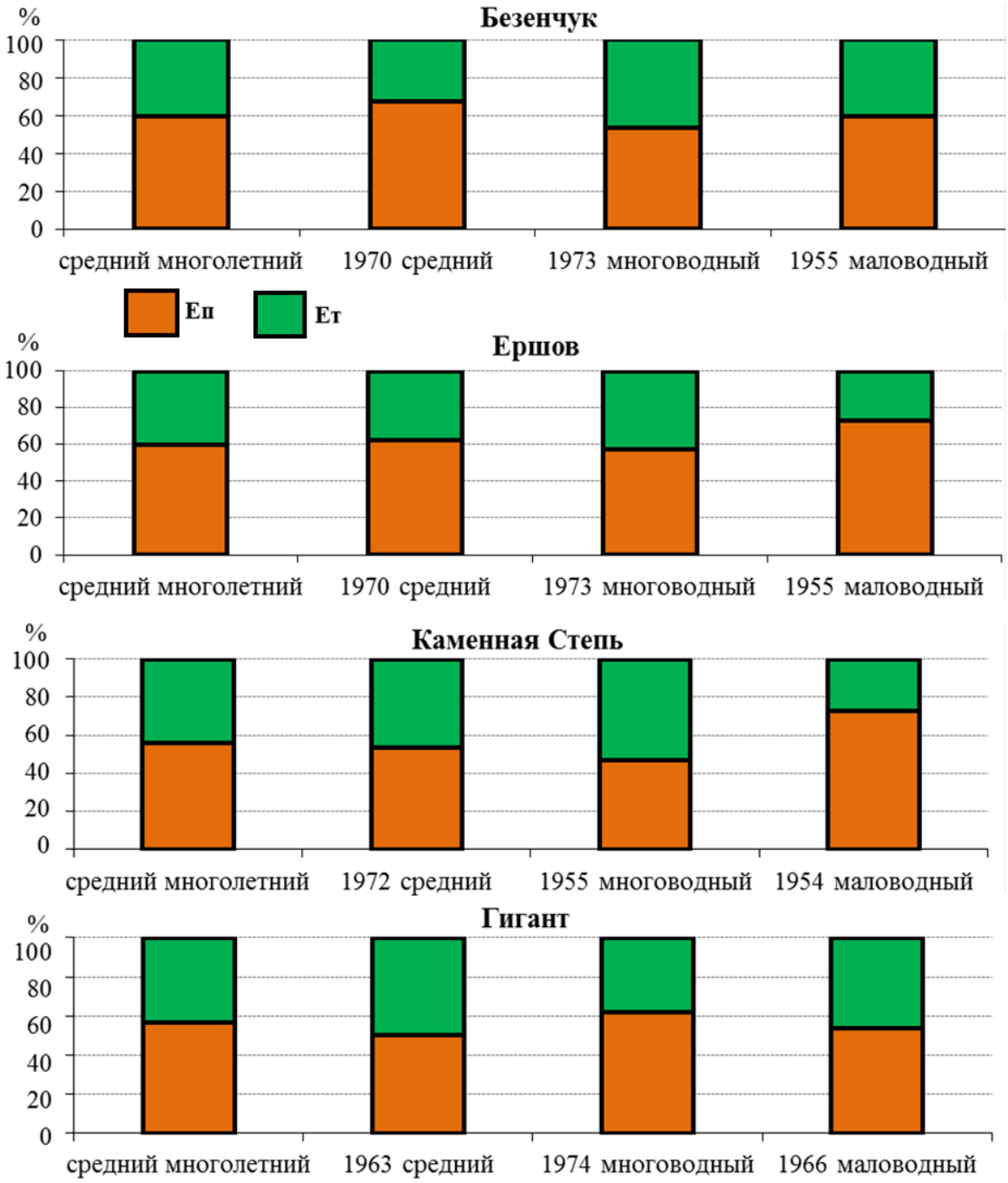


Рис. 5. Соотношение между значениями транспирации и испарения воды почвой полей яровой пшеницы за безморозный период в различные по водности годы. **Fig. 5**. Correlation between transpiration and soil evaporation values on the pastures of spring wheat during the frost-free period of the years with different water content.

Что касается всего безморозного периода, то в многоводные годы значения суммарного испарения полей яровой пшеницы находятся в пределах от 435 мм (Безенчук, 1973 г.) до 534 мм (Гигант, 1974 г.); в маловодные годы значения суммарного испарения лежат в диапазоне от 141 мм (Ершов, 1972 г.) до 330 мм (Гигант, 1966 г.). Транспирации посевов яровой пшеницы за период вегетации в многоводные годы изменяется на исследуемой территории в довольно узких пределах, а именно от 188 мм (Ершов, 1952 г.) до 244 мм (Каменная Степь, 1955 г.); значение транспирации в год катастрофической засухи в Ершове в 1972 году опускалось до 38 мм.

Иными словами, в основных зернопроизводящих регионах пороговые значения (пределы изменения) суммарного испарения с полей яровой пшеницы за безморозный период могут составить в многоводные годы 534 мм (Гигант, 1974 г.), снижаясь в маловодные до 141 мм (Ершов, 1972 г.); пороговые значения транспирации – это, соответственно, 244 мм (Каменная Степь, 1955 г.) и 38 мм (Ершов, 1972 г.).

В целом доля транспирации в суммарном испарении полей яровой пшеницы за безморозный период не превышает 50% и может снижаться до 27% в экстремально засушливые годы.

Приведенные оценки структуры суммарного испарения, а именно соотношение между испарением воды почвой и транспирацией, показывают крайне нерациональное расходование запасов почвенных вод полями яровой пшеницы, когда на формирование урожая (транспирацию) используется не более половины от общего расхода запасов почвенных вод на суммарное испарение. В то же время, имеют место значительные резервы повышения транспирации в случае применения агротехнических приемов по снижению испарения воды почвой. Уменьшение испарения воды почвой на определенную величину приводит к увеличению транспирации на ту же величину; при этом значения суммарного испарения остаются неизменными, изменяется лишь соотношение между испарением воды почвой и транспирацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алпатьев А.М. 1954. Влагооборот культурных растений. Л.: Гидрометеоиздат. 246 с.

Алпатьев С.М. 1965. О поливных режимах сельскохозяйственных культур // Орошаемое земледелие в Европейской части СССЗ. М.: Колос. С. 185-190.

Алпатьев А.М. 1969. Влагообороты в природе и их преобразование. Л.: Гидрометеоиздат. 323 с.

Будаговский А.И. 1964. Испарение почвенной влаги. М.: Наука. 242 с.

Будаговский А.И. 1981. Испарение почвенных вод // Физика почвенных вод. М.: Наука. С. 13-95.

Будаговский А.И., Шумова Н.А. 1976. Методы анализа структуры суммарного испарения и оценки эффективности его регулирования // Водные ресурсы. № 6. С. 83-98.

Будыко М.И. 1956. Тепловой баланс земной поверхности. Л.: Гидрометеоиздат. 254 с.

Будыко М.И. 1971. Климат и жизнь. Л.: Гидрометеоиздат. 472 с.

Бусарова О.Е., Гусев Е.М. 1995. Использование результатов моделирования изменения климата для оценки изменений суммарного испарения на территории Европы // Метеорология и гидрология. № 10. С. 29-34.

Бусарова О.Е., Шумова Н.А. 1987. Биометрические характеристики посевов некоторых сельскохозяйственных культур и их использование для расчетов испарения // Водные ресурсы. № 2. С. 130-135.

Вериго С.А., Разумова Л.А. 1973. Почвенная влага. Л.: Гидрометеоиздат. 328 с.

Гаевский В.Л. 1953. К вопросу о роли альбедо в формировании радиационного режима

поверхности // Труды ГГО. Вып. 39 (101). С. 150-163.
Гальперин Б.М. 1949. Радиационный баланс Нижнего Поволжья за теплый период // Труды ГГО. Вып. 18 (80). С. 61-86.
Данилова Н.А. 1965. Суммарное испарение с полей озимых и яровых культур за вегетационный период // Тепловой и радиационный баланс естественной растительности и сельскохозяйственных полей. М.: Наука. С. 117-126.
Зубенок Л.И. 1974. Испарение на территории Советского Союза // Влагооборот в природе и его роль в формировании ресурсов пресных вод. М.: Стройиздат. С. 100-113.
Константинов А.Р. 1968. Испарение в природе. Л.: Гидрометеоиздат. 532 с.
Константинов А.Р., Астахова Н.И., Левенко А.А. 1971. Методы расчета испарения с сельскохозяйственных полей. Л.: Гидрометеоиздат. 127 с.
Минаева Е.Н. 1975. Биологические характеристики хлопчатника // Мелиорация земель в Туркменистане. Вып. 2. С. 27-37.
Ничипорович А.А. 1956. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев // Тимирязевские чтения XI. М.: Изд-во АН СССР. 94 с.
Ничипорович А.А. 1961. О свойствах посевов растений как оптической системы // Физиология растений. Вып. 5. С. 536-546.
Ольдекоп Э.М. 1911. Об испарении с поверхности речных бассейнов. Т. 4. 209 с.
Росс Ю.К. 1975. Радиационный режим и архитектоника растительного покрова. Л.: Гидрометеоиздат. 342 с.
Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям. 1957. Л.: Гидрометеоиздат. 124 с.
Руководство по градиентным наблюдениям и определению составляющих теплового баланса. 1964. Л.: Гидрометеоиздат. 130 с.
Руководство по контролю и обработке наблюдений над фазами развития сельскохозяйственных культур. 1955. Л.: Гидрометеоиздат. 108 с.
Русин Н.Н. 1958. Радиационный баланс поля, засеянного зерновыми культурами // Труды ГГО. Вып. 77. С. 49-56.
Савина С.С. 1966. Определение площади листьев зерновых культур по материалам наблюдений агрометеостанций // Метеорология и гидрология. № 5. С. 50-51.
Самарина Н.Н. 1969. Методика и некоторые результаты исследований биометрической структуры посевов сельскохозяйственных культур // Известия АН СССР. Серия географическая. № 1. С. 106-114.
Струзер Л.Р., Русин Н.П. 1956. Сравнение различных методов определения испарения с сельскохозяйственных полей // Труды ГГИ. Вып. 57 (3). С. 93-124.
Тертерян Б.А. 1971. Методика и некоторые результаты исследований взаимосвязи между радиационным режимом и биометрической структурой растительного покрова // Биологический журнал Армении. Т. 24. № 2. С. 24-32.
Харченко С.И. 1975. Гидрология орошаемых земель. Л.: Гидрометеоиздат. 374 с.
Чирков Ю.И. 1965. Основы долгосрочного агрометеорологического прогноза урожая зерна кукурузы // Метеорология и гидрология. № 9. С. 3-7.
Шумова Н.А. 1994. Относительная площадь листьев в расчетах суммарного испарения посевов яровой пшеницы // Водные ресурсы. Т. 21. № 6. С. 697-703.
Шумова Н.А. 2003. Оценка точности модели для расчета динамики запасов воды в почве // Метеорология и гидрология. № 10. С. 124-133.
Шумова Н.А. 2004. Соотношение ресурсов тепла и влаги в лесостепной и степной зонах при возможном изменении климата // Материалы второй всероссийской научно-практической конференции «Эколого-географические исследования в речных бассейнах». Воронеж. С. 180-183.

Шумова Н.А. 2017. Методические подходы к оценке относительной площади листьев растений агроценозов // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 1. С. 74-92. [Электронный ресурс http://www.ecosystemsdynamic.ru (15.12.2017)].

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration. Rome. 300 p.

Carter T.R., Parry M.L., Nishioka S., Harasawa H. 1992. Preliminary Guidelines for Assessing Impacts of Climate Change. Environmental Change Unit, Oxford, United Kingdom, and Center for Global Environmental Research, Tsukuba, Japan. 28 p.

Monteith J.L. 1965. Evaporation and Environment // The State and Movement of Water in Living Organisms. Symposia of the Society for Experimental Biology. Vol. 19. New York, Academic Press. P. 205-234.

Monteith J.L. 1985. Evaporation from Land Surface: PROGRESS in analysis and Prediction Since 1948 // Advances in Evapotranspiration. Proceedings of the ASAE Conference on Evapotranspiration. Chicago, Ill. ASAE, St. Joseph, Michigan. P. 4-12.

Novak V. 1995. Impact of Climate Change upon the Annual Water Balance over Slovakia // Journal of Hydrology and Hydromechanics. Vol. 43. No. 1-2. P. 102-115.

Penman H.L. 1948. Natural Evaporation from Open Water, BARE SOIL and grass // Proceedings of the Royal Society of London. A193. P.120-146.

Penman H.L. 1956. Evaporation: an Introductory Survey // Netherlands Journal of Agricultural Science. Vol. 4. P. 9-29.

Philip J.R. 1957. Evaporation, and Moisture and Heat Fields in the Soil // Journal of Applied Meteorology and Climatology. Vol. 14. P. 354-366.

Thornthwaite C.W. 1948. An Approach toward a Rational Classification of Climate // Geography Revision Material. Vol. 38 (1). P. 55-94.

EVALUATION AND ANALYSIS OF EVAPORATION, TRANSPIRATION AND WATER RESERVE IN THE SOILS OF THE SPRING WHEAT PASTURES DURING THE FROST-FREE PERIOD OF THE YEARS WITH DIFFERENT WATER CONTENT

© 2018. N.A. Shumova

Water Problems Institute of RAS
Russia, 119333, Moscow, Gubkina Str., 3. E-mail: shumova_aqua@rambler.ru

The short review of the most common methods of evaporation measuring is presented in the article. We show how to calculate the total soil evaporation, its components, and the water reserve in the soils; we also describe the parameters of our information support. We indicate the dynamics of the decade values of soil evaporation on the spring wheat pastures during the frost-free period of the years with different water content in the main grain-producing regions of Russia. We evaluate the correlation between transpiration and soil evaporation during the same period.

Keywords: spring wheat, soil evaporation, transpiration, water reserve, dynamics, frost-free period.
DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10009

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2018, том 2, № 2, с. 89-99

ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 574.4+631.41+574.2

УСЛОВИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В БАЛКАХ ВТОРОЙ ТЕРРАСЫ ОЗЕРНЫХ ДЕПРЕССИЙ ГЛИНИСТОЙ ПОЛУПУСТЫНИ ЗАВОЛЖЬЯ

© 2018 г. А.В. Колесников, О.А. Бухарева, Н.П. Шабанова, А.В. Быков

Институт лесоведения РАН
Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-он, с. Успенское, ул. Советская, д. 21
E-mail: buola@yandex.ru

В условиях глинистой полупустыни Волго-Уральского междуречья естественные древесно-кустарниковые заросли имеют очень ограниченные возможности для произрастания. Это связано как с климатическими изменениями последнего столетия, так и с изменением характера антропогенного воздействия за последние 20 лет. При этом экологическая роль этих сообществ значительна, особенно в вопросах сохранения биологического разнообразия региона. Детальное изучение условий произрастания таких сообществ необходимо для дальнейшего прогнозирование их судьбы, а, следовательно, и участи многих видов животных региона, и для проектирования рекомендаций по поддержанию или восстановлению этих биотопов. В работе представлены результаты почвенных исследований и компьютерного моделирования участка наблюдения в Приэльтонье (Палласовский район, Волгоградская область). Балка «Ланцуг», для которой характерно как наличие древесно-кустарниковых зарослей, так и подходящие условия для гнездования дендрофильных видов птиц, врезается во вторую террасу оз. Эльтон и имеет глубину около устья 11.5 м. Борта и днище балки сложены однородными суглинистыми осадочными породами. Заросли в балке начинаются с глубины 6 м. Под ними формируются органо-аккумулятивные почвы однородного гранулометрического состава. Эти почвы промачиваются талыми водами на глубину 120-230 см и почти не засолены, что создает благоприятные условия для формирования кустарниковых сообществ, а лимитирует их произрастание доступность грунтовых вод для использования корневыми системами. Уровень и минерализация грунтовых вод повышается вниз по уклону балки. В результате ближе к устью распространение зарослей ограничивается высоким хлоридно-натриевым засолением близко залегающих грунтовых вод, а в верхней части – их недоступностью.

Ключевые слова: Волго-Уральское междуречье, глинистая полупустыня, органо-аккумулятивные почвы, химический состав почв, дендрофильные птицы, курганник *Buteo rufinus*, байрачные леса, полидоминантные древесно-кустарниковые заросли.
DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10010

В глинистой полупустыне Заволжья естественные древесно-кустарниковые сообщества, представленные приречными лесами, тамарисковыми зарослями и спирейниками, приурочены к различным понижениям рельефа и оказывают заметное влияние на население животных и фаунистическое богатство региона в целом (Динесман, 1958, 1960; Ходашова, 1960; Линдеман и др., 2005; Быков, 2010). Последствия антропогенного воздействия в первую очередь проявлялись в таких сообществах. К настоящему времени байрачные леса уничтожены полностью, тамарисковые сообщества находятся на грани исчезновения, а спирейники изменили свой естественный облик (Быков, Бухарева, 2016). В последние десятилетия наметилась гумидизация климата региона, интенсивность антропогенной нагрузки снизилась и ее характер изменяется (Сажин, 1993; Опарин, 2007; Сапанов, Сиземская, 2015). Это создает предпосылки для восстановления естественных древесно-кустарниковых сообществ и обуславливает необходимость изучения их современного состояния и условий произрастания (Линдеман и др., 2005; Быков, Бухарева, 2016).

Объекты и методы исследования

Материал собран на западе Волго-Уральского междуречья, на северном берегу оз. Эльтон (Палласовский район Волгоградской области; рис. 1). Глинистая полупустыня Волго-Уральского междуречья является восточным аридизированным продолжением европейской степи на границе с азиатскими степями и пустынями. Климат отличается резкой атмосферной засушливостью и безводностью. Испаряемость доходит до 1000 мм, среднегодовое количество осадков не превышает 300 мм, выпадающих преимущественно зимой (Биогеоценотические основы …, 1974; Доскач, 1979).

Здесь в озерных депрессиях на хорошо дренированных участках балок и в долинах речек на темноцветных, промытых овражно-аллювиальных почвах мощностью до 2 м еще 250 лет назад произрастали низкобонитетные байрачные леса с участием ветлы (*Salix alba*[1]), осокоря (*Populus nigra*), тополя белого (*P. alba*), осины (*P. tremula*), яблони ранней (*Malus praecox*) и других пород (Динесман, 1958, 1960). Эти леса обеспечивали существование в регионе характерного населения животных байрачного комплекса. Здесь гнездились утки-дуплогнездники (большой крохаль (*Mergus merganser*[2]), гоголь (*Bucephala clangula*), луток (*M. albellus*)), обитала ласка (*Mustela nivalis*), горностай (*M. erminea*), косуля (*Capreolus capreolus*) и другие виды (Динесман, 1960). Из-за длительного сухого периода, начавшегося в первой четверти XIX века, для большинства древесно-кустарниковых пород семенное возобновление оказалось возможным лишь в редкие, особенно влажные годы. В результате эти леса были быстро сведены человеком. На их месте сформировались полидоминантные кустарниковые заросли из жостера слабительного (*Rhamnus cathartica*), терна (*Prunus spinosa*), жимолости татарской (*Lonicera tatarica*), шиповника (*Rosa canina*), иногда с единичными яблонями, дикими грушами (*Pyrus communis*), с примесью ежевики (*Rubus caesius*) и крайне редко – с бересклетом бородавчатым (*Euonymus verrucosa*; Динесман, 1960; Быков, 2010; Быков, Бухарева, 2016).

Постоянно возрастающее хозяйственное воздействие и прежде всего вырубка, интенсивный выпас скота и пожары вели к деградации этих насаждений. В настоящее время в российской части Волго-Уральского междуречья кустарниковые сообщества байрачного типа сохранились преимущественно на северо-западном побережье оз. Эльтон, на территории ООПТ «Природный парк «Эльтонский». Здесь пространства широких междуречий на уровне второй террасы расположены на абсолютной высоте около 0 м н.у.м. БС, а устья соленых речек – на высоте около 15 м н.у.м. БС. На северо-западном побережье отмечено лишь 18 балок с участками насаждений площадью от 100 до 3500 м^2. Длина большинства балок – от нескольких сот метров до одного километра, и лишь у двух наиболее старых она превышает 2 км. Глубина врезки в местах формирования кустарниковых зарослей составляет от 4 до 12 м (Быков, Бухарева, 2016).

Некоторые из балок изучали еще в конце 1940-х гг. (Динесман 1960; Ходашова, 1960). В 1960-1970-х их обследовали В.А. Лопушков и Г.В. Линдеман. Мониторинг населения позвоночных животных и состояния кустарниковых зарослей начал А.В. Быков в 1985 г., а с 2008 г. его продолжили другие сотрудники Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН. Очевидно, что для озерных депрессий со значительными перепадами высот, расчлененными берегами, развитой балочной системой характерны различные варианты условий произрастания полидоминантных кустарниковых сообществ, зависящие от местоположения балки, ее развития на первой или второй террасе озера, глубины, возраста и подстилающих пород.

[1] Латинские названия растений даны по работе С.К. Черепанова (1995).
[2] Латинские названия животных даны по работе В.Е. Соколова (1984).

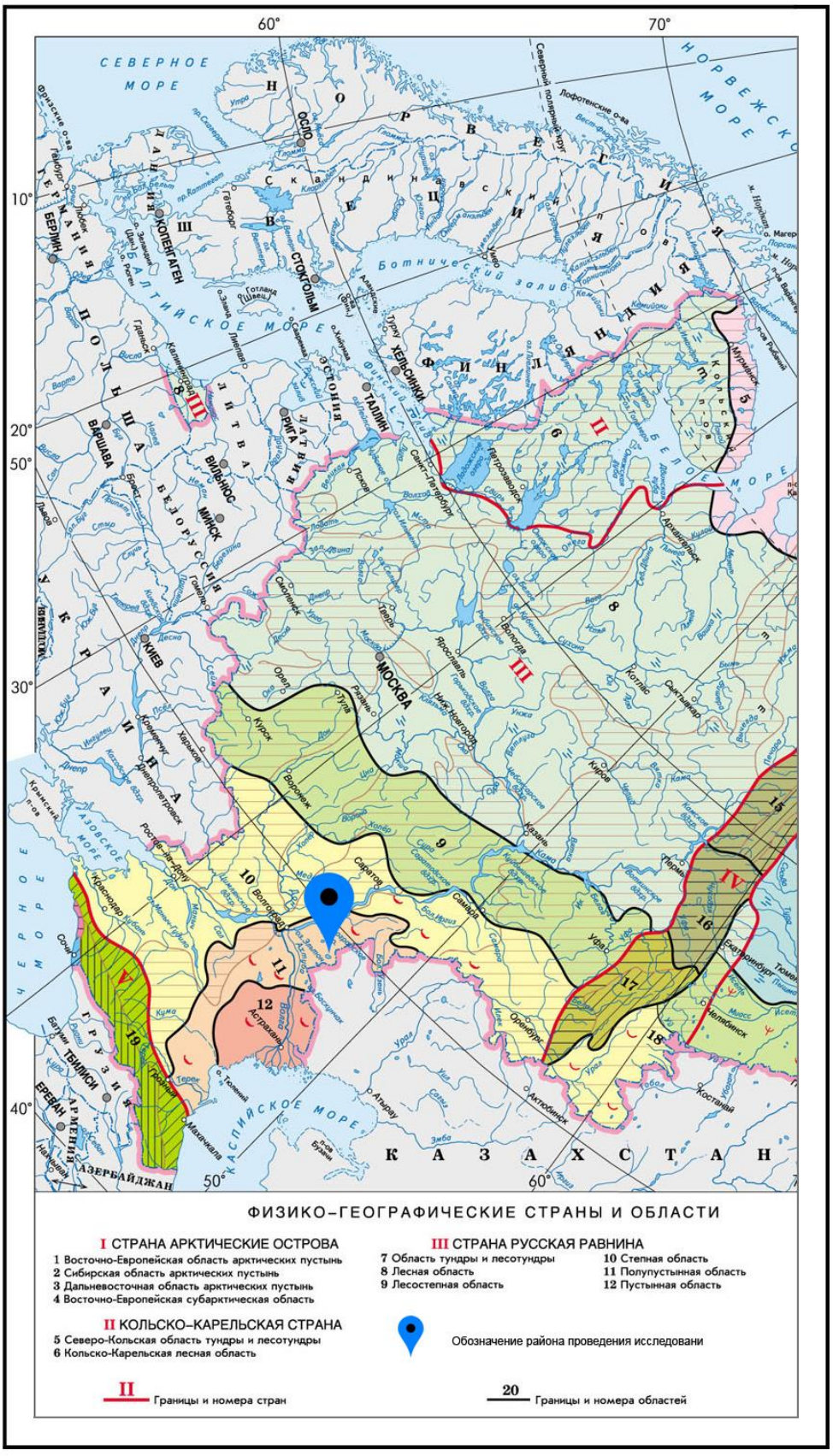


Рис. 1 Карта с местом проведения работ. **Fig. 1.** Map showing the location of researches.

Эти условия определяют возраст сообщества, размер и положение занятой кустарниками площади и, соответственно, возможность использования кустарников лесными и дендрофильными видами. Например, в древних балках с широким выположенным дном, где кустарниковые заросли образуют единый массив, занимающий все поперечное пространство днища, слетки крупных хищных птиц, покидая гнездо, рискуют зависнуть в переплетении ветвей, а в балках с крутыми или обрывистыми берегами им трудно выбраться на равнину (Быков, Бухарева, 2018).

Исследуемая балка «Ланцуг» расположена на левом берегу одноименной реки. В 2013 г. здесь проведена теодолитная съемка участка, занятого древесно-кустарниковой растительностью, и заложены буровые скважины до глубины 4.5 м либо до уровня грунтовых вод (УГВ). Протяженность профиля составляет 202 м (рис. 2 А), а перепад высот – 8 м. Здесь заложены 4 скважины, грунтовые воды вскрыты на двух из них (скв. 3, 4). Скважины располагались по линии тальвега балки по следующей схеме: выше насаждения под травяной растительностью – на границе травяной растительности и зарослей – внутри зарослей – в низовьях балки. Грунтовые воды отбирались в начале мая и в конце июня 2013-2014 гг., а также в сентябре 2014 г. В образцах почвы из скважин исследована влажность. Анализ грунтовых вод выполняли общепринятыми методами (Воробьева, 1998), концентрацию иона SO_4^{2-} определяли по Комаровскому (Гедройц, 1955). В связи с тем, что исследуемый участок находится на особо охраняемой природной территории, почвенные разрезы не закладывались. Обработка теодолитных измерений и построение цифровой модели участка наблюдений и профилей проводились в программе IndorCAD.

Результаты и обсуждение

Специфика рассматриваемой балки определяется тем, что практически на всем своем протяжении она пересекает вторую озерную террасу с равномерно залегающими здесь суглинистыми осадочными породами. Отсутствие песчаных прослоек приводит к тому, что склоны балки не обрывисты (рис. 2 Б, В) и поросли разреженной травяной растительностью.

Балка относительно короткая, ее длина составляет 652 м. В нижней трети днища начинается промоина в виде канавки глубиной 1.5 м. По мере продвижения к устью ширина промоины увеличивается: в верхней части она составляет 1.1 м, внутри насаждения – 2.0-2.5 м, местами расширяясь до 4 м. При впадении в долину ширина промоины совпадает с днищем балки (рис. 3). Кустарники приурочены к бровкам и склонам промоины и лишь перед самой долиной выходят на днище, так как склоны промоины оголены и только на них возможно семенное возобновление жостера, чья поросль при конкуренции со злаками или другими травянистыми растениями теряет до 50% в росте и биомассе (Knight et al., 2007).

Кустарниковые заросли формируются в нижней глубокой части балки (глубина от 6 до 11.5 м), начинаясь в 200 м от ее устья, и тянутся до конца второй надпойменной речной террасы. Протяженность плотного массива кустарниковых зарослей составляет 85 м, а площадь – 360 м^2. В верхней части насаждение состоит из терна, в средней – из жостера и жимолости татарской, в нижней – только из жостера слабительного. Снаружи кустарниковый массив окаймлен миндалем низким (*Amygdalus nana*) и шиповником. После выхода балки в долину ее днище занимают заросли тростника, в котором встречаются единичные кусты жостера высотой 1.8 м. Вокруг самого устья разбросаны отдельные кусты селитрянки, не образующие сомкнутого массива.

В середине 1980-х годов кустарниковое сообщество представляло собой узкий плотный массив с сомкнутостью крон 1.0. В результате резко усиливавшегося выпаса скота уже в начале 1990-х появились тропы, пересекающие насаждение, а внутри него проплешины – места лежки коров. Сомкнутость крон снизилась до 0.8. К 2002 г. высота кустов жостера

составляла 3 м, а у отдельных стволов достигала 3.5 м, диаметр стволов у комля – 12 см. У некоторых жимолостей высота стволов превышала 4 м (причем их вершины постоянно обламывались), а диаметр стволов у комля превышал 30 см.

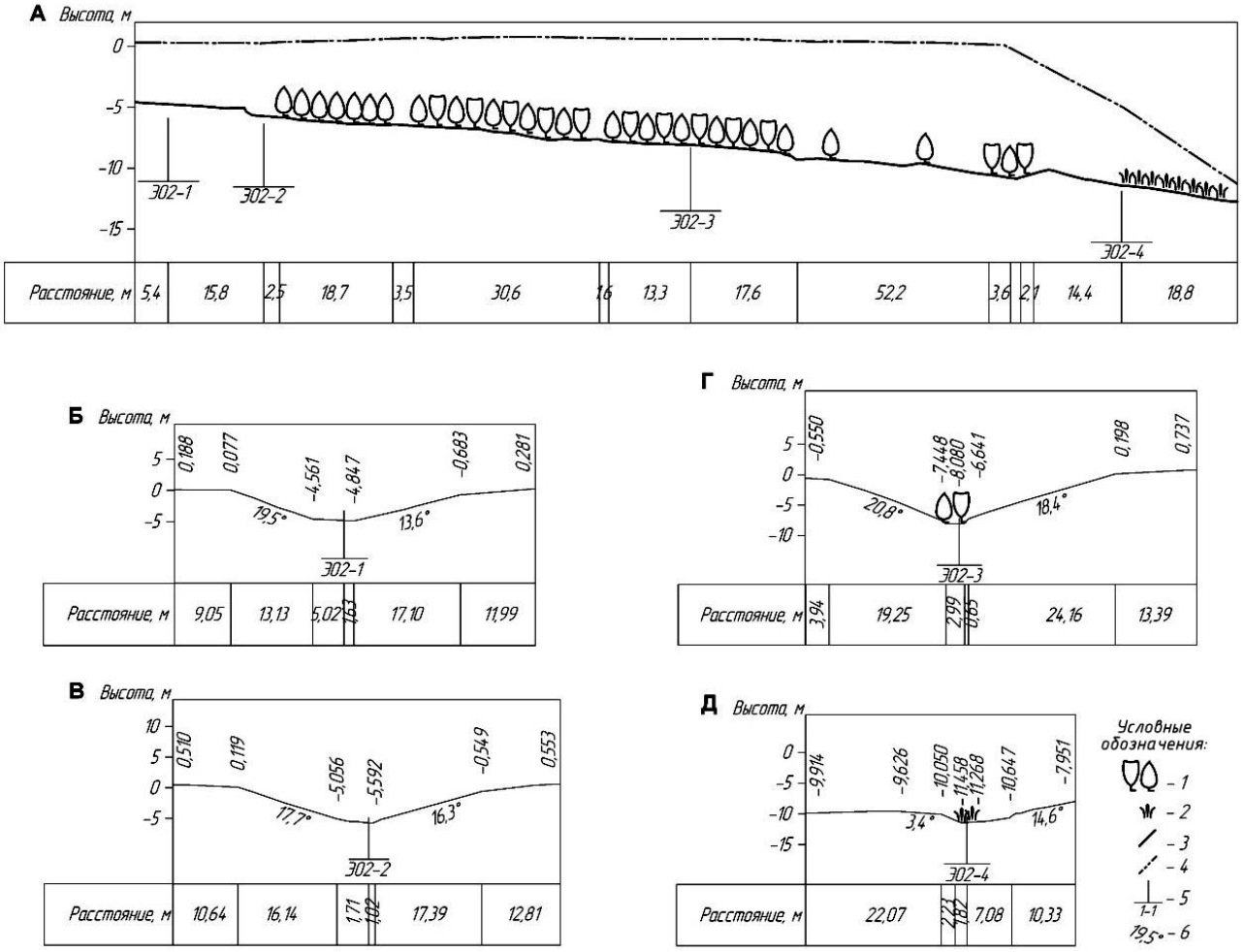


Рис. 2. Продольный (А) и поперечные (Б, В, Г, Д) профили через балку «Ланцуг». *Условные обозначения:* 1 – кусты терна, жостера и жимолости, 2 – тростник, 3 – линия профиля, 4 – линия профиля по берегу, 5 – указатель скважины и ее номер, 6 – уклон поверхности, град.
Fig. 2. Longitudinal (А) and transversal (Б, В, Г, Д) profiles across the ravine “Lantsug”. *Legend:* 1 – black thorn, buckthorn and honeysuckle shrubs, 2 – reed, 3 – profile line, 4 – profile line on the shore, 5 – mark of the well and its number, 6 – surface slope, deg.

В 2002 г. по этим зарослям прошел пожар, охвативший большую часть Приэльтонья. Плотные массивы полидоминантных кустарников обладают механизмами, которые обуславливают их устойчивость к огню. Загораются, а иногда и полностью сгорают краевые кусты, окруженные травами, и нижняя часть кустарникового массива, поросшая тростником. В плотных кустарниковых зарослях жостера отсутствует травяная ветошь, которая легко воспламеняется, а плотная, довольно быстро перерабатывающаяся подстилка медленно тлеет. В результате огонь не охватывает высокоствольные кусты, но их основания повреждаются. Такие растения уже не плодоносят, многие побеги продолжают вегетировать еще несколько лет, но листва на них разрежена. Окончательно такие кусты гибнут на 8-10 год, но сухие стволики стоят еще 3-4 года. Наличие многочисленных почек

возобновления, расположенных на горизонтальной части корневищ, погребенных в почве, обеспечивает быстрое и обильное порослевое возобновление. Уже в 2013 году в восстанавливающихся насаждениях высота кустов достигала 2.2 м при диаметре крон до 1.5 м (Быков и др., 2013).

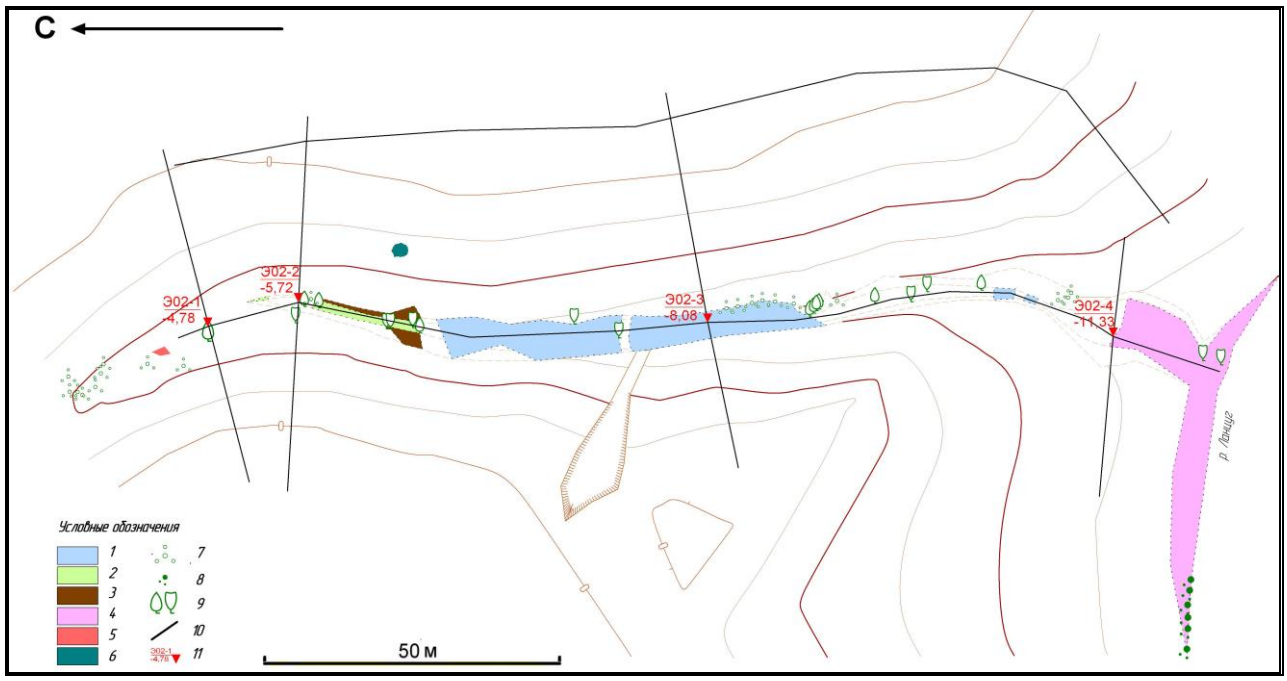


Рис. 3. Картосхема балки «Ланцуг». *Условные обозначения:* 1 – смешанные заросли из терна, жостера и жимолости, 2 – заросли терна, 3 – остатки стволов и мертвые кусты, 4 – заросли тростника, 5 – заросли шиповника, 6 – куртины спиреи, 7 – отдельные кусты спиреи, 8 – кусты селитрянки, 9 – отдельно стоящие кусты терна, жостера или жимолости, 10 – линия профиля, 11 – скважина, ее номер и абсолютная высота. **Fig. 3.** The base map of the ravine “Lantsug”. *Legend:* 1 – polydominant shrubberies of black thorn, buckthorn and honeysuckle, 2 – black thorn shrubberies, 3 – remains of stems and dead bushes, 4 – reedbeds, 5 – brier thicket, 6 – spirea thicket, 7 – single spirea, 8 – niterbush, 9 – single bushes of black thorn, buckthorn and honeysuckle, 10 – profile line, 11 – mark of the well, its number and absolute height.

Почвы в исследованной балке характеризуются относительно однородным суглинистым гранулометрическим составом. Почвенный профиль имеет вид AJ-C, где палево-серый гумусовый горизонт мощностью 5-7 см подстилается охристо-палевой почвообразующей породой, что позволяет отнести их к отделу органо-аккумулятивных почв. В целом, похожий почвенный профиль сформировался в течение 30 лет на территории Джаныбекского стационара в искусственно созданном мезопонижении, заселенном самосевом древесно-кустарниковой растительности (Соколова и др., 2013). В тоже время почвы балки имеют отличия: верхний горизонт под насаждениями здесь часто повреждает скот, вследствие чего верхние 10 см почвенно-грунтовой толщи оказываются перемешанными и представляют собой рыхлую комковато-порошистую массу и профиль принимает вид [AJ]tr-C. В нижней части балки при близком залегании грунтовых вод (ГВ) нижние слои почвы несут признаки оглеения в виде сизой окраски и появления ржавых железистых пятен (скв. 4). Весной 2013 г. почва верхней части кустарникового массива промачивалась талыми водами на глубину 120-230 см, ниже располагался иссушенный горизонт, мощность которого зависит от глубины залегания подземных грунтовых вод, а также гранулометрического состава почвенно-

грунтовой толщи. У верхней границы массива грунтовые воды располагаются ниже отметки 440 см, а иссушенный горизонт залегал на глубине 240-410 см. Под самими кустарниками грунтовые воды вскрываются на глубине от 2.10-2.2 м (скв. 3), а в самой нижней части насаждений (скв. 4) – на глубине 0.72-2.0 м (табл. 1).

Таблица 1. Минерализация и состав грунтовых вод под древесно-кустарниковыми сообществами в балке «Ланцуг». **Table 1.** Mineralization and composition of the ground waters under the shrubberies in the ravine “Lantsug”.

Скважина	Дата отбора	УГВ, м	Минерализация, г/л	Концентрация ионов, ммоль-экв/л						
				CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
3	05.13	2.10	3.77	0.40	5.60	29.60	23.50	10.50	8.00	40.60
	06.13	2.12	4.02	0.20	9.00	29.60	23.00	10.00	7.50	44.30
	05.14	2.11	3.50	0	28.40	13.80	6.00	10.00	8.00	30.20
	06.14	2.11	3.56	0	31.40	16.60	2.00	3.50	16.50	30.00
	09.14	2.20	3.47	0	12.20	27.00	13.50	14.50	4.50	33.70
4	05.13	0.72	3.79	0.60	8.40	28.60	20.50	3.00	6.50	48.60
	06.13	2.00	5.78	0.60	14.40	44.20	29.00	8.00	7.50	72.70
	05.14	0.83	5.55	0	30.60	36.40	15.00	8.50	17.00	56.50
	06.14	1.03	6.11	0	42.40	36.60	8.50	8.00	15.00	64.00
	09.14	0.95	5.41	0	11.20	45.00	27.50	10.00	7.50	66.20

Уровень и минерализация грунтовых вод повышаются от верхних к нижних позициям. В балке «Ланцуг» грунтовые воды характеризуются хлоридно-сульфатно-натриевым составом солей и невысокой минерализацией. В течение сезона минерализация здесь мало меняется, что связано с небольшим расходом воды узкого, фактически линейного насаждения и быстрым поступлением ГВ из-под вышележащих участков вследствие большого уклона самой балки. В июне 2013 г. уровень грунтовых вод и минерализация в средней части балки (скв. 3) практически не изменились. В ее нижней части (скв. 4) УГВ понизился на 1.3 м, а минерализация возросла на 66%, при этом в составе солей возросла доля хлоридов, а химизм вод изменился на хлоридно-натриевый. Резкое снижение УГВ здесь связано с интенсивным потреблением влаги тростником.

Весной 2014 г. существенно повысилась общая минерализация ГВ в скважине 4 по сравнению с весенними значениями предыдущего года (табл. 1). Это связано с малоснежной зимой 2013-2014 гг., вследствие которой ГВ не получили подпитку талыми водами в весенний период. Наибольших величин (3.56-6.11 г/л) минерализация достигла в июне, а к сентябрю несколько снизилась до 3.47-5.41 г/л. Осеннее снижение минерализации связано с окончанием вегетации древесно-кустарниковой растительности, уменьшением потребления ГВ и подтоком последних с вышележащих позиций, где их минерализация ниже по сравнению с нижележащими. В целом, сезонная динамика минерализации ГВ в исследуемых скважинах сходна: минимальные значения минерализации наблюдаются весной, к лету достигая максимума и несколько снижаясь в сентябре. Более выраженные колебания минерализации в скважина 4 по сравнению со скважиной 3 связаны с разным высотным положением, влиянием поверхностного стока, а также разным залеганием УГВ и сезонной динамикой засоления-рассоления почв. Скважина 4 отражает полностью гидроморфный режим почв, в то время как скважина 3 – полугидроморфный.

Анализ солевого состояния почв (табл. 2) показывает, что почвы исследуемой балки практически не засолены – сумма солей в верхней трехметровой (либо до УГВ) толще не

превышает показателей 0.06-0.14 г/100 г для почв под древесно-кустарниковыми насаждениями. Это позволяет отнести их к практически незасоленным либо имеющим слабую степень засоления (Ковда и др., 1960). При этом весной 2013 года во всех скважинах наблюдалось некоторое снижение засоления в верхней 20-60-сантиметровой толще, связанное с промывкой верхней части почвенного профиля талыми водами.

Таблица 2. Содержание легкорастворимых солей в почвах балки «Ланцуг» в мае 2013 г.
Table 2. Highly soluble salts content in soils of the ravine "Lantsug" in May, 2013.

Глубина, см	Сумма солей, %			
	Скважина 1	Скважина 2	Скважина 3	Скважина 4
0-20	0.115	0.059	0.102	0.112
20-40	0.111	0.110	0.081	0.102
40-60	0.102	0.108	0.101	0.130
60-80	0.130	0.107	0.089	0.246
80-100	0.127	0.082	0.074	0.314
100-120	0.121	0.080	0.089	0.279
120-140	0.136	0.087	0.091	
140-160	0.116	0.095	0.095	
160-180	0.110	0.095	0.084	
180-200	0.103	0.097	0.092	
200-220	0.122	0.089	0.092	
220-240	0.132	0.110	0.140	
240-260	0.115	0.121	0.077	
260-280	0.074	0.117	0.089	
280-300	0.077	0.105	0.070	

Столь низкое содержание в почве легкорастворимых солей создает благоприятные условия для произрастания древесно-кустарниковых насаждений. Лимитирующим фактором для их распространения выступает доступность грунтовых вод для использования их корневыми системами (напомним, что на верхней границе кустарникового массива уровень грунтовых вод не был вскрыт на глубине 4.5 м).

По всей протяженности балки в составе анионов преобладает гидрокарбонат-ион (лишь в нижних слоях в точке 4 – хлориды), а в составе катионов – ионы кальция и натрия. Повышение содержания легкорастворимых солей в почвах нижней части связано с более высоким уровнем ГВ и их большей минерализацией по сравнению с вышележащими позициями: профиль почвы постоянно находится в зоне капиллярной каймы.

Весеннее распределение влаги в балках под древесно-кустарниковой растительностью зависит от условий снегозадержания и перевода поверхностного стока во внутрипочвенный, а также от литологического строения почвенно-грунтовой толщи. В условиях относительно однородного суглинистого гранулометрического состава и близкого залегания грунтовых вод задержание снега древесно-кустарниковой растительностью и перехват поверхностного стока талых вод обеспечивают сквозное промачивание почвенного профиля, его влагозарядку и промывку от легкорастворимых солей. В верхней части этих насаждений почва промачивается талыми водами на глубину 120-230 см. Ниже располагается

иссушенный горизонт, мощность которого зависит от глубины залегания грунтовых вод.

Таким образом, в регионе с нерегулярным поступлением атмосферной влаги и частыми засухами существование древесно-кустарниковой растительности лимитируется доступностью слабоминерализованных грунтовых вод. В целом, их минерализация под исследованными насаждениями составляет 2.71-8.46 г/л, что позволяет отнести их к слабо- и умеренно-солоноватым (Шварцев, 1996). Под насаждениями ГВ вскрываются на глубине менее 3 м и доступны для корневых систем произрастающих здесь видов, имеющих смешанный или вертикальный тип корневой системы, проникающей на глубину до 2.5 м (Динесман, 1960). Таким образом, если верхняя граница распространения насаждений в балке определяется глубоким залеганием ГВ (ниже 450 см) и наличием иссушенного горизонта на глубине 240-410 см, то нижняя – лимитируется близостью ГВ, ростом их засоления и увеличением содержания в них ионов хлора и натрия.

Отметим, что специфика рассматриваемой балки с точки зрения пригодности для гнездования здесь крупных хищных птиц определяется тем, что на всем своем протяжении балка не имеет обрывистых склонов. Их крутизна в зоне насаждений изменяется от 21° до 12°, а уклон днища самой балки – от 2° до 1°. Кроме того, в верхней части профиля длина склонов составляет 13-15 м, тогда как в нижней – 20-30 м (рис. 2 Б, В, Г, Д). Полоса кустарников тянется здесь узкой полосой в нижней части днища, причем ширина ее не превышает 6.8 м в том случае, когда граница зарослей распространяется на все днище. В таких условиях слетки крупных хищных птиц, покидая гнездо, не рискуют зависнуть в переплетении ветвей (Быков, Бухарева, 2018). Передвигаясь вдоль насаждения, они с легкостью находят затененные убежища, а в случае необходимости могут выбраться на равнину как по склонам, так и двигаясь вверх по балке. И действительно, с начала 1980-х гг. в балке «Ланцуг» неоднократно гнездились степные орлы и курганники.

Выводы

1. Балка «Ланцуг» пересекает второю террасу оз. Эльтон с равномерно залегающими суглинистыми осадочными породами. Древесно-кустарниковые заросли приурочены к ее нижней части, где она врезана на глубину 6-11.5 м. Почвы здесь имеют однородный гранулометрического состав.

2. Органо-аккумулятивные почвы под зарослями промачиваются талыми водами на глубину 120-230 см и практически не засолены. Низкое содержание в почве легкорастворимых солей создает благоприятные условия для формирования древесно-кустарниковых насаждений, а лимитирующим фактором их произрастания выступает доступность грунтовых вод для использования их корневыми системами.

3. Низкая минерализация грунтовых вод позволяет древесно-кустарниковым породам потреблять влагу непосредственно из них. Высокий (около 3 м) уровень залегания ГВ под насаждениями обеспечивает капиллярной влагой почти весь почвенный профиль. Уровень и минерализация грунтовых вод увеличивается от наиболее повышенных к пониженным позициям, распространение насаждений по балке в нижней части ограничено высоким хлоридно-натриевым засолением близко залегающих грунтовых вод, а в верхней части – их недоступностью.

4. Балки, у которых борта и днище сложены однородными суглинистыми осадочными породами, имеют относительно некрутые склоны и максимально удобны для гнездования дендрофильных крупных хищных птиц.

Благодарность. Авторы выражают благодарность руководству ГБУ Волгоградской области Природного парка «Эльтонский» за содействие в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Биогеоценотические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. 1974. М.: Наука. 360 с.

Быков А.В. 2010. Значение древесно-кустарниковой растительности для позвоночных животных глинистой полупустыни Заволжья // Аридные экосистемы. Т. 16. № 5. С. 90-97.

Быков А.В., Бухарева О.А. 2016. Современное состояние кустарниковой растительности байрачного типа в окрестностях оз. Эльтон // Аридные экосистемы. Т. 22. № 1 (66). С. 70-76.

Быков А.В., Бухарева О.А. 2018. Гнездование курганника (*Buteo rufinus*, *Accipitriformes*, *Accipitridae*) в естественных древесно-кустарниковых сообществах глинистой полупустыни Заволжья // Зоологический журнал. Т. 97. № 5. С. 1-9.

Быков А.В., Бухарева О.А., Колесников А.В. 2013. Воздействие пожаров на естественные терновники озерных депрессий Северо-Запада Прикаспийской низменности // Лесоведение. № 2. С. 31-37.

Воробьева Л.А. 1998. Химический анализ почв. М. 272 с.

Гедройц К.К. 1955. Избранные сочинения. В 3-х томах / Ред. Н.П. Ремезов. Химический анализ почвы Т. 2. М.: Сельхозгиз. 616 с.

Динесман Л.Г. 1958. К истории древесно-кустарниковой растительности междуречья Урала и Волги // Труды Института леса АН СССР. Т. 38. С. 171-181.

Динесман Л.Г. 1960. Изменение природы северо-запада Прикаспийской низменности. М.: Изд-во АН СССР. 160 с.

Доскач А.Г. 1979. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука. 142 с.

Ковда В.А., Егоров В.В., Муратова В.С., Строгонов Б.П. 1960. Классификация почв по степени и качеству засоления в связи с солеустойчивостью растений // Ботанический журнал. Т. 45. № 8. С. 1123-1131.

Линдеман Г.В., Абатуров Б.Д., Быков А.В., Лопушков В.А. 2005. Динамика населения позвоночных животных заволжской полупустыни. М.: Наука. 252 с.

Опарин М.Л. 2007. Антропогенная трансформация и естественное восстановление биоты сельскохозяйственных ландшафтов Нижнего Поволжья и Закавказья. Дисс. … док. биол. наук. М. 340 с.

Сажин А.Н. 1993. Природно-климатический потенциал Волгоградской области. Научное исследование природно-климатических ресурсов области за 100-летний период. Волгоград: Изд-во ВСХИ. 28 с.

Сапанов М.К., Сиземская М.Л. 2015. Изменение климата и динамика целинной растительности в Северном Прикаспии // Поволжский экологический журнал. № 3. С. 307-320.

Соколов В.Е. 1984. Пятиязычный словарь названий животных. Млекопитающие. Латинский, русский, английский, немецкий, французский. М.: Русский язык. С. 352.

Соколова Т.А., Толпешта И.И., Сиземская М.Л., Сапанов М.К., Колесников А.В. 2013. Начальные стадии почвообразования на днище искусственного понижения тридцатилетнего возраста в условиях полупустыни // Почвоведение. № 8. С. 899-910.

Ходашова К.С. 1960. Природная среда и животный мир глинистых полупустынь Заволжья. М.: Изд-во АН СССР. 140 с.

Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья-95. С. 990.

Шварцев С.Л. 1996. Общая гидрогеология. М.: Недра. 414 с.

Knight K.S., Kurylo J.S., Endress A.G., Stewart J.R., Reich P.B. 2007. Ecology and Ecosystem Impacts of Common Buckthorn (*Rhamnus cathartica*): a Review // Biological Invasions. Vol. 9. P. 925-937.

TREE AND SHRUBS GROWTH CONDITIONS IN THE RAVINES OF SECOND TERRACES OF LAKE DEPRESSIONS IN THE CLAY SEMI-DESERT TRANSVOLGA

© 2018. A.V. Kolesnikov, O.A. Bukhareva, N.P. Shabanova, A.V. Bykov

Institute of Forest Science of RAS
Russia, 143030, Moscow Region, Odintsovo District, Uspenskoye, Sovetskaya Str., 21
E-mail: buola@yandex.ru

The natural shrubberies have very limited opportunities for growth in the clay semi-desert of the Volga-Ural interfluve. This is due both to the climatic changes of the last century, and to the changes in the anthropogenic impact pattern over the past 20 years. At the same time, the ecological role of these communities is significant, especially for the conservation of the local biological diversity. A detailed study of the growth conditions for such communities is necessary to predict their future, and therefore the future of many animal species, and for the design of recommendations for the maintenance or restoration of these biotopes. The paper presents the results of soil studies and computer modeling of the observation site near Elton Lake (Pallasovsky District, Volgograd Region). The "Lantsug" ravine is characterized by the presence of shrubberies, as well as the suitable conditions for the nesting dendrophilous bird species. It cuts into the second terrace of Elton Lake and is 11.5-meters deep near the mouth. Its beads and bottom are composed of homogeneous loamy sediments. The shrubberies in the ravine appear at a depth of 6 m. Organic-accumulative soils of homogeneous granulometric composition are formed below them. These soils are soaked with melt water to a depth of 120-230 cm and are barely saline, which creates favorable conditions for the formation of shrub communities. The limiting factor for their growth is groundwater availability for their root systems. The level and mineralization of groundwater rises downward along the slope of the girder. As a result, the distribution of shrubberies closer to the mouth is limited by the high chloride-sodium salinization of nearby groundwater, and in the upper part – by their inaccessibility.

Keywords: Volga-Ural interfluve, clay semi-desert, organic-accumulative soils, soil chemical composition, ravine forest, dendrophilous birds, long-legged buzzard *Buteo rufinus*.
DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10010

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2018, том 2, № 2, с. 100-126

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОХРАНА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 528.9:574.9

КАДАСТРОВО-СПРАВОЧНЫЕ КАРТЫ – ОСНОВА СОЗДАНИЯ КАРТ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АРЕАЛОВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

© 2018 г. Л.Г. Емельянова, А.С. Оботуров

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1
E-mail: biosever@yandex.ru, phantom-91_91@mail.ru

В настоящее время изученность многих видов и целых систематических групп животных достигла стадии картографической зрелости. Исследование видовых ареалов выходит на новый информационный уровень. От анализа распространения вида, кружева ареала, изучения его границ наметился переход к исследованию эколого-географической структуры видовых ареалов. Важнейший метод в исследовании пространственной структуры ареалов − картографический. В статье представлена методика составления кадастрово-справочных карт, ориентированных на создание карт эколого-географической структуры ареалов. Исходным и очень важным этапом составления карт эколого-географической структуры ареалов является сбор и организация первичных количественных данных. Обсуждается роль кадастрово-справочных карт в создании эколого-географических карт структуры видового населения. Этапы составления детально проиллюстрированы на конкретном материале, что позволяет использовать данную работу как алгоритм создания кадастрово-справочных карт для видов животных самых разных систематических групп.

Ключевые слова: кадастрово-справочные карты, ареалогия, эколого-географическая структура ареала, лесной лемминг *Myopus schisticolor* Lilljeborg.
DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10011

В исследовании ареалов видов – одном из актуальных фундаментальных направлений биогеографии – основным методом является картографический, позволяющий визуально отразить как простые, так и самые сложные ареалы и их структуру (Тупикова, 1989; Brown et al, 1996; Мяло, Горяинова, 1997; Gaston, 2003; Емельянова, 2008).

Картографирование ареалов начиналось с создания обзорных мелкомасштабных картосхем ареалов и карт мест находок видов (рис. 1). Последние создавались в основном по материалам зоологических коллекций и по литературным данным. Постепенное накопление новых мест с находками позволило достоверно очертить границы и кружево ареалов многих видов, преимущественно птиц и млекопитающих.

В настоящее время изучение ареалов перешло к новому информационному этапу − исследованию их пространственной структуры. Мощный импульс в этом направлении дает развитие ГИС-технологий. Карты пространственной структуры отображают закономерное изменение численности вида в пределах ареала. Они служат основой для создания карт *эколого-географической структуры ареалов видов*, которые позволяют оценить, в какой степени экологический потенциал территории благоприятствует жизненным потребностям вида, а также выявить его экологические связи. На картах эколого-географической структуры ареалов находит отражение и экологически обоснованное положения оптимума ареала вида – территории наибольшей численности видового населения с оптимальными условиями существования.

Цель настоящей статьи – охарактеризовать содержание и методику составления кадастрово-справочных карт как базовой основы для создания карт эколого-географической структуры ареалов видов на примере лесного лемминга.

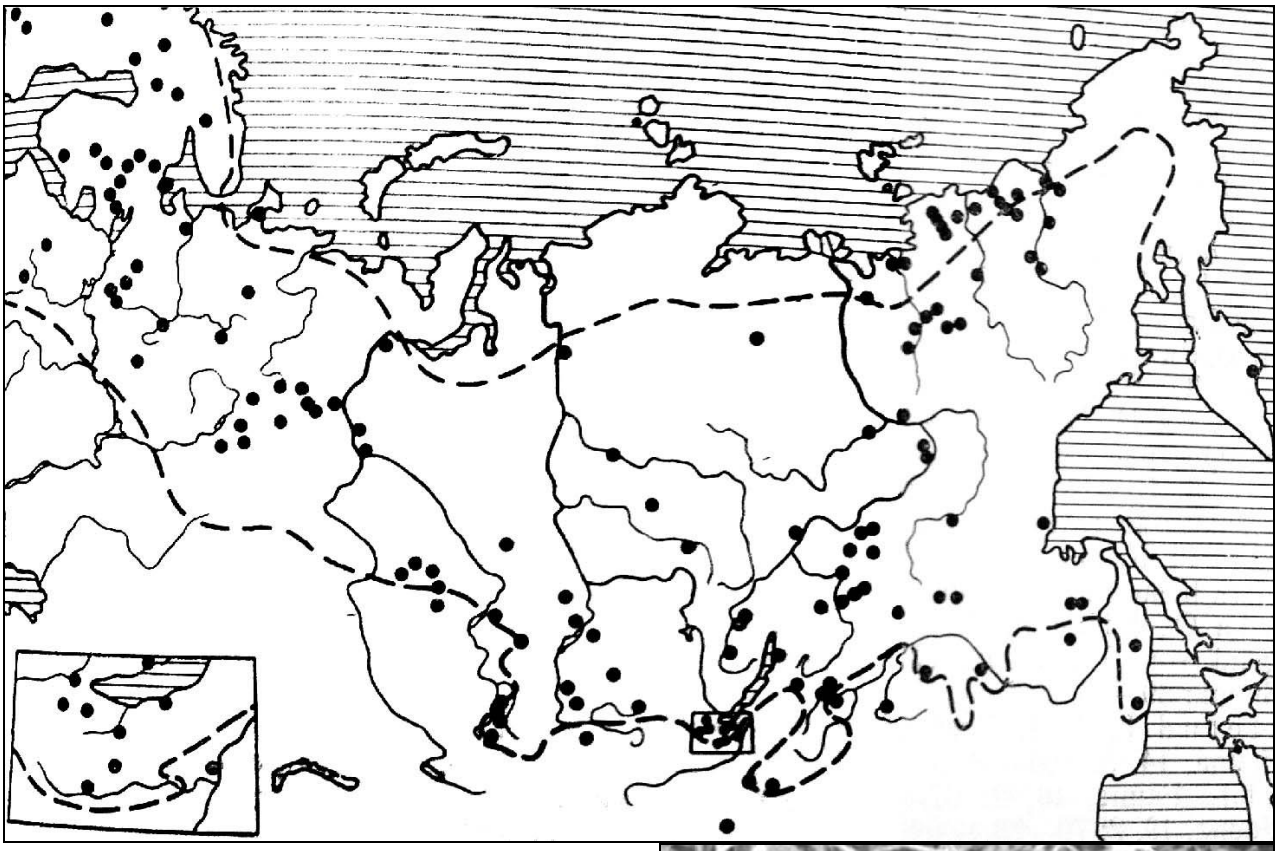


Рис. 1. Ареал лесного лемминга. *Условные обозначения:* точки – места находок животного, пунктир – границы таежной области (Лавренко, 1950; Горбунов, Кулик, 1974). **Fig. 1.** Wood lemming natural habitat. *Legend:* dots – places where the animals were found, dotted line – boundaries of taiga region (Лавренко, 1950; Горбунов, Кулик, 1974).

Материалы и методы

К настоящему времени в териологии накоплен колоссальный материал по распространению и численности млекопитающих. Изученность многих видов достигла стадии картографической зрелости. Это означает, во-первых, что их видовую принадлежность можно определить достаточно надежно; во-вторых, разработаны и широко используются для оценки численности видов стандартные методы учета, результаты применения которых можно сравнить между собой; и, в-третьих, накоплен значительный объем многолетних данных по состоянию численности в разных частях ареалов видов. Для установления пространственных закономерностей в размещении видов этот массив данных нуждается в обобщении.

Один из возможных подходов к географическому обобщению – разработка *кадастрово-справочных карт*. Этот процесс можно разбить на ряд этапов.

Выбор картографической основы. Это очень важный этап создания кадастрово-справочных карт (Агафонова, 1986; Всесоюзное …, 1986, 1989). Главное требование к картографической основе – небольшая географическая нагрузка, т.к. на карте-основе

обозначаются пункты исследований методом внемасштабных знаков, чаще всего геометрической формы (Атлас ареалов ..., 1965; Агафонова, 1986). В качестве карты-основы мы использовали специально разработанную Главным управлением геодезии и картографии карту масштаба 1:10000000. Она не перегружена специальным географическим содержанием: объекты, отраженные на ней, позволяют по географическому адресу локализовать места проведения полевых исследований по оценке численности популяций видов. В качестве ультрамелкомасшабной основы можно рекомендовать карту из «Атласа ареалов млекопитающих СССР» (1965), специально разработанную для составления кадастровых карт мест находок видов. На карте-основе обозначаются зональные природные границы (Растительность ..., 1964; Карта ..., 1983; Зоны ..., 1999). Обозначение зональных природных границ важно для того, чтобы сопоставить с ними положение оптимума ареала и провести сопряженный анализ зонально-подзональных закономерностей изменения природной среды и территорий разного уровня численности вида.

Источником информации могут служить собственные данные многолетних наблюдений исследователей, литературные источники и др. В основу данной работы положены результаты учетов численности и биотопического распределения видов в 215 географических пунктах, они представлены в публикациях и зоологических отчетах, в «Летописи природы» государственных заповедников и авторских данных, а всего библиографических источников – 95. В качестве модельного животного выбран лесной лемминг. Ниже мы приводим урало-западносибирский фрагмент кадастрово-справочной карты мест наших исследований для последующего отражения на ее основе мест находок лемминга (рис. 2).

Результаты и обсуждение

Териогеографические кадастрово-справочные карты представляют собой адресные карты определенного масштаба с сопроводительным текстом, в котором перечислены места и условиях всех встреч вида (кадастр).

Териогеографические кадастрово-справочные карты представляют собой адресные карты определенного масштаба с сопроводительным кадастром. Как метод исследования такие карты применялись для анализа границ ареала и распространения видов в пределах всего ареала или его частей (Тупикова, Тесленко, 1967; Долгов, 1985; Богдарина, Стрелков, 2003); при создании геозоологических (геозоология – наука о животном населении; Емельянова, 1987) карт; при исследовании изменения численности видов в пределах ареала (Михайлова, 2001); при создании карт животного населения (Емельянова, 1987); как информационная основа для составления карт эколого-географической структуры ареалов видов (Емельянова, Брунов, 1987; Емельянова, 2015). Эколого-географическая карта структуры восточной части ареала лесного лемминга проанализирована ранее (Емельянова, 2015).

Принципы составления кадастрово-справочной карты и кадастра. После многочисленных попыток различным образом систематизировать источники исходных данных, было установлено, что наиболее рациональна их нумерация и занесение в кадастр в порядке знакомства работающего с материалом. Расположение источников информации по какой-либо другой системе (по территориальному принципу, по алфавиту фамилий авторов, по хронологии данных) часто представляется более удобным и логичным способом представления материала. Однако применение любого из этих подходов вносит большие затруднения в работу и неизбежно приводит к большому количеству ошибок, так как требует вначале первичной фиксации, а затем упорядочивания и перенумерации всего массива данных.

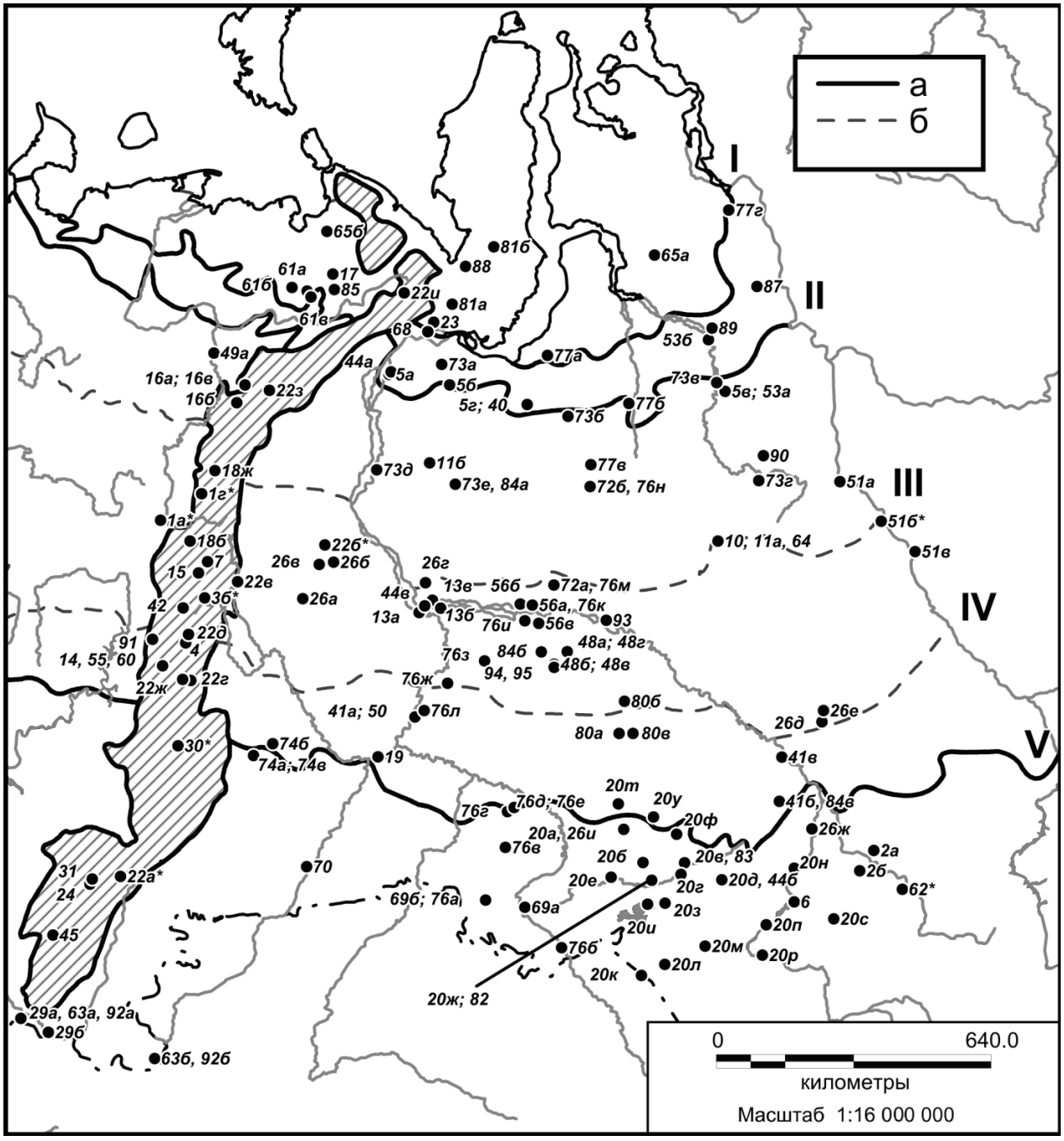


Рис. 2. Кадастрово-справочная карта пунктов учетов мелких млекопитающих на Урале и в Западной Сибири. *Условные обозначения:* заштрихованная область − высотная поясность Уральских гор, а – граница зоны, б – граница подзоны, I – южная граница тундровой зоны, II – северная граница северной тайги, III – южная граница северной тайги, IV – северная граница южной тайги, V – южная граница южной тайги (Карта растительности, 1983; Зоны и типы …, 1999). Номера на карте 1, 2, 3 … − библиографические источники из которых брались сведения: 1 – Бобрецов А.В. и др. (2005а), 2 – Малков А.Л. (1987), 3 – Бобрецов А.В., Симакин Л.В. (2013), 4 – Куликова И.Л. (1980), 5 – Покровская И.В. (1983), 6 – Телегин В.И., Ивлева Н.Г. (1983), 7 – Кузнецова И.А., Коурова Т.П. (2007), 8 – Бобрецов А.В. (1994а), 9 – Дубровский В.Ю. и др. (2014), 10 – Стариков В.П., Слуту И.М. (2009), 11 – Слуту И.М. (2009), 12 – Бобрецов А.В. (1994б), 13 – Стариков В.П. и др. (2016), 14 – «Летопись природы заповедника «Басеги» (2005-2007, 2010), 15 – Акимов В.А. (2007-2011), 16 – Турьева В.В. (1977), 17 – Новожилова Э.Н. (1977), 18 – Бобрецов А.В. (1989), 19 – Федоров В.Б., Чепраков М.И. (1989), 20 – Глотов И.Н. (1969), 21 – Бобрецов А.В. и др. (2005б), 22 – Большаков В.Н.

и др. (1986), 23 – Балахонов В.С., Лобанова Н.А. (1988), 24 – Габитова А.Т. (1988), 25 – Дубровский В.Ю. (2011), 26 – Глотов И.Н. и др. (1970), 27 – Панов В.В., Николаев А.С. (1987), 28 – Буйдалина Ф.Р., Колесникова Н.В. (1987), 29 – Симакин Л.В, (1993), 30 – Шарова Л.П. и др. (1996), 31 – Байтеряков Р.Г. (1996), 32 – Бердюгин К.И. и др. (2000), 33 – Кузнецова И.А. (2000), 34 – Кузнецова И.А. и др. (2001а), 35 – Кузнецова И.А. и др. (2001б), 36 – Бобрецов А.В., Лукьянова Л.Е. (2002), 37 – Бобрецов А.В., Лукьянова Л.Е. (2011), 38 – Коурова Т.П., Ерохин Н.Г. (2011), 39 – Лукьянова Л.Е. (2011), 40 – Емельянова Л.Г. (2006), 41 – Равкин Ю.С., Лукьянова Л.Е. (1976), 42 – Соколов А.А., Шепель Е.А. (2002), 43 – Раевский В.В. (1947), 44 – Горбунов С.М., Кулик И.Л. (1974), 45 – Летопись природы заповедника «Шульган-Таш» (2013, 2014), 46 – Дубровский В.Ю. (2007), 47 – Ливанова Н.Н. (2007, 2008, 2009а, 2009б), 48 – Переясловец В.М. (2002, 2004, 2010-2015), 49 – Бобрецов А.В. (2016), 50 – Кислый А.А. и др. (2015), 51 – Шефтель Б.И. (1982), 52 – Тишков А.А. и др. (1978), 53 – Тертицкий Г.М., Покровская И.Н.(1991), 54 – Козленко А.Б., Шефтель Б.И. (1987), 55 – Курулюк В.М., Наумкин Д.В. (2013), 56 – Морозкина А.В. и др. (2013), 57 – Садыков О.Ф. и др. (1979), 58 – Федоров В.Б. (1992), 59 – Большаков В.Н. и др. (1979), 60 – Мишланова Ю.Л. (2017), 61 – Ануфриев В.В. (2013), 62 – Ильяшенко В.Б. и др. (2015), 63 – Быстров И.В., Устабаева Е.В. (2016), 64 – Слуту И.М., Стариков В.П. (2008), 65 – Ануфриев В.В. (2012), 66 – Bobretsov A.V., Lukyanova L.E. (2017), 67 – Бобрецов А.В. (1990), 68 – Балахонов В.С., Лобанова Н.А. (1990), 69 – Соловьев С.А., Богомолова И.Н. (1997), 70 – Стариков В.П. (1987), 71 – Жуков М.А., Шефтель Б.И. (1983), 72 – Стариков В.П. (1983), 73 – Сапегина В.Ф. и др. (1990), 74 – Смирнов Н.Г. и др. (2015), 75 – Россов С.П., Чернышов В.И. (1978), 76 – Стариков В.П. (1985), 77 – Телегин В.И. (1963), 78 – Рамазанова Ф.Р. (1984), 79 – Чернышев В.И., Чернышева Н.Г. (1984), 80 – Конюхов Е.Н. (1972), 81 – Дунаева Т.Н. и др. (1948), 82 – Глотов И.Н. (1965), 83 – Юрлов К.Т. и др. (1965), 84 – Вартапетов Л.Г. (1982), 85 – Емельянова Л.Г., Калякин В.Н. (1989), 86 – Бизин М.С. и др. (2008), 87 – Сыроечковский мл. Е.Е. (1998), 88 – Андреева Т.Р. (2002), 89 – Дмитриев А.Е. (2004), 90 – Дмитриев А.Е. (2005), 91 – Шилова С.А., Симкин Н.Г. (1958), 92 – Швецов А.В. (2007), 93 – Стариков В.П. и др. (2017), 94 – Стрельников Е.Г. (1998), 95 – Стрельников Е.Г. (2010); 20ж – буквенные индексы у цифр обозначают географический пункт по таблице 1; * – звездочка означает, что сведения для этого географического пункта взяты из нескольких литературных источников. Расшифровка индексов со звездочкой (сведения для географических пунктов со звездочкой взяты из нескольких источников, указанных в скобках): 1а* (1а, 18в, 36а; 1б; 1в), 1г* (1г; 18д; 1д, 18е; 1е, 21б, 36в; 3а, 8а, 12, 18а, 21а, 49в, 66, 67; 8б; 18г; 18з; 18и; 36б; 37), 3б* (3б, 9, 25; 35а; 35б; 46б; 47), 22а* (22а, 57, 59б; 59в), 22б* (22б, 28, 43, 49б, 58; 78), 30* (30; 32, 39; 33, 34, 38а; 38б), 51б* (51б, 52, 54а, 71; 54б), 62* (62; 75а, 79в; 75б, 79г; 79а; 79б). **Fig. 2.** Cadastral map with locations of study of Micromammalia in the Urals and Western Siberia. *Legend:* Shaded region − attitudinal zonation of the Ural Mountains, а − boundary of zones, б − boundary of subzones, I − Southern boundary of tundra, II − Northern boundary of Northern taiga, III − Southern boundary of Northern taiga, IV − Northern boundary of Southern taiga, V − Southern boundary of Southern taiga (Карта растительности, 1983; Зоны и типы …, 1999). Numbers − bibliographic source (see above); 20ж – alphabetic indexes for numbers indicate a geographical point in Table 1; Indices marked with * – the information about this geographical location has been received from several literature sources. Decoding of indexes with asterisk 1а* – the information about this geographical location has been received from several literature sources, indicated in parentheses (see above); Numbers on a map 1, 2, 3 … − The bibliographic sources from which the information has been received.

Но главное в том, что все эти подходы, кроме номерного, делают невозможным постоянное пополнение кадастра новыми данными без перестройки всей нумерации. Занесение же материала в кадастр и нумерация по мере его поступления позволяет каждый источник информации сразу и окончательно регистрировать под одним номером и на карте, и в кадастре. Благодаря этому можно постоянно пополнять кадастр, не нарушая существующей нумерации, а продолжая ее.

В источниках фактических учетных данных чаще всего приводятся материалы, полученные для одного географического пункта. В этом случае занесение данных в кадастр и регистрация на кадастрово-справочной карте не вызывает затруднений. Источнику

присваивается очередной порядковый номер, который проставляется на карте и вносится в кадастр.

В некоторых работах приведены данные учетов для нескольких географических пунктов. Возможны разные варианты обозначения этих географических пунктов на кадастрово-справочной карте. Ранее (Емельянова, 1987) каждому географическому пункту присваивался самостоятельный номер, обозначаемый на карте и в кадастре. Таким образом, к одной публикации (к одному источнику информации) могло относиться от двух до нескольких десятков номеров. Это вызывает неудобства в работе. Поэтому позднее всем географическим пунктам одного источника информации присваивался один номер. Разные географические точки (пункты) одного источника обозначались буквенным индексом (табл. 1).

Таблица 1. Адресный кадастр пунктов исследования мелких млекопитающих на Урале и в Западной Сибири. **Table 1.** Locations of Micromammalia study in the Urals and Western Siberia.

Индекс на КСК	**Пункт исследования***	**Год и сезон исследований****	**Литературный источник**
1	**2**	**3**	**4**
1а	Якша, Печоро-Илычский заповедник, Республика Коми	1988-2004	Бобрецов А.В. и др. (2005)
1б	Малая Гаревка, Печоро-Илычский заповедник, Республика Коми		
1в	Желоба, Печоро-Илычский заповедник, Республика Коми		
1г	Гаревка-Левобережная, Печоро-Илычский заповедник, Республика Коми	1988-2004	
1д	Кременная, Печоро-Илычский заповедник, Республика Коми		
1е	Хребет Яныпупунер, Печоро-Илычский заповедник, Республика Коми		
2а	Южный Кузбасс, тайга	1983-1984 (VII-IX)	Малков А.Л. (1987)
2б	Южный Кузбасс, лесостепь		
3а	Печоро-Илычский заповедник, Республика Коми	2-я половина лета	Бобрецов А.В., Симакин Л.В. (2013)
3б	Заповедник «Денежкин Камень», Свердловская область		
4	Пойма р. Северный Кытлыменок, Свердловская область	1978 (VII-VIII)	Куликова И.Л. (1980)
5а	Долина р. Оби в 90 км к югу от Салехарда, ЯНАО	1977 (2-я половина лета)	Покровская И.В. (1983)
5б	Среднее и верхнее течение р. Полуй	1980 (2-я половина лета)	
5в	Средняя часть бассейна р. Таз	1981 (2-я половина лета)	
5г	Средняя часть бассейна р. Надым	1982 (2-я половина лета)	
6	Лесопарк Новосибирского Научного центра	1980-1982	

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
7	Хребет Молебный Камень	2002 - …	Кузнецова И.А., Коурова Т.П. (2007)
8а	Печоро-Илычский заповедник, Республика Коми	1988-1990	Бобрецов А.В. (1994а)
8б	Устье р. Большой Порожней, Республика Коми	1988 (VIII)	
9	Заповедник «Денежкин Камень»	2011-2013 (VI-VII)	Дубровский В.Ю. и др. (2014)
10	База Глубокий Сабун, природный парк «Сибирские увалы», ХМАО	2003-2007 (V-IX)	Стариков В.П., Слуту И.М. (2009)
11а	Природный парк «Сибирские увалы», ХМАО	2003-2008	Слуту И.М. (2009)
11б	Заказник "Сорумский", ХМАО	–	
12	Печоро-Илычский заповедник, Республика Коми	1984-1993	Бобрецов А.В. (1994б)
13а	Памятник природы «Луговские мамонты», Ханты-Мансийский р-н, ХМАО	2013-2015	Бородин А.В. и др. (2016)
13б	Урочище Шапшинское, природный парк «Самаровский чугас», Ханты-Мансийский р-н, ХМАО	2013-2015	
13в	Урочище «Острова», о-ва Большой и Малый Чухтинский, ПП «Самаровский чугас», Ханты-Мансийский р-н, ХМАО		
14	Гора Северный Басег, заповедник «Басеги», Пермский край	2004; 2005-2006 (VIII); 2009 (VII)	Летопись природы заповедника «Басеги» (2005-2007, 2010)
15	Хребет Чувал, Вишерский заповедник, Пермский край	2006-2010 (VI-VII)	Акимов В.А. (2007-2011)
16а	р. Вой-Вож, северные отроги горы Сабля, Республика Коми	1968 (VII-IX (1)); 1969 (VIII-XI); 1970 (IV-VIII (1), X (2)-XI); 1971 (III, IV, X, XI); 1972 (VII-X)	Турьева В.В. (1977)
16б	рр. Сед-Ю и Большой Паток, южные отроги горы Сабля, Республика Коми	1971 (VII)	
16в	р. Большая Сыня	1968, 1971	
17	р. Большая Роговая, верх	1981 (VI-VII, XI-XII); 1982 (IV-V, X-XI); 1983 (V-VII)	Новожилова Э.Н. (1987)

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
18а	Печоро-Илычский заповедник	1953, 1956, 1957, 1969, 1981, 1985, 1986	Бобрецов А.В. (1989)
18б	Среднее течение р. Уньи, Печоро-Илычский заповедник	1951 (VIII)	
18в	Окрестности пос. Якша	1952 (конец лета)	
18г	Стационар Шижим Печорский	1953, 1985 (лето)	
18д	р. Гаревка-Левобережная, Печоро-Илычский заповедник	1976 (VII); 1985 (лето)	
18е	р. Собинская, Печоро-Илычский заповедник	1985 (лето)	
18ж	Устье р. Кожим-Ю, Печоро-Илычский заповедник	1984 (VII (1))	
18з	Нижнее течение р. Ыджыд-Ляга	1986 (III (2))	
18и	Медвежий Камень	1985 (VIII)	
19	В 50 км к северо-востоку от пос. Советский, Тюменская область	1986, 1987	Федоров В.Б., Чепраков М.И. (1989)
20а	Окрестности пос. Алексеевка, Кыштовский р-н, Новосибирская область	1963	Глотов И.Н. (1969)
20б	Окрестности с. Кама, Куйбышевский р-н, Новосибирская область	1959-1960	
20в	Окрестности д. Горелая Грива, Михайловский р-н, Новосибирская область	1961	
20г	Окрестности с. Кайлы, Михайловский р-н, Новосибирская область	1961	
20д	Окрестности с. Ровенское, Каргатский р-н, Новосибирская область	1950, 1965	
20е	Окрестности с. 1-е Сибирцево, Венгеровский р-н, Новосибирская область	1951	
20ж	Опытный стационар Куйбышевского коопзверопромхоза, д. Мангазерка, Куйбышевский р-н, Новосибирская область	1959-1962	
20з	Окрестности д. Эгербаш, Барабинский р-н, Новосибирская обл.	1952	
20и	Окрестности с. Квашнино, Барабинский р-н, Новосибирская область	1953	

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
20к	Окрестности д. Демидовка, Карасукский р-н, Новосибирская область	1954	Глотов И.Н. (1969)
20л	Окрестности с. Грамотино, Карасукский р-н, Новосибирская область	1952	
20м	Окрестности д. Чернаки, Краснозерский р-н, Новосибирская область	1963	
20н	Окрестности д. Черный Мыс, Колыванский р-н, Новосибирская область	1953, 1964	
20п	Окрестности с. Новый Шарап, Ордынский р-н, Новосибирская область	1957-1958, 1965	
20р	Каменско-Сузунская пойма Оби, Новосибирская область	1957-1958	
20с	Окрестности с. Серебренниково, Маслянинский р-н, Новосибирская область	1964	
20т	Окрестности пос. Узас, Кыштовский р-н, Новосибирская область	1956	
20у	Окрестности пос. Украинка, Северный р-н, Новосибирская область	1956	
20ф	Окрестности пос. Степино, Северный р-н, Новосибирская область	1956	
21а	Печоро-Илычский заповедник	1988-2001	Бобрецов А.В. и др. (2005)
21б	Юго-запад хр. Яныпупунер, Печоро-Илычский заповедник		
22а	Гора Иремель, Южный Урал	1978-1984, лето	Большаков В.Н. и др. (1986)
22б	Кондо-Сосьвинский заповедник [заповедник «Малая Сосьва»]	–	
22в	Ивдельский р-н, Свердловская область	–	
22г	Исовский р-н, Свердловская область	–	
22д	Карпинский р-н, Свердловская область	–	
22е	Гора Косьвинский Камень, Северный Урал	1976-1978, 1981	
22ж	Гора Качканар, Южный Урал	–	
22з	Гора Неройка – устье р. Балбанъю (приток Кожима), Приполярный Урал	–	
22и	Полярный Урал	–	
23	Нижнее течение р. Лонготъеган, ЯНАО	1983-1987 (VIII (2))	Балахонов В.С., Лобанова Н.А. (1988)
24	Окрестности пос. Реветь и хребет Малый Ямантау, Южно-Уральский заповедник	1986-1987, лето	Габитова А.Т. (1988)

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
25	Заповедник «Денежкин Камень»	2008-2010	Дубровский В.Ю. (2011)
26а	Окрестности оз. Орунтур, верховья р. Конда [оз. Арантур]	–	Глотов И.Н. и др. (1970)
26б	р. Ем-Еган, правый приток Малой Сосьвы	–	
26в	Бассейн р. Оби	–	
26г	Окрестности пос. Новый Назым, Ханты-Мансийский р-н, ХМАО	–	
26д	Окрестности с. Белый Яр, Верхнекетский р-н, Томская область	–	Глотов И.Н. и др. (1970)
26е	р. Лисица	–	
26ж	р. Таган напротив с. Кожевниково, Кожевниковский р-н, Томская область	1956	
26з	Окрестности пос. Алексеевка, Кыштовский р-н, Новосибирская область	1964	
27	Окрестности пос. Потюканово, Северный р-н, Новосибирская область	1976-1981	Панов В.В., Николаев А.С. (1987)
28	Заповедник «Малая Сосьва»	1981-1983 (VII-VIII)	Буйдалина Ф.Р., Колесникова Н.В. (1987)
29а	Буртинская степь, Оренбургский заповедник	1991-1993 (IV-IX)	Симак Л.В. (1993)
29б	Айтуарская степь, Оренбургский заповедник		
30	Окрестности стационаров кв.*** 69 и 105, Висимский заповедник	1986-1994 (VII-VIII)	Шарова Л.П. и др. (1996)
31	Южно-Уральский заповедник	1980-1993	Байтеряков Р.Г. (1996)
32	Висимский заповедник	1974-1977, 1984-1994 (VII-VIII)	Бердюгин К.И. и др. (2000)
33	Среднее р. Сулём, р-н строительства вдхр., Висимский заповедник	1986-1999	Кузнецова И.А. (2000)
34	р. Сулём, р-н строительства вдхр., Висимский заповедник и д. Большие Галашки	1986-2000 (VI (2)-VII (2))	Кузнецова И.А. и др. (2001а)
35а	Журавлев Камень, восточный склон, заповедник "Денежкин Камень"	1997, 1998 (весна, осень), 1999 (весна), 2000 (лето)	Кузнецова И.А. и др. (2001б)
35б	Еловский Увал, восточный склон, заповедник "Денежкин Камень"	1997, 1998 (весна, осень), 1999 (весна), 2000 (осень)	

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
36а	Окрестности пос. Якша, Печоро-Илычский заповедник	1988-2001 (2-я половина лета)	Бобрецов А.В., Лукьянова Л.Е. (2002)
36б	Окрестности кордона Шежим-Печорский, Печоро-Илычский заповедник	1988-2001 (2-я половина лета)	Бобрецов А.В., Лукьянова Л.Е. (2002)
36в	г. Яныпупунер, ЮЗ склон, Печоро-Илычский заповедник		
37	Стационар Гаревка, Печоро-Илычский заповедник	1989-2011	Бобрецов А.В., Лукьянова Л.Е. (2011)
38а	Окрестности с. Большие Галашки, Свердловская обл.	1989, 2004	Коурова Т.П., Ерохин Н.Г. (2011)
38б	115 кв., Висимский заповедник	2004	
39	Висимский заповедник	1987-2011 (VIII-IX)	Лукьянова Л.Е. (2011)
40	Надымский стационар, в 30 км к югу от г. Надым, ЯНАО	2000-2005 (VIII (2)-IX (1))	Емельянова Л.Г.(2006)
41а	Окрестности пос. Уки, Горно-Слинкино, Миссия, Уватский р-н, Тюменская обл.	1968, 1971 (VII (2)-VIII (2))	Равкин Ю.С., Лукьянова Л.Е. (1976)
41б	Окрестности с. Карагай, Бакчарский р-н, Томская обл.	1967-1969, 1970 (VII (2)-VIII (2))	
41в	Окрестности с. Коломино, Чаинский р-н, Томская обл.		
42	хр. Кваркуш, Северный Урал	1995, 1996, 1999, 2000 (VI-VII)	Соколов А.А., Шепель Е.А. (2002)
43	Кондо-Сосьвинский заповедник	1939, 1940 (в различное время года)	Раевский В.В. (1947)
44а	Окрестности с. Питляр, Шурышкарский р-н, ЯНАО	–	Горбунов С.М., Кулик И.Л. (1974)
44б	Окрестности с. Ровенское, Каргатский р-н, Новосибирская обл.	–	
44в	р. Обь, побережье близ устья Иртыша	–	
45	Заповедник «Шульган-Таш», Республика Башкортостан	2012 (V (2), XI (1)); 2013 (V (2), X (2)-XI (1))	Летопись природы заповедника «Шульган-Таш» (2013, 2014)
46	Хребет Хоза-Тумп, (кв. 1 и 2), бассейн рр. Халь-Сори и Тальтия (кв. 17 и 20), заповедник "Денежкин Камень"	2006 (VI-VII)	Ливанова Н.Н. (2007)
47	Кв. 301, 317, 318, 334, заповедник "Денежкин Камень"	2006, 2008 (VII (2)-IX (1)); 2007, 2009 (VII (2)-VIII (2))	Ливанова Н.Н. (2007-2009а, б)

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
48а	Кордон Каменный, Юганский заповедник	2001 (VIII (2)); 2003 (VIII); 2009 (VIII (2)-IX (1)); 2010 (VIII (1)-IX (1)); 2011, 2012 (VIII); 2013 (V (2), VII (1)); 2014 (V (2)-VII (2))	Переясловец В.М. (2002, 2004, 2010-2015)
48б	Кордон Бисаркины, Юганский заповедник	2003, 2010, 2013 (VI (2)); 2011 (IX (1))	Переясловец В.М. (2004, 2011, 2012, 2014)
48в	Стационар Вуяяны, Юганский заповедник	2003 (X); 2012 (IX); 2013 (VII (2)); 2014 (IX (1))	Переясловец В.М. (2004, 2013-2015)
48г	Устье р. Лунгунигый, Юганский заповедник	2009 (IX (2); 2010 (VI (1), VII (2)-VIII (1)); 2011 (VI (1), IX (1)); 2012-2014 (VI)	Переясловец В.М. (2010-2015)
49а	Окрестности д. Уляшево, Республика Коми	–	Бобрецов А.В. (2016)
49б	Заповедник "Малая Сосьва"		
49в	Печоро-Илычский заповедник		
50	Окрестности с. Горнослинкино, Уватский р-н, Тюменская область	2012 (VII (2)-VIII (2))	Кислый А.А. и др. (2015)
51а	Левобережная пойма р. Енисей напротив пос. Алинское, Туруханский р-н, Красноярский край	1977 (лето)	Шефтель Б.И. (1982)
51б	р. Енисей, НЭБ "Мирное", д. Мирное, Туруханский р-н, Красноярский край	1973-1975 (лето)	
51в	Левобережная пойма р. Енисей, в 10 км ниже пос. Бор, Туруханский р-н, Красноярский край	1977 (лето)	
52	НЭБ "Мирное", д. Мирное, Туруханский р-н, Красноярский край	1973-1975 (лето)	Тишков А.А. и др. (1982)
53а	Низовья р. Худосей	1981 (VII (2)-VIII (2))	Тертицкий Г.М., Покровская И.Н. (1991)
53б	Окрестности пос. Сидоровск, Красноселькупский р-н, ЯНАО	1986 (VII (2)-VIII (2))	
54а	р. Большая Варламовка, в 20 км от Енисея, правобережье	1980-1982 (VI (2)-VIII (2))	Козленко А.Б., Шефтель Б.И. (1987)
54б	Окрестности ст-ра "Мирное", д. Мирное, Туруханский р-н, Красноярский край		
54в	р. Сарчиха, левобережье р. Енисей, 18 км от ст-ра "Мирное"		

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
55	Заповедник «Басеги»	2008-2013 (лето)	Курулюк В.М., Наумкин Д.В. (2013)
56а	Окрестности Сургута, ХМАО	2010-2011 (V-IX); 2012 (V-VII)	Морозкина А.В. и др. (2013)
56б	Окрестности д. Сайгатина, Сургутский р-н, ХМАО	2010-2011 (VI-VII)	
56в	Окрестности д. Юган, Сургутский р-н, ХМАО	2012 (VI-VII)	
57	Иремельский горный массив	1978 (V-IX)	Садыков О.Ф. и др. (1979)
58	Заповедник «Малая Сосьва»	1986-1991 (бес-снежный период)	Федоров В.Б. (1992)
59а	г. Косьвинский Камень	1976-1978	Большаков В.Н. и др. (1979)
59б	г. Большой Иремель, СЗ склон, Усть-Катавский р-н, Челябинская область	1978 (VI (2)-VII (1))	
59в	р. Тыгын, Белорецкий р-н, Республика Башкортостан	1978 (лето)	
60	Заповедник «Басеги»	1981-2014	Мишланова Ю.Л. (2015)
61а	ур. Пым-Ва-Шор	2008, 2009, 2011, 2012 (VII)	Ануфриев В.В. (2013)
61б	Неруюсский участок	2006, 2010-2012 (VII)	
61в	Нерцетинский участок	2008, 2009, 2011 (VII)	
62	Стационар Ажендарово, Бунгарапско-Ажендаровский заказник, Крапивинский р-н, Томская область	1978-2014	Ильяшенко В.Б. и др. (2015)
63а	Буртинская степь, Оренбургский заповедник	2008-2013 (V (1), VII-VIII (1), X-XI)	Быстров И.В., Устабаева Е.В. (2016)
63б	Ащисайская степь, Оренбургский заповедник	2008-2013 (V (1), VII-VIII (1), X-XI)	
64	Природный парк «Сибирские Увалы»	2003-2007	Слуту И.М., Стариков В.П. (2008)
65а	Левый берег р. Мессояха, Гыданский п-ов	2012 (VI (2))	Ануфриев В.В. (2012)
65б	Левый берег р. Коротаяха, Большеземельская тундра	2012 (VII (1))	
66	Печоро-Илычский заповедник	2017	Bobretsov A.V., Lukyanova L.E. (2017)
67	Печоро-Илычский заповедник	1984-1988 (лето)	Бобрецов А.В. (1990)
68	Устье р. Лонгот-юган	1984-1988 (VIII)	Балахонов В.С., Лобанова Н.А. (1990)
69а	Омск	1986 (VII (2)-VIII (2))	Соловьев С.А., Богомолова И.Н. (1997)

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
69б	Окрестности пос. Тумановка, Москаленский р-н, Омская область	1987 (VII (2)-VIII (2))	Соловьев С.А., Богомолова И.Н. (1997)
70	Окрестности г. Курган	1981-1986 (2-я половина лета)	Стариков В.П. (1987)
71	Экологическая станция ИЭМЭЖ АН СССР «Мирное»	1980 (VI (2)-IX (1))	Жуков М.А., Шефтель Б.И. (1983)
72а	Окрестности пос. Тром-Аган, ХМАО	1979-1981 (2-я половина лета)	Стариков В.П. (1983)
72б	Окрестности пос. Ханымей, ЯНАО		
73а	Окрестности фактории Глухариная, верхнее течение р. Полуй, ХМАО	1980-1982 (VII (2)-VIII (2))	Сапегина В.Ф. и др. (1990)
73б	Долина р. Танлова (правый приток р. Надым)		
73в	Окрестности с. Красноселькуп, ЯНАО		
73г	Окрестности с. Ратта, верхнее течение р. Таз, Красноселькупский р-н, ЯНАО	1983 (VII (2)-VIII (2))	
73д	Окрестности с. Полноват, долина Нижней Оби, Белоярский р-н, ХМАО	–	
73е	Окрестности д. Юильск, долина р. Казым, Белоярский р-н, ХМАО	–	
74а	Окрестности пос. Зайково, Ирбитское муниц. образование, Свердловская область	1978 (ранняя весна)	Смирнов Н.Г. и др. (2015)
74б	Окрестности пос. Лопатково, Ирбитское муниц. образование, Свердловская область	1978 (ранняя весна)	
74в	Окрестности с. Скородумское, Ирбитское муниц. образование, Свердловская область	2015 (IV (2))	
75а	Территория будущего Крапивинского вдхр., Сосновский профиль, Кемеровская область	1977 (VI-X)	Россов С.П., Чернышов В.И. (1978)
75б	Территория будущего Крапивинского вдхр., Бычьегорловский профиль, Кемеровская область		
76а	Окрестности пгт. Москаленки, Омская обл.	1979, 1980 (VII-IX); 1981 (VII-VIII)	Стариков В.П. (1985)
76б	Окрестности д. Красный Яр, Нововаршавский р-н, Омская область		
76в	Окрестности с. Старосолдатское, Тюкалинский р-н, Омская область		

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
76г	Окрестности с. Большие Уки, Омская обл.	1979, 1980 (VII-IX); 1981 (VII-VIII)	Стариков В.П. (1985)
76д	Окрестности Фирстово, Больше-уковский р-н, Омская область	1979, 1980 (VII-IX); 1981 (VII-VIII)	
76е	Окрестности рп. Тевриз, Омская область	1979, 1980 (VII-IX); 1981 (VII-VIII)	
76ж	Окрестности ст. Демьянка, Уватский р-н, Тюменская область		
76з	Окрестности ст. Салым, Нефтеюганский р-н, ХМАО		
76и	Окрестности ст. Усть-Юган, Нефтеюганский р-н, ХМАО	1979, 1980 (VII-IX); 1981 (VII-VIII)	
76к	Окрестности г. Сургут, ХМАО		
76л	Окрестности пос. Чебунтан [Туртас], Уватский р-н, Тюменская область		
76м	Окрестности пос. Тром-Аган, ХМАО		
76н	Окрестности пос. Ханымей, ЯНАО		
77а	р. Ныда, Тазовский п-ов	1952 (лето-осень)	Телегин В.И. (1963)
77б	Долина р. Пур (Уренгой-Тарко-Сале)	1954 (лето-осень)	
77в	р. Пяку-Пуру (до оз. Пяке-То и южнее)	1954 (лето-осень)	
77г	р. Малая и Большая Хета (до р. Соленая), юг Гыданского п-ова	1956 (лето-осень)	
78	Кордон Хангокурт, заповедник «Малая Сосьва»	1978-1980 (весна, лето)	Рамазанова Ф.Р. (1984)
79а	Территория будущего Крапивинского вдхр., Малоосиповский профиль, Кемеровская область	1979 (лето-осень)	Чернышев В.И., Чернышева Н.Г. (1984)
79б	Территория будущего Крапивинского вдхр., Красноозерский профиль, Кемеровская область	1979 (лето-осень)	
79в	Территория будущего Крапивинского вдхр., Сосновский профиль, Кемеровская область	1977-1979 (лето-осень)	
79г	Территория будущего Крапивинского вдхр., Бычьегорловский профиль, Кемеровская область	1977-1979 (лето-осень)	
80а	оз. Тух-Эмтор, Томская обл.	1967-1970	Конюхов Е.Н. (1972)
80б	оз. Дурное		
80в	р. Ай-Кулан-Игай, галья (проточная топь)		
81а	рр. Хе-Яха и Танлова и возв. Сопкай, среднее течение р. Щучья	1941 (VI (2)-IX (2))	Дунаева Т.Н. (1948)

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
81б	От фактории Порцы-Яхи до правобережья р. Юрибей (притоки Палхатун-то-се, Несута-яха)	1942 (V (1)-XI (1))	Дунаева Т.Н. (1948)
82	оз. Мохнатое, Куйбышевский, Новосибирская область	1959-1961 (V-X); 1962 (VI, VIII, X)	Глотов И.Н. (1965)
83	Урочище Горелая Грива, среднее течение р. Омь	1961 (V (2)-X (1))	Юрлов К.Т. и др. (1965)
84а	Окрестности д. Юильск, Белоярский р-н, ХМАО	1976 (VII (2)-VIII (2))	Вартапетов Л.Г. (1982)
84б	Окрестности д. Каюкова, Сургутский р-н, ХМАО	1977 (VII (2)-VIII (2))	
84в	Окрестности пос. Карагай, Бакчарский р-н, Томская область	1967	
85	рр. Большая Роговая и Пятом-Бой	1985 (VII)	Емельянова Л.Г., Калякин В.Н. (1989)
86	Хребет. Хоза-Тумп, (кв. 1 и 2), бассейн рр. Халь-Сори и Тальтия (кв. 17 и 20), заповедник «Денежкин Камень»	2007	Бизин М.С. и др. (2007)
87	Верховья р. Большой Хеты	1998 (VIII)	Сыроечковский Е.Е. (1998)
88	Устье р. Еркуты, пос. Канары, ЯНАО	2002 (VII (1)-VIII (2))	Андреева Т.Р. (2002)
89	р. Панча	2004 (VI (2)-VII (1))	Дмитриев А.Е. (2004)
90	Бассейн р. Большой Ширты	2005 (VI)	Дмитриев А.Е. (2005)
91	Александровский р-н, Пермская область	1954-1958 (весна – лето)	Шилова С.А., Симкин Г.Н. (1958)
92а	Буртинская степь, Оренбургский заповедник	2006 (V-VI; VIII; X-XI)	Швецов А.В. (2007)
92б	Ащисайская степь, Оренбургский заповедник		
93	Окрестности Нижневартовска, ХМАО	2016 (V-VII, IX)	Стариков В.П. и др. (2017)
94	Стационар на р. Нёгусъяха, Юганский заповедник, ХМАО	1995	Стрельников Е.Г. (1998)
95	Стационар на р. Нёгусъяха, Юганский заповедник, ХМАО	1986 (осень)	Стрельников Е.Г. (2010)

Примечание к таблице 1: Пункт исследования* – в квадратных скобках указано современное название пункта. Год и сезон исследований** – месяцы указаны римскими цифрами в скобках – (VII); первая и вторая половина месяца указаны соответственно цифрами 1 и 2 в скобках после месяца – VII (1); кв.*** – квартал. Во избежание разночтений круглые скобки в некоторых местах заменены квадратными. **Note to Table 1:** Geographical

point* – the present name of the item is indicated in square brackets. Year and season of research** – the months are indicated with Roman numerals in parentheses – (VII); the first and second month half a month are indicated with number 1 and 2 in brackets after the month – VII (1). The parentheses in some places are replaced by square brackets to avoid confusion; кв.*** – Quarter.

Пункты учетов внесены в сводную таблицу Microsoft Excel. В ней указан индекс пунктов и их координаты (X – широта, Y – долгота). Книга Excel привязана к геоинформационной системе MapInfo Professional, в которой и построены кадастрово-справочные карты.

Кадастрово-справочная карта мест находок видов и сопроводительный кадастр, содержащий библиографические данные источников информации, имеет и самостоятельное значение: они позволяют оценить степень изученности ареала вида, выявить «белые пятна», планировать их обследование. Для использованных в карте источников фактических данных сделан авторский указатель (табл. 2).

В особый раздел кадастра включен фактический материал результатов учетов численности в разных отмеченных на карте географических точках (пунктах). В кадастре отражены номер, проставленный на карте, географический адрес места исследований, дата исследований (табл. 1), метод оценки численности, спектр обследованных биотопов, объем и результаты учетов численности. Эти материалы представляют базовую информационную основу исследования структуры ареала: положения вида в сообществах (оценка степени его доминирования) и численности. Важнейшей экологической характеристикой вида является его биотопическое распределение. Наглядный метод исследования первого из этих показателей – создание биотопического ряда территориальных группировок мелких млекопитающих (сообществ; Емельянова, 1987). В качестве примера, иллюстрирующего положение места, занимаемого в сообществах различных биотопов нашим модельным видом – лесным леммингом – приводим биотопические спектры на территории двух заповедников – Юганском и «Денежкин Камень» (рис. 3). Изменение численности вида в биотопическом спектре в пределах ареала позволяет определить положение эколого-географического оптимума ареала вида (рис. 4).

Заключение

Изучение эколого-географической структуры населения видовых ареалов – актуальное направление ареалогии. Развитие таких исследований стало возможным благодаря надежным критериям определения видовой принадлежности, разработке и применению стандартных методов учетов, результаты которых можно сравнить между собой, и накопленному объему многолетних данных о численности вида в разных частях ареала.

К настоящему времени накоплен огромный объем данных по численности млекопитающих, представленных в териологической литературе, полевых отчетах, «Летописи природы» государственных заповедников, нуждающийся в обобщении, которое даст возможность установить пространственные закономерности в размещении видов, т.е. приблизиться к решению фундаментальных задач биогеографии (Емельянова, 2015; Емельянова, Оботуров, 2017). Перспективным методом обобщения являются кадастрово-справочные карты, методика создания которых представлена в данной статье. Такие карты могут стать основой для исследования эколого-географической структуры ареалов видов млекопитающих картографическими методами (Емельянова, 2012).

Таблица 2. Авторский указатель библиографических источников к кадастрово-справочной карте. **Table 2.** Author's index of the bibliographical sources for the cadastral map.

Автор (год издания) – номер на карте (рис. 2)	**Автор (год издания) – номер на карте (рис. 2)**
Акимов В.А. (2007, 2008, 2009, 2010, 2011) – №15	Летопись природы заповедника «Шульган-Таш» (2013, 2014) – №45
Андреева Т.Р. (2002) – №88	Ливанова Н.Н. (2007, 2008, 2009а, 2009б) – №47.
Ануфриев В.В. (2012) – №65, (2013) – №61	Лукьянова Л.Е. (2011) – №39
Байтеряков Р.Г. (1996) – №31	Малков А.Л. (1987) – №2
Балахонов В.С., Лобанова Н.А. (1988) – №23, (1990) – №68	Мишланова Ю.Л. (2017) – №60
Бердюгин К.И. и др. (2000) – №32	Морозкина А.В. и др. (2013) – №56
Бизин М.С. и др. (2008) – №86	Новожилова Э.Н. (1977) – №17
Бобрецов А.В. (1989) – №18, (1990) – №67, (1994а) – №8, (1994б) – №12, (2016) – №49	Панов В.В., Николаев А.С. (1987) – №27
Бобрецов А.В., Лукьянова Л.Е. (2002) – №36, (2011) – №37, (2005а) – №1	Переясловец В.М. (2002, 2003, 2009, 2010, 2011, 2012) – №48
Бобрецов А.В. и др. (2005б) – №21	Покровская И.Н. (1983) – №5
Бобрецов А.В., Симакин Л.В. (2013) – №3	Равкин Ю.С., Лукьянова Л.Е. (1976) – №41
Большаков В.Н. и др. (1986) – №22	Раевский В.В. (1947) – №43
Большаков В.Н. и др. (1979) – №59	Рамазанова Ф.Р. (1984) – №78
Бородин А.В. и др. (2016) – №13	Россов С.П., Чернышов В.И. (1978) – №75
Буйдалина Ф.Р., Колесникова Н.В. (1987) – №28	Садыков О.Ф. и др. (1979) – №57
Быстров И.В., Устабаева Е.В. (2016) – №63	Сапегина В.Ф. и др. (1990) – №73
Вартапетов Л.Г. (1982) – №84	Симак С.В. (1993) – №29
Габитова А.Т. (1988) – №24	Слуту И.М. (2009) – №11
Глотов И.Н. и др. (1970) – №26	Слуту И.М., Стариков (2008) – №64
Глотов И.Н. (1965) – №82, (1969) − №20	Смирнов Н.Г. и др. (2005) – №74
Горбунов С.М., Кулик И.Л. (1974) – №44	Соколов А.А., Шепель Е.А. (2002) – №42
Дмитриев А.Е. (2004) – №89, (2005) – №90	Соловьев С.А., Богомолова И.Н. (1997) – №69
Дубровский В.Ю. (2007) – №46, (2011) – №25	Стариков В.П. (1983) – №72, (1985) – №76, (1987) – №70
Дубровский В.Ю. и др. (2014) – №9	Стариков В.П. и др. (2017) – №93
Дунаева Т.Н. (1948) – №81	Стариков В.П., Слуту И.М. (2009) – №10
Емельянова Л.Г., Калякин В.Н. (1989) – №85	Стрельников Е.Г. (1998) – №94, (2010) – №95
Емельянова Л.Г. (2006) – №40	Сыроечковский мл. Е.Е. (1998) – №87
Жуков М.А., Шефтель Б.И. (1983) – №71	Телегин В.И. (1963) – №77
Ильяшенко В.Б. и др. (2015) – №62	Телегин В.И., Ивлева Н.Г. (1983) – №6
Кислый А.А. и др. (2015) – №50	Тертицкий Г.М., Покровская И.Н. (1991) – №53
Козленко А.Б., Шефтель Б.И. (1987) – №54	Тишков А.А. и др. (1978) – №52
Конюхов Е.Н. (1972) – №80	Турьева В.В. (1977) – №16
Коурова Т.П., Ерохин Н.Г. (2011) – №38	Федоров В.Б. (1992) – №58
Кузнецова И.А. (2000) – №33	Федоров В.Б., Чепраков М.И. (1989) – №19
Кузнецова И.А., Коурова Т.П. (2007) – №7	Чернышев В.И., Чернышева Н.Г. (1984) – №79
Кузнецова И.А. и др. (2001а) – №34, (2001б) – №35	Шарова Л.П. и др. (1996) – №30
Куликова И.Л. (1980) – №4	Швецов А.В. (2007) – №92
Курулюк В.М., Наумкин Д.В. (2013) – №55	Шефтель Б.И. (1982) – №51
Летопись природы заповедника «Басеги» (2005, 2006, 2007, 2010) – №14	Шилова С.А., Симкин Г.Н. (1958) – №91
	Юрлов К.Т. и др. (1965) – №83
	Bobretsov A.V., Lukyanova L.E. (2017) – №66

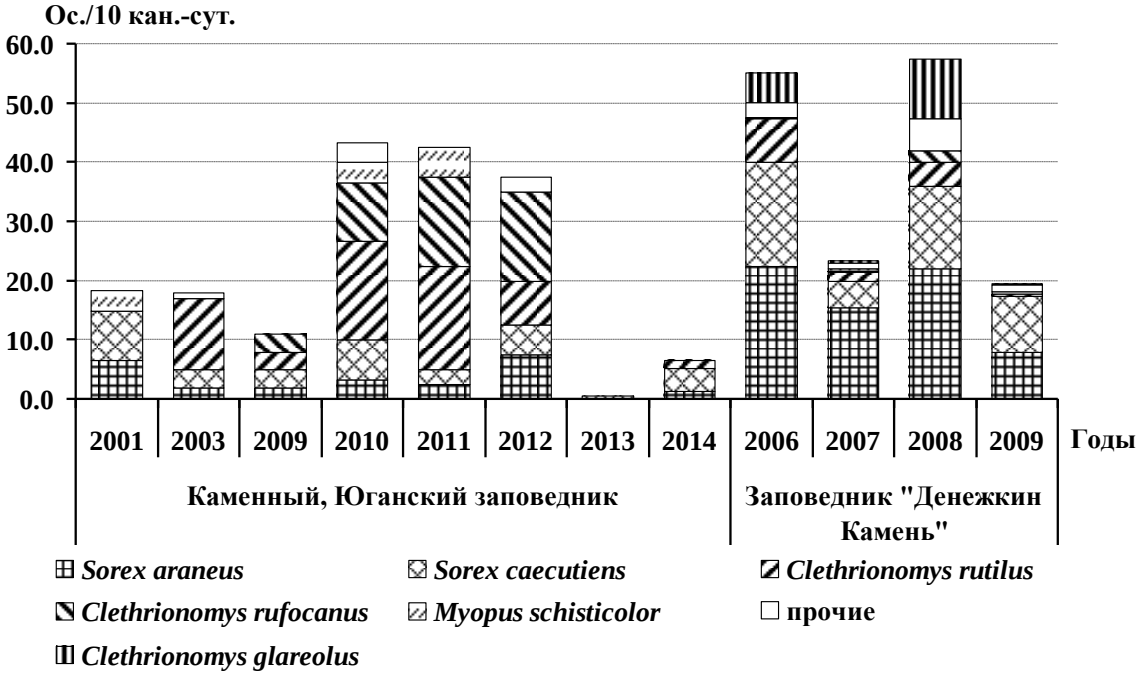


Рис. 3. Сообщества мелких млекопитающих в Юганском заповеднике (кордон Каменный, пункт 48а в сосновом беломошном кустарничковом лесу; Переясловец, 2001, 2003, 2009-2014) и в заповеднике «Денежкин камень» (пункт 47 в кедрово-елово-сосновом лесу; Ливанова, 2007, 2008, 2009а, 2009б). **Fig. 3.** Micromammalia communities of Yugansky Nature Reserve (cordon Kamenny, point 48a) in the lichen pine forest with shrubberies; Переясловец, 2001, 2003, 2009-2014) and Denezhkin Kamen Nature Reserve (point 47 in the cedar-spruce-pine forests; Ливанова, 2007, 2008, 2009а, 2009б).

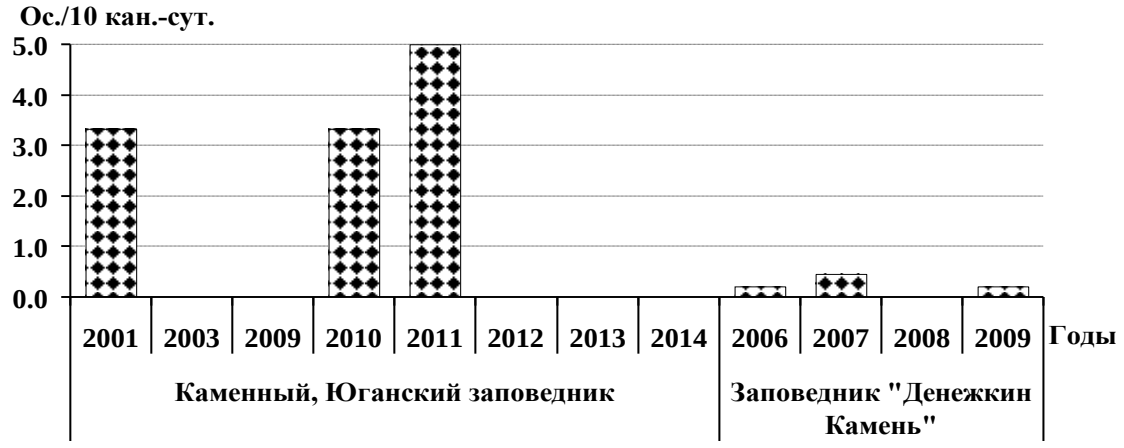


Рис. 4. Численность лесного лемминга в разных биотопах Юганского заповедника (кордон Каменный, пункт 48а в сосновом беломошном кустарничковом лесу; Переясловец, 2001, 2003, 2009-2014) и заповедника «Денежкин камень» (пункт 47 в кедрово-елово-сосновом лесу; Ливанова, 2007, 2008, 2009а, 2009б). **Fig. 4.** Number of wood lemming in different Biotops of Yugansky Nature Reserve (cordon Kamenny, point 48a in the lichen pine forest with shrubberies; Переясловец, 2001, 2003, 2009-2014) and Denezhkin Kamen Nature Reserve (point 47 in the cedar-spruce-pine forests; Ливанова, 2007, 2008, 2009а, 2009б).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агафонова С.А. 1986. Картографические основы и значки для кадастровых карт ареалов крыланообразных // Всесоюзное совещание по проблеме кадастра и учета животного мира. М.: АН СССР. С. 215-216.

Акимов В.А. 2007. Насекомоядные и грызуны // Летопись природы заповедника «Вишерский». Книга 13 за 2005/2006 гг. Красновишерск. С. 169-171.

Акимов В.А. 2008. Мелкие наземные млекопитающие // Летопись природы заповедника «Вишерский». Книга 14 за 2006/2007 гг. Красновишерск. С. 166-167.

Акимов В.А. 2009. Мелкие млекопитающие // Летопись природы заповедника «Вишерский». Книга 15 за 2007/2008 гг. Красновишерск. С. 63-68.

Акимов В.А. 2010. Мелкие млекопитающие // Летопись природы заповедника «Вишерский». Книга 16 за 2008/2009 гг. Красновишерск. С. 148-153.

Акимов В.А. 2011. Мелкие наземные млекопитающие // Летопись природы заповедника «Вишерский». Книга 17 за 2009/2010 гг. Красновишерск. С. 195-203.

Андреева Т.Р. 2002. Отчет по условиям размножения. Устье р. Еркуты, пос. Канары, Ямал, Россия // Птицы Арктики: программа сбора данных об условиях размножения арктических птиц / Ред. М.Ю. Соловьев, П.С. Томкович [Электронный ресурс http://www.arcticbirds.ru/info02/ru2ru15802r.html (дата обращения 30 ноября 2017)].

Ануфриев В.В. 2012. Сравнительная оценка населения птиц и млекопитающих Большеземельской тундры и Гыданского полуострова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Естественные науки». Вып. 4. Архангельск. С. 41-49.

Ануфриев В.В. 2013. Птицы и млекопитающие урочища «Пым-Ва-Шор» и сопредельных территорий // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Естественные науки». Вып. 1. Архангельск. С. 61-71.

Атлас ареалов млекопитающих СССР. 1965 // Определитель млекопитающих СССР. М.: Просвещение. 96 с.

Байтеряков Р.Г. 1996. Результаты инвентаризации фауны млекопитающих Южно-Уральского заповедника // Проблемы заповедного дела. 25 лет Висимскому заповеднику. (Материалы научной конференции). Екатеринбург. С. 130-132.

Балахонов В.С., Лобанова Н.А. 1988. Красная полевка в лесотундре Приобья // Грызуны. Тезисы докладов VII Всесоюзного совещания, 27 сентября – 1 октября 1988 г., Нальчик. Т. 1. Свердловск. С. 85-86.

Балахонов В.С., Лобанова Н.А. 1990. Население мелких млекопитающих лесотундры Приобья // V съезд Всесоюзного териологического общества АН СССР, 23 января – 2 февраля 1990 г., Москва. С. 262-263.

Бердюгин К.И., Кузнецова И.А., Шарова Л.П. 2000. Материалы по динамике структуры сообществ и численности грызунов Висимского заповедника // Состояние и динамика природных комплексов особо охраняемых территорий Урала. Тезисы докладов научно-практической конференции, посвященной 70-летию Печоро-Илычского государственного природного заповедника, 29 мая – 1 июня 2000 г. Сыктывкар. С. 13-15.

Бизин М.С., Вето Д.В., Дубровская А.В. 2008. Видовой состав и структура населения мелких млекопитающих северной части заповедника «Денежкин Камень» // Государственный природный заповедник «Денежкин Камень». Летопись природы. Книга 15 за 2007 год. Североуральск. С. 106-118.

Бобрецов А.В. 1989. Биология лесного лемминга в Печоро-Илычском заповеднике // Труды Коми научного центра УрО АН СССР. № 100. Сыктывкар. С. 80-83.

Бобрецов А.В. 1990. Особенности экологии лесного лемминга на Верхней Печоре // V съезд Всесоюзного териологического общества АН СССР, 23 января – 2 февраля 1990 г.,

Москва. Т. 2. С. 61-62.

Бобрецов А.Н. 1994а. Лесной лемминг // Фауна европейского Северо-Востока России. Млекопитающие: Насекомоядные, рукокрылые, зайцеобразные, грызуны. СПб.: Наука. Т. II. Ч. 1. С. 220-224..

Бобрецов А.В. 1994б. Мелкие млекопитающие западного склона Северного Урала и прилегающих равнин. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Екатеринбург. 20 с.

Бобрецов А.В. 2016. Популяционная экология мелких млекопитающих равнинных и горных ландшафтов Северо-Востока европейской части России. М. С. 119-129.

Бобрецов А.В., Лукьянова Л.Е. 2002. Особенности видового разнообразия мелких млекопитающих на западном макросклоне Северного Урала // Экологические проблемы горных территорий. Материалы международной научной конференции, 18-20 июня 2002 г. Екатеринбург: Академкнига. С. 123-126.

Бобрецов А.В., Лукьянова Л.Е. 2011. Динамика населения мелких млекопитающих предгорной тайги Северного Урала // Современное состояние и перспективы развития ООПТ Урала. Материалы научно-практической конференции, посвященной 40-летию Висимского государственного природного биосферного заповедника и 10-летию присвоения ему статуса биосферного, 2-4 декабря 2011 г., Нижний Тагил. Екатеринбург. С. 65-72.

Бобрецов А.В., Лукьянова Л.Е., Порошин Е.А. 2005а. Население мелких млекопитающих Печоро-Илычского заповедника // Труды Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар. Вып. 14. С. 169-182.

Бобрецов А.В., Лукьянова Л.Е., Порошин Е.А. 2005б. Структура лесных сообществ мелких млекопитающих (Micromammalia) на западных склонах Северного Урала // Экология. № 2. С. 138-145.

Бобрецов А.В., Симакин Л.В. 2013. Структура населения мелких млекопитающих Западного и Восточного макросклонов Северного Урала // Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере: Материалы докладов II Всероссийской конференции с международным участием, Сыктывкар, 8-12 апреля 2013 г. С. 16-18.

Богдарина С.В., Стрелков П.П. 2003. Распределение рукокрылых (Chiroptera) на севере Европейской России // Plecotus et al. (Это правильное название журнала или сборника?) С. 7-28.

Большаков В.Н., Балахонов В.С., Бененсон И.Е. 1986. Мелкие млекопитающие Уральских гор (экология млекопитающих Урала). Свердловск. 104 с.

Большаков В.Н., Бердюгин К.И., Садыков О.Ф. 1979. Лесной лемминг на Урале // Бюллетень Московского общества испытателей природы, отделение биологическое. Т. 84. Вып. 4. М. С. 76-79.

Буйдалина Ф.Р., Колесникова Н.В. 1987. К морфологической характеристике лесного лемминга (*Myopus schisticolor* Lill.) Северного Зауралья // Фауна, таксономия, экология млекопитающих и птиц. Новосибирск: Наука. С. 73-78.

Быстров И.В., Устабаева Е.В. 2016. Фаунистические комплексы наземных мелких млекопитающих на заповедных территориях Оренбургской области // Известия Оренбургского гос. аграрного университета. № 1 (57). Оренбург. С. 178-180.

Вартапетов Л.Г. 1982. Сообщества мелких млекопитающих таежных междуречий Западной Сибири // Размещение и численность позвоночных Сибири. Новосибирск: Наука. С. 237-253.

Всесоюзное совещание по проблеме кадастра и учета животного мира. 1986. М.: АН СССР. 530 с.

Всесоюзное совещание по проблеме кадастра и учета животного мира. 1989. Научно-информационные материалы к совещанию. Уфа: Башкирское книжное издательство.

214 с.

Габитова А.Т. 1988. Фауна грызунов Южно-Уральского заповедника // Грызуны. Тезисы докладов VII Всесоюзного совещания, 27 сентября – 1 октября 1988 г., Нальчик. Т. 1. Свердловск. С. 91-92.

Глотов И.Н. 1965. Результаты четырехлетних опытных работ по профилактике эпизоотий у ондатры / Ред. Максимов А.А. // Животный мир Барабы. Новосибирск. С. 171-183.

Глотов И.Н. 1969. Распространение и численность мышевидных грызунов // Биологическое районирование Новосибирской области (в связи с проблемой природноочаговых инфекций). Новосибирск: Наука. С. 33-58.

Глотов И.Н., Телегин В.И., Юдин Б.С. 1970. Распространение лесного лемминга (*Myopus schisticolor* Lilljeborg) в Западной Сибири // Фауна Сибири. Новосибирск: Наука. С. 284-286.

Горбунов С.М., Кулик И.Л. 1974. Кадастрово-справочная карта ареала лесного лемминга (*Myopus schisticolor*) // Зоологический журнал. Т. 53. Вып. 1. М.: Наука. С. 144-146.

Дмитриев А.Е. 2004. Отчет по условиям размножения. Река Панча, Западная Сибирь, Россия // Птицы Арктики: программа сбора данных об условиях размножения арктических птиц / Ред. М.Ю. Соловьев, П.С. Томкович [Электронный ресурс http://www.arcticbirds.ru/info04/ru162ru34604r.html (дата обращения 30 ноября 2017)].

Дмитриев А.Е. 2005. Отчет по условиям размножения. Бассейн р. Большая Ширта, Западная Сибирь, Россия // Птицы Арктики: программа сбора данных об условиях размножения арктических птиц / Ред. М.Ю. Соловьев, П.С. Томкович [Электронный ресурс http://www.arcticbirds.ru/info05/ru162ru38705r.html (дата обращения 30 ноября 2017)].

Долгов В.А. 1985. Бурозубки Старого Света. М.: Изд-во Московского университета. 220 с.

Дубровский В.Ю. 2007. Видовой состав и структура населения мелких млекопитающих северной части заповедника «Денежкин Камень» // Государственный природный заповедник «Денежкин Камень». Летопись природы. Книга 14 за 2006 год. Североуральск. С. 187-192.

Дубровский В.Ю. 2011. Влияние речных долин на структуру населения мелких млекопитающих в различных высотных поясах Северного Урала // Териофауна России и сопредельных территорий. Международное совещание, IX съезд Териологического общества при РАН, 1-4 февраля 2011 г., Москва. С. 151.

Дубровский В.Ю., Соболев М.М., Сухова М.А. 2014. Трехлетняя динамика изменения населения грызунов и насекомоядных после лесного пожара 2010 г. в заповеднике «Денежкин Камень» // Млекопитающие Северной Евразии: жизнь в северных широтах. Материалы международной научной конференции, 6-10 апреля 2014 г., Сургут. С. 85.

Дунаева Т.Н., Кучерук В.В., Осмоловская В.И. 1948. Сравнительный обзор экологии тундровых полевок полуострова Ямала // Труды института географии. Вып. 61. М.-Л.: Изд-во АН СССР. С. 78-143.

Емельянова Л.Г. 2006. Антропогенные изменения сообществ мелких млекопитающих/ Ред. Москаленко Н.Г. // Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции. М. С. 96-149.

Емельянова Л.Г. 2008. Картографирование ареалов видов млекопитающих – основные направления, результаты, перспективы // Биогеография в Московском университете. М.: ГЕОС. С. 107-118.

Емельянова Л.Г. 2012. Исследование эколого-географической структуры ареалов видов млекопитающих картографическими методами // Актуальная биогеография. М.: Издательский Дом «Кодекс». С. 179-192.

Емельянова Л.Г. 2015. Пространственная организация восточной части ареала лесного лемминга (*Myopus schisticolor* (Lilljeborg, 1844) // Бюллетень Московского общества

испытателей природы. Отделение биологическое. Т. 120. Вып. 5. С. 26-30.

Емельянова Л.Г., Брунов В.В. 1986. Опыт создания кадастров, кадастрово-справочных карт и карт структуры ареалов видов животных // Всесоюзное совещание по проблеме кадастра и учета животного мира. М.: АН СССР. С. 64-66.

Емельянова Л.Г., Брунов В.В. 1987. Кадастровые карты по населению млекопитающих и птиц. М.: Изд-во Московского университета. 94 с.

Емельянова Л.Г., Калякин В.Н. 1989. Сравнение видового состава грызунов Большеземельской тундры в погадках хищных птиц и уловах ловушками // Всесоюзное совещание Взаимодействия организмов в тундровых экосистемах. Сыктывкар. С. 92-93.

Емельянова Л.Г., Оботуров А.С. 2017. Пространственно-временная структура цикла динамики численности норвежского лемминга (*Lemmus lemmus* L.) в Фенноскандии // Arctic Environmental Research. Т. 17. № 4. С. 321-335.

Жуков М.А., Шефтель Б.И. 1983. Характер биотопического распределения мелких млекопитающих в среднеенисейской тайге // Биологические проблемы Севера. Тезисы X Всесоюзного симпозиума. Ч. 2. Животный мир (секции VII, VIII, X-XV, XVII). Магадан. С. 24-25.

Зоны и типы поясности растительности России. 1999. М 1:7500000 / Ред. Огуреева Г.Н. М.: Экор. 2 л.

Ильяшенко В.Б., Лучникова Е.М., Скалон Н.В. 2015. Мелкие млекопитающие как объект биомониторинговых исследований на территории Кемеровской области // Вестник Кемеровского государственного университета. № 4 (64). Т. 3. Кемерово. С. 25-30.

Карта растительности. 1983. М 1:16000000 // Атлас СССР. ГУГК при Совете Министров СССР. М. С. 108-109.

Кислый А.А., Одинцева А.А., Одинцев О.А. 2015. Мелкие млекопитающие окрестностей города Тобольска // Омский научный вестник. Омск. № 1 (138). С. 157-160.

Козленко А.Б., Шефтель Б.И. 1987. Мелкие млекопитающие енисейских таежных гарей // Фауна и экология птиц и млекопитающих Средней Сибири. М.: Наука. С. 202-212.

Конюхов Е.Н. 1972. Блохи и гельминты мышевидных грызунов и землероек бассейна р. Васюгана // Зоологические проблемы Сибири. Новосибирск: Наука. С. 116-117.

Коурова Т.П., Ерохин Н.Г. 2011. Млекопитающие Висимского заповедника в зоологических коллекциях института экологии растений и животных // Современное состояние и перспективы развития ООПТ Урала. Материалы научно-практической конференции, посвященной 40-летию Висимского государственного природного биосферного заповедника и 10-летию присвоения ему статуса биосферного, 2-4 декабря 2011 г., Нижний Тагил. Екатеринбург. С. 160-164.

Кузнецова И.А. 2000. Состояние населения грызунов на территории среднего течения реки Сулем за период 1986-1999 годов // Состояние и динамика природных комплексов особо охраняемых территорий Урала: Тезисы докладов научно-практической конференции, посвященной 70-летию Печоро-Илычского государственного природного заповедника, 29 мая – 1 июня 2000 г. Сыктывкар. С. 88-89.

Кузнецова И.А., Коурова Т.П. 2007. Состав населения грызунов Среднего и Северного Урала // Териофауна России и сопредельных территорий. Материалы VIII съезда Териологического общества, 31 января − 2 февраля 2007 г., Москва. С. 231.

Кузнецова И.А., Коурова Т.П., Жумашева А.М., Суслова В.В. 2001а. Результаты долговременных учетов полевок Висимского заповедника // Исследования эталонных природных комплексов Урала. Материалы научной конференции, посвященной 30-летию Висимского заповедника. Екатеринбург. С. 302-306.

Кузнецова И.А., Коурова Т.П., Суслова В.В., Жумашева А.М., Сысоев В.А. 2001б. Состав и динамика сообществ грызунов заповедника «Денежкин Камень» // Там же. С. 306-309.

Куликова И.Л. 1980. Данные по фауне млекопитающих техногенных ландшафтов Урала // Грызуны: Материалы V Всесоюзного совещания, Саратов, 3-5 декабря 1980 г. М. С. 418-419.

Курулюк В.М., Наумкин Д.В. 2013. Оценка современного состояния редких видов позвоночных животных в заповеднике «Басеги» // Географический вестник. Пермь: Пермский государственный университет. № 3 (26). С. 94-103.

Летопись природы заповедника «Басеги». 2005. Книга 18 за 2004 год. Гремячинск. 273 с.

Летопись природы заповедника «Басеги». 2006. Книга 19 за 2005 год. Гремячинск. 282 с.

Летопись природы заповедника «Басеги». 2007. Книга 20 за 2006 год. Гремячинск. 286 с.

Летопись природы заповедника «Басеги». 2010. Летопись природы. Книга 23 за 2009 год. Гремячинск. 349 с.

Летопись природы заповедника «Шульган-Таш». 2013. Книга 27 за 2011/2012 фенологический год. Ч. 1. Иргизлы. 246 с.

Летопись природы заповедника «Шульган-Таш». 2014. Книга 28 за 2012/2013 фенологический год. Ч. 1. Иргизлы. 216 с.

Ливанова Н.Н. 2007. Численность насекомоядных, мышевидных грызунов и амфибий в 2006 г. // Государственный природный заповедник «Денежкин Камень». Летопись природы. Книга 14 за 2006 год. Североуральск. С. 79.

Ливанова Н.Н. 2008. Численность насекомоядных, мышевидных грызунов и амфибий в 2007 г. // Государственный природный заповедник «Денежкин Камень». Летопись природы. Книга 15 за 2007 год. Североуральск. С. 152.

Ливанова Н.Н. 2009а. Численность насекомоядных, мышевидных грызунов и амфибий в 2008 г. // Государственный природный заповедник «Денежкин Камень». Летопись природы. Книга 16 за 2008 год. Североуральск. С. 94-95.

Ливанова Н.Н. 2009б. Численность насекомоядных, мышевидных грызунов и амфибий в 2009 г. // Государственный природный заповедник «Денежкин Камень». Летопись природы. Книга 17 за 2009 год. Североуральск. С. 93-94.

Лукьянова Л.Е. 2011. Динамика ценотических показателей населения мелких млекопитающих в ходе посткатастрофических сукцессий лесных биоценозов Висимского заповедника // Современное состояние и перспективы развития ООПТ Урала. Материалы научно-практической конференции, посвященной 40-летию Висимского государственного природного биосферного заповедника и 10-летию присвоения ему статуса биосферного, 2-4 декабря 2011 г., Нижний Тагил. Екатеринбург. С. 186-194.

Малков А.Л. 1987. Динамика населения мелких млекопитающих в сукцессионном ряду рекультивационных экосистем Южного Кузбасса // Фауна, таксономия, экология млекопитающих и птиц. Новосибирск: Наука. С. 28-37.

Мишланова Ю.Л. 2017. Оценка степени паразитирования эктопаразитов на мелких млекопитающих заповедника «Басеги» // Juvenis scientia. № 1. С. 17-19.

Морозкина А.В., Стариков В.П., Берников К.А., Старикова Т.М. 2013. Мелкие млекопитающие урбанизированной и ненарушенной территорий Среднего Приобья // Мир науки, культуры, образования. № 5 (42). Горно-Алтайск. С. 437-441.

Мяло Е.Г., Горяинова И.Н. 1997. Использование показателя постоянства видов растений при картографировании структуры их ареалов // География и природные ресурсы. Вып. 3. С 185-190.

Новожилова Э.Н. 1977. Паразитические членистоногие млекопитающих Большеземельской тундры // Труды Коми филиала АН СССР. № 34. Сыктывкар. С. 50-58.

Панов В.В., Николаев А.С. 1987. Динамика численности и видовая структура населения мелких млекопитающих Северной Барабы // Фауна, таксономия, экология млекопитающих и птиц. Новосибирск: Наука. С. 5-11.

Переясловец В.М. 2002. Численность млекопитающих // Летопись природы государственного природного заповедника «Юганский». Летопись природы. Книга 17 за 2001 год. Угут. С. 48-50.

Переясловец В.М. 2004. Численность млекопитающих // Летопись природы государственного природного заповедника «Юганский». Книга 19 за 2003 год. Угут. С. 102-107.

Переясловец В.М. 2010. Численность млекопитающих // Летопись природы государственного природного заповедника «Юганский». Книга 25 за 2009 год. Угут. С. 46-49.

Переясловец В.М. 2011. Численность млекопитающих // Летопись природы государственного природного заповедника «Юганский». Книга 26 за 2010 год. Угут. С. 126-130.

Переясловец В.М. 2012. Численность млекопитающих // Летопись природы государственного природного заповедника «Юганский». Книга 27 за 2011 год. Угут. С. 144-148.

Переясловец В.М. 2013. Численность млекопитающих // Летопись природы государственного природного заповедника «Юганский». Книга 28 за 2012 год. Угут. С. 94-99.

Переясловец В.М. 2014. Численность млекопитающих // Летопись природы государственного природного заповедника «Юганский». Книга 29 за 2013 год. Угут. С. 64-73.

Переясловец В.М. 2015. Численность млекопитающих // Летопись природы государственного природного заповедника «Юганский». Книга 30 за 2014 год. Угут. С. 159-170.

Покровская И.В. 1983. Мышевидные грызуны северотаежных редкостойных лесов Западной Сибири // Грызуны. Материалы VI Всесоюзного совещания, Ленинград, 25-28 января 1983 г. Л.: Наука. С. 425-427.

Равкин Ю.С., Лукьянова И.В. 1976. География позвоночных южной тайги Западной Сибири (птицы, мелкие млекопитающие и земноводные). Новосибирск: Наука. 360 с.

Раевский В.В. 1947. Жизнь Кондо-Сосвинского соболя. М. 222 с.

Рамазанова Ф.Р. 1984. Население мелких млекопитающих заповедника «Малая Сосьва» // Мелкие млекопитающие заповедных территорий. М. С. 24-32.

Растительность. 1964. М 1:15000000 // Физико-географический атлас мира. М.: ГУГК, АН СССР. С. 240-241.

Россов С.П., Чернышов В.И. 1978. Биотопическое распределение мелких млекопитающих в пойме среднего течения реки Томи // Проблемы экологии позвоночных Сибири. Кемерово. С. 111-114.

Садыков О.Ф., Гладких Н.Ю., Скороход Т.Г., Яковлев А.Г. 1979. К фауне мелких млекопитающих высокогорий Южного Урала // Млекопитающие Уральских гор. Свердловск. С. 67-69.

Сапегина В.Ф., Вартапетов Л.Г., Покровская И.В. 1990. Блохи мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири // Паразитология. Т. 24. Вып. 1. Л.: Наука. С. 56-62.

Симак С.В. 1993. Мелкие млекопитающие степной зоны Южного Урала в условиях эксплуатируемых и заповедных экосистем. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Екатеринбург. 17 с.

Слуту И.М. 2009. Экология мелких млекопитающих Сибирских Увалов (Западная Сибирь). Автореф. дис. … канд. биол. наук. Новосибирск. 26 с.

Слуту И.М., Стариков В.П. 2008. Морфо- и краниометрическая характеристика лесного лемминга (*Myopus schisticolor*) северной тайги Западной Сибири // Вестник Нижегородского университета имени Н.И. Лобачевского. № 4. С. 86-91.

Смирнов Н.Г., Кропачева Ю.Э., Бачурин Г.Н. 2015. Динамика современной фауны грызунов предлесостепных лесов Зауралья // Фауна Урала и Сибири. № 1. Екатеринбург. С. 167-175.

Соколов А.А., Шепель Е.А. 2002. Особенности питания некоторых видов хищных птиц и сов в условиях горной тундры хребта «Кваркуш» Пермской области // Биота горных территорий: история и современное состояние. Материалы конференции молодых

ученых, 15-19 апреля 2002 г. Екатеринбург. С. 202-204.

Соловьев С.А., *Богомолова И.Н.* 1997. К характеристике населения мелких млекопитающих // Вестник Омского университета. Вып. 4. Омск. С. 40-42.

Стариков В.П. 1983. Особенности распределения мелких млекопитающих северной тайги Западной Сибири // Биологические проблемы Севера. Тезисы X Всесоюзного симпозиума. Ч. 2. Животный мир (секции VII, VIII, X-XV, XVII). Магадан. С. 49.

Стариков В.П. 1985. Лесостепная и лесная зоны Западной Сибири // Пространственно-временная динамика животного населения (птицы и мелкие млекопитающие). Новосибирск: Наука. С. 176-187.

Стариков В.П. 1987. Динамика населения мелких млекопитающих в черте г. Кургана // Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население наземных позвоночных животных. Тезисы Всесоюзного совещания. Ч. 2. М. С. 87-88.

Стариков В.П., Бородин А.В., Берников К.А. 2016. Сообщества мелких млекопитающих в слиянии рек Оби и Иртыша // Териофауна России и сопредельных территорий. Материалы международного совещания, X съезд Териологического общества при РАН, 1-15 февраля 2016 г., Москва. С. 56.

Стариков В.П., Майорова А.Д., Сарапульцева Е.С., Берников К.А., Наконечный Н.В., Морозкина А.В., Бородин А.В., Петухов В.А. 2017. Материалы по иксодовым клещам (Ixodidae) мелких млекопитающих Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Самарский научный вестник. Т. 6. №2 (19). 2017. С. 88-91.

Стариков В.П., Слуту И.М. 2009. Динамика популяции лесного лемминга (*Myopus schisticolor*) в северной тайге Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. № 2. С. 203-206.

Стрельников Е.Г. 1998. Птицы Юганского заповедника и сопредельных территорий // Русский орнитологический журнал. Вып. 51. С. 3-22.

Стрельников Е.Г. 2010. Ястребиная сова *Surnia ulula* в Юганском заповеднике // Русский орнитологический журнал. Т. 19. Вып. 617. С. 2193-2195.

Сыроечковский Е.Е. 1998. Отчет по условиям размножения. Верховья реки Большой Хеты, Россия // Птицы Арктики: программа сбора данных об условиях размножения арктических птиц / Ред. М.Ю. Соловьев, П.С. Томкович [Электронный ресурс http://www.arcticbirds.ru/info98/ru17ru6098r.html (дата обращения 30 ноября 2017)].

Телегин В.И. 1963. Долины северных рек как места концентрации и пути проникновения таежных животных на крайний север // Труды Томского государственного университета имени В.В. Куйбышева. Т. 152. Томск. С. 343-349.

Телегин В.И., Ивлева Н.Г. 1983. Количественная характеристика населения мелких грызунов приобских лесов в окрестностях Новосибирского научного центра // Грызуны. Материалы VI Всесоюзного совещания, Ленинград, 25-28 января 1983 г. Л.: Наука. С. 454-455.

Тертицкий Г.М., *Покровская И.Н.* 1991. Мелкие млекопитающие среднего течения реки Таз // Биологические ресурсы и биоценозы енисейской тайги. М. С. 165-177.

Тишков А.А., *Готфрид А.Б.*, *Шефтель Б.И.* 1978. Новые данные о питании лесного лемминга // Бюллетень МОИП. Новая серия. Отделение биологическое. Т. 83. Вып. 4. М. С. 22-26.

Тупикова Н.В. 1989. Структура ареалов грызунов и зайцеобразных Алтая // Фауна и экология грызунов. М.: Изд-во Московского университета. Вып. 17. С. 59-112.

Тупикова Н.В., Тесленко Е.Б. 1967. Составление кадастрово-справочных карт распространения видов // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологическое. Т. 72. Вып. 1. 14 с.

Турьева В.В. 1977. Эколого-фаунистический обзор мелких млекопитающих западного склона Приполярного Урала // Труды Коми филиала АН СССР. № 34. Сыктывкар. С. 30-43.

Федоров В.Б. 1992. Аллозимный полиморфизм, соотношение полов и структура популяции лесного лемминга. Автореф. дис. … канд. биол. наук. М. 26 с.

Федоров В.Б., Чепраков М.И. 1989. О пространственной структуре популяции лесного лемминга в период спада и депрессии численности // Труды Коми научного центра УрО АН СССР. № 100. Сыктывкар. С. 161-162.

Чернышев В.И., Чернышева Н.Г. 1984. Изменение населения мышевидных грызунов на первых этапах крупного гидротехнического строительства // Мелкие млекопитающие заповедных территорий. М. С. 122-131.

Шарова Л.П., Бердюгин К.И., Кузнецова И.А. 1996. Сравнительный анализ населения мелких млекопитающих в лесных местообитаниях Висимского заповедника по данным отловов давилками и канавками // Проблемы заповедного дела. 25 лет Висимскому заповеднику. (Материалы научной конференции). Екатеринбург. С. 118-122.

Швецов А.В. 2007. Фаунистические исследования блох мелких млекопитающих Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. № 2 (14). С. 141-144.

Шефтель Б.И. 1982. Особенности населения мелких млекопитающих поймы Енисея подзоны средней тайги // Доклады МОИП «Зоология и ботаника». Некоторые аспекты изучения флоры и фауны СССР. М.: Наука. С. 19-21.

Шилова С.А., Симкин Г.Н. 1958. О биологии лесного лемминга (*Myopus schisticolor* Lill) в очагах клещевого энцефалита Пермской области // Научный доклад высшей школы Биологической науки. № 2. М.: Советская наука. С. 58-61.

Юрлов К.Т., Юдин Б.С., Потапкина А.Ф., Телегин В.Н., Маркина А.Б. 1965. К характеристике фауны мелких млекопитающих северной лесостепи Барабинской низменности // Животный мир Барабы / Ред. Максимов А.А. Новосибирск. С. 184-207.

Bobretsov A.V., Lukyanova L.E. 2017. Population dynamics of wood lemming (*Myopus schisticolor*) in different landscapes of the Northern Pre-Urals // Russian Journal of Theriology. Vol. 16. No. 1. P. 86-93.

Brown J.H., Stevens G.C., Kaufman D.M. 1996. The Geographic Range: Size, Shape, Boundaries, and Internal Structure // Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. Vol. 27. P. 597-623.

Gaston K.J. 2003. The Structure and Dynamics of Geographic Ranges. Oxford University Press. 278 p.

CADASTRAL-REFERENCE MAPS AS A BASE FOR MAKING MAPS OF ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL STRUCTURE OF MAMMALS NATURAL HABITATS

© 2018. L.G. Yemelyanova, A.S. Oboturov

M.V. Lomonosov Moscow State University

Russia, 119991, Moscow, Leninskiye Gory, 1. E-mail: biosever@yandex.ru, phantom-91_91@mail.ru

Currently the knowledge of many species and taxons of animals has reached its cartographical completeness, and the study of species range is on its new informational level. The transition from analysis of species distribution, range unevenness and its boundaries to studies of ecological and geographical structure of the natural habitat is about to happen. The most important method in such studies is cartography. We present a methodic of cadastral-reference maps compilation, which is needed to help with making the maps of ecological and geographical structure of species range. The first and the most significant step of map-making is collecting and organizing the primary quantity data. Every step is explained in details with specific research materials, so this article can be used as an algorithm for map-making for animals species of different taxons.

Keywords: cadastral-reference maps, arealogy, ecological and geographical natural habitat structure, wood lemming *Myopus schisticolor* Lilljeborg.

DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10011

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2018, том 2, № 2, с. 127-146

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОХРАНА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК: 910.3; 581.9

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЯДОВИТЫХ РАСТЕНИЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

© 2018 г. С.В. Зелихина, Т.В. Дикарева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Россия, 119992, г. Москва, Ленинские горы, д. 1
E-mail: svetlana_2304@list.ru, tvdikareva@yandex.ru

Флора Дальнего Востока насчитывает около трех тысяч видов растений. Группа ядовитых растений значительно распространена по Дальнему Востоку: почти каждый 25-ый вид здесь считается ядовитым. Поэтому отравления людей токсичными растениями в данном регионе не редкость. Таким образом, изучение распространения ядовитых растений и природных факторов, влияющих на них, особенно актуально для Дальнего Востока. В работе представлен флористический анализ и выявлены эколого-географические закономерности распространения ядовитой группы растений на всей территории Дальнего Востока, а также на территории Хинганского заповедника.

Ключевые слова: ядовитые виды растений, эколого-флористический анализ, экологическая ординация, видовое богатство, токсичность.

DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10012

Флора Дальнего Востока насчитывает около 3 тысяч видов растений. Некоторые из них вырабатывают ядовитые вещества, которые нарушают ход процессов жизнедеятельности и способны даже в незначительных количествах привести к смерти или поражению организма человека и животных. Растения, обладающие такими веществами, называются ядовитыми. Данная группа значительно распространена по Дальнему Востоку: почти каждый 25-ый вид здесь считается ядовитым. Поэтому отравления людей рассматриваемыми растениями в данном регионе не редкость. Так, по сведениям Роспотребнадзора, только в Хабаровском крае за 2011 год зафиксировано 58 случаев отравления растениями и ягодами, в том числе 41 у детей. В Приморском крае в 2016 году были обнаружены массовые случаи отравления чемерицей, которую принимали за черемшу и употребляли в пищу (Управление …, 2018). Таким образом, изучение распространения ядовитых растений и влияющих на них природных факторов особенно актуально для Дальнего Востока.

В работе рассмотрена территория Дальнего Востока, восточная граница которой проходит от места слияния рр. Шилки и Аргуни и далее на север по южной цепи Станового хребта, Джугджуру и Колымскому нагорью до Чаунской губы. В список ядовитых растений вошло 233 вида. Все они содержат сильнодействующие, наркотические или ядовитые вещества по санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам. Кроме того, отдельно рассмотрены представители рода *Aconitum*, все без исключения относящиеся к ядовитым растениям. Всего на Дальнем Востоке произрастает 37 видов рода *Aconitum*. Данная группа считается наиболее опасной. Уже в древние времена люди знали об их ядовитых свойствах и натирали экстрактом аконитов наконечники стрел для охоты.

Более подробный флористический и экологический анализ проведен на примере ядовитых растений Хинганского заповедника. Исследуемый район расположен на юго-востоке Амурской области и занимает Архаринскую низменность и отроги Малого Хингана. В список вошло 85 вида, также включенных в список Санитарных правил и норм (СанПиН).

Цель данной работы – выявление характера распространения ядовитых растений на

Дальнем Востоке в целом, а также проведение флористического анализа и выявление эколого-географических закономерностей распространения ядовитой группы на примере Хинганского заповедника.

К основным задачам относится выявление таксономического состава, генезиса и ценотических особенностей ядовитой фракции растений; построение шкалы токсичности и выделение наиболее опасных видов; проведение экологической ординации растительных сообществ для оценки ядовитых растений с точки зрения факторов среды; оценка изменения видового богатства ядовитой фракции и обилия по градиентам увлажнения и богатства почв и составление карт видового богатства ядовитых растений.

Материалы и методы исследования

На территории Дальнего Востока отмечено 270 видов, входящих в список растений, содержащих сильнодействующие, наркотические или ядовитые вещества, по документу «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01». Из их 37 относятся к роду *Aconitum*, представители которого рассматривались отдельно, поскольку они наиболее многочисленны на Дальнем Востоке, а также очень опасны, так как все их части ядовиты и содержат алкалоид аконитин.

На основе полученного списка составлены карты видового богатства ядовитых растений и отдельно для рода *Aconitum* для Дальнего Востока. В качестве основы использовалась карта «Биомы России» (2016). На нее накладывался ареал вида, изученный по восьмитомному изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока» (1985-1996). Карты составлены в программе MapInfoPro. Всего в легенде выделено 5 градаций видового богатства с шагом 10 для всех видов и 5 отдельно для аконитов. Для Хинганского заповедника карты видового богатства ядовитых растений составлены на основе карты растительности заповедника (Далин и др., 1999; Морозова, Майорова, 2013). В легенде выделено 4 градации видового богатства: <10, 10-19, 20-25, 26-30. Интенсивность цвета на карте увеличивается в соответствии с возрастанием показателя видового богатства.

При рассмотрении эколого-географических закономерностей распространения ядовитой группы на примере Хинганского заповедника использованы данные, полученные в ходе производственной практики, в течение которой выполнено 35 геоботанических описаний. Для этого закладывались пробные площади размером 100 м^2 на открытых участках, лишенных древесного яруса, и 400 м^2 в лесах. На ровной поверхности площадка имела форму квадрата, на склоне – прямоугольника. В геоботанических описаниях составлялся флористический список, выделялись доминанты каждого яруса и отмечались характеристики ярусов (сомкнутость крон, проективное покрытие, высота яруса).

Описания растительных сообществ систематизированы по доминантной классификации (Сукачев, 1972) из-за небольшого числа исследуемой территории. Всего было выделено 19 ассоциаций. Для каждого полученного ценоза выделены ядовитые виды согласно списку СанПиН. Номенклатура и таксономия рассматриваемых видов приведена по С.К. Черепанову (1995). Сведения о токсичности растений получены из следующих литературных источников: работ Е.А. Лужникова (1994), П.С. Зорикова (2005), Н.Ф. Гусева с соавторами (2001), Данченко А.С. с соавторами (2009). На основе этих данных построена шкала токсичности, отражающая наличие смертельно ядовитых видов.

Также в работе применены стандартные методы эколого-флористического анализа и ординации по методу шкал Л.Г. Раменского (Раменский и др., 1956). Использованы результаты флористических и геоботанических исследований (Старченко, 2001; Рубцова, 2002; Кудрин, Якубов, 2013; Кудрин, 2015).

Для выявления изменения видового богатства флоры ядовитых растений по основным

факторам среды была проведена экологическая характеристика ассоциаций, в которых они обитают. С данной целью использованы экологические шкалы Л.Г. Раменского (1956). Они содержат балльную оценку видов по основным факторам среды с учетом их обилия и дают возможность достаточно точно проводить ординацию геоботанических описаний по факторам среды. Использование именно этого метода связано с тем, что на исследуемую территорию есть показатели для растений по шкалам Л.Г. Раменского, разработанные И.А. Цаценкиным (1974) и Т.А. Комаровой (2003).

Ординация выполнена по двум факторам – увлажнение и богатство почв. Именно они вносят наиболее существенный вклад в распределение растительного покрова. Характер увлажнения определяется континентальностью климата, рельефом местности, уклоном поверхности, экспозицией склона и механическим составом почв. На богатство почв влияет мощность гумусового слоя, содержание и запас гумуса, характер водного режима.

Оценить связь растительности с условиями местообитания можно, проанализировав видовой состав сообществ. При этом важно учитывать все виды в ассоциации, поскольку по одному доминирующему виду полученная связь фитоценоза с абиотическими условиями будет приблизительной из-за широкой пластичности растений в их экологической амплитуде. Использование растений с малым обилием позволяет дополнить и уточнить показания господствующих видов. Учет каждого вида дает более точную связь фитоценоза с местообитанием (Раменский и др., 1956; Жукова и др., 2010). Для каждого вида выбирались показатели рассматриваемых факторов в зависимости от его обилия в ценозе. Значения брались из региональных экологических шкал, составленных Т.А. Комаровой (2003) и И.А. Цаценкиным (1974). Определение сходства условий местообитания конкретной растительной ассоциации с определенной ступенью экологического ряда проводилось методом ограничений.

Благодаря полученной экологической характеристике местообитаний рассматриваемых фитоценозов и проведенной ординации ассоциации были расставлены по градиентам учитываемых факторов среды. Затем на полученный экологический ряд наложено изменение видового богатства группы ядовитых растений по градиентам рассматриваемых факторов (Уиттекер, 1980). Таким образом, получена связь фракции ядовитых растений с увлажнением и богатством почв.

Для выявления изменений в обилии ядовитых видов в разных местообитаниях проведен косвенный многофакторный градиентный анализ. По двум осям отложены и увлажнение, и богатство почв, поэтому в данном случае невозможно полностью показать изменение вида по факторам среды и остается только его оптимум обилия, отмеченный на графике точками. В зависимости от разреженности или скученности точек можно выделить условия, при которых представители ядовитой фракции достигают большего обилия, то есть наиболее благоприятные для их существования (Новаковский, 2008).

Результаты и обсуждение

В список ядовитых растений Дальнего Востока вошло всего 270 видов из 32 семейств. Более половины ядовитых видов составляют представители *Asteraceae* и *Ranunculaceae* (рис. 1), поскольку *Asteraceae* – ведущее семейство умеренного пояса Евразии (Толмачев, 1974), а *Ranunculaceae* в целом считается самым ядовитым в мире. Представители данного таксона содержат различные алкалоиды (Зориков, 2005).

Для всех видов были отмечены биомы, в которых они встречаются. На территории Дальнего Востока выделено 19 биомов (Биомы России, 2016). Наибольшее видовое богатство характерно для Амуро-Уссурийского подтаежного и Сихотэ-Алиньского южного биомов (рис. 2). В них количество встречаемых ядовитых растений доходит до 50.

Значительное распространение ядовитых растений в этих регионах связано в первую очередь с высоким флористическим разнообразием, особенно в Сихотэ-Алиньском южном биоме, где количество сосудистых растений достигает 2535 видов. По количеству видов это самый богатый биом на Дальнем Востоке. Высокое фиторазнообразие здесь обусловлено благоприятными климатическими условиями и расположением на стыке четырех геоботанических областей (маньчжурской, охотской, восточносибирской и даурской).

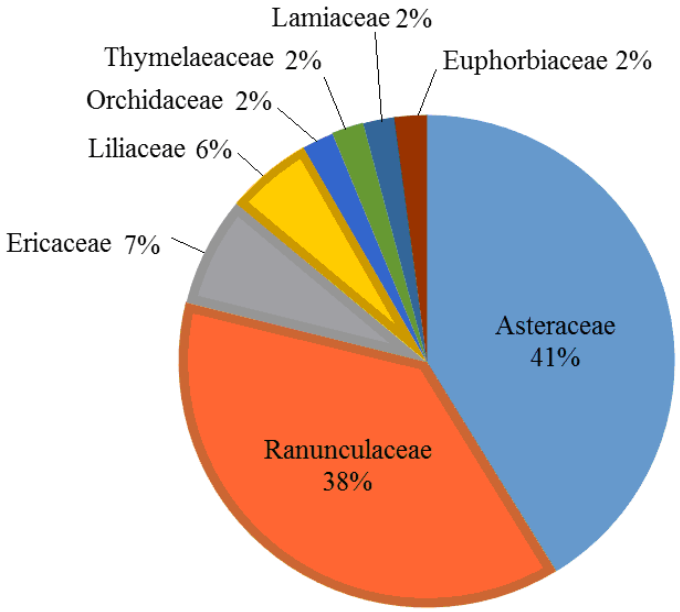


Рис. 1. Соотношение восьми преобладающих семейств фракции ядовитых растений Дальнего Востока. **Fig. 1.** Percentage of 8 prevailing families of poisonous species in the Far East.

Основу маньчжурской флоры составляют остатки третичных лесов. Благоприятный муссонный климат Сихотэ-Алиньского южного биома способствует сохранению здесь маньчжурских флористических элементов: среднегодовая температура воздуха составляет 4.3°C (Биомы России, 2016), а количество осадков достигает 1200 мм. Среди лесов и кустарников в таких влажных местообитаниях произрастает *Taxus cuspidate* Sieb. Et Zuss. В районах с достаточным количеством увлажнения на прибрежной песчано-галечниковой почве предпочитает селиться *Thermopsisl upinoides* L.

Севернее Сихотэ-Алиня среднегодовая температура резко опускается до -5-7°C. Из-за усиления континентальности видовое разнообразие ядовитых растений резко падает до 11-20 видов. Зимой температура в этих районах может опускаться ниже -30°C (Биомы России, 2016), что приводит к сильному промерзанию почвы. На севере острова Сахалин в Северосахалинском среднетаежном биоме очагами распространена многолетняя мерзлота. Вегетационный период на Становом нагорье сокращается до 110 дней по сравнению с Сихотэ-Алинем, а на Сахалине до 97. Все это приводит к изменению флористического состава территории. На смену неморальным видам хвойно-широколиственных и широколиственных лесов приходят таежные. Здесь уже не встречаются такие виды, как *Skimmia repens* Nakai и *Taxus cuspidate* Sieb.

Также условия с недостатком тепла, избыточным увлажнением и распространением многолетней мерзлоты приводят к изменению почв с бурых лесных и подзолистых на торфянисто-глеевые с застойным водным режимом. Происходит сильное заболачивание территории и появляются влаголюбивые виды, характерные для заболоченных лесов, как, например, *Ledum palustre* L.

Почти во всей Северо-Притихоокеанской стране разнообразие ядовитых растений по биомам не превышает 10 видов. Исключением является только Камчатско-Курильский биом, где их численность доходит до 30. Полуостров Камчатка обладает более благоприятными условиями по сравнению с другими областями Северо-Притихоокеанской страны. Среднегодовая температура воздуха здесь положительная. Количество осадков составляет 886 мм, что выделяет этот регион среди других. Также в Северо-Притихоокеанской стране только на юге Камчатке нет вечной мерзлоты. Все это дает возможность произрастать здесь

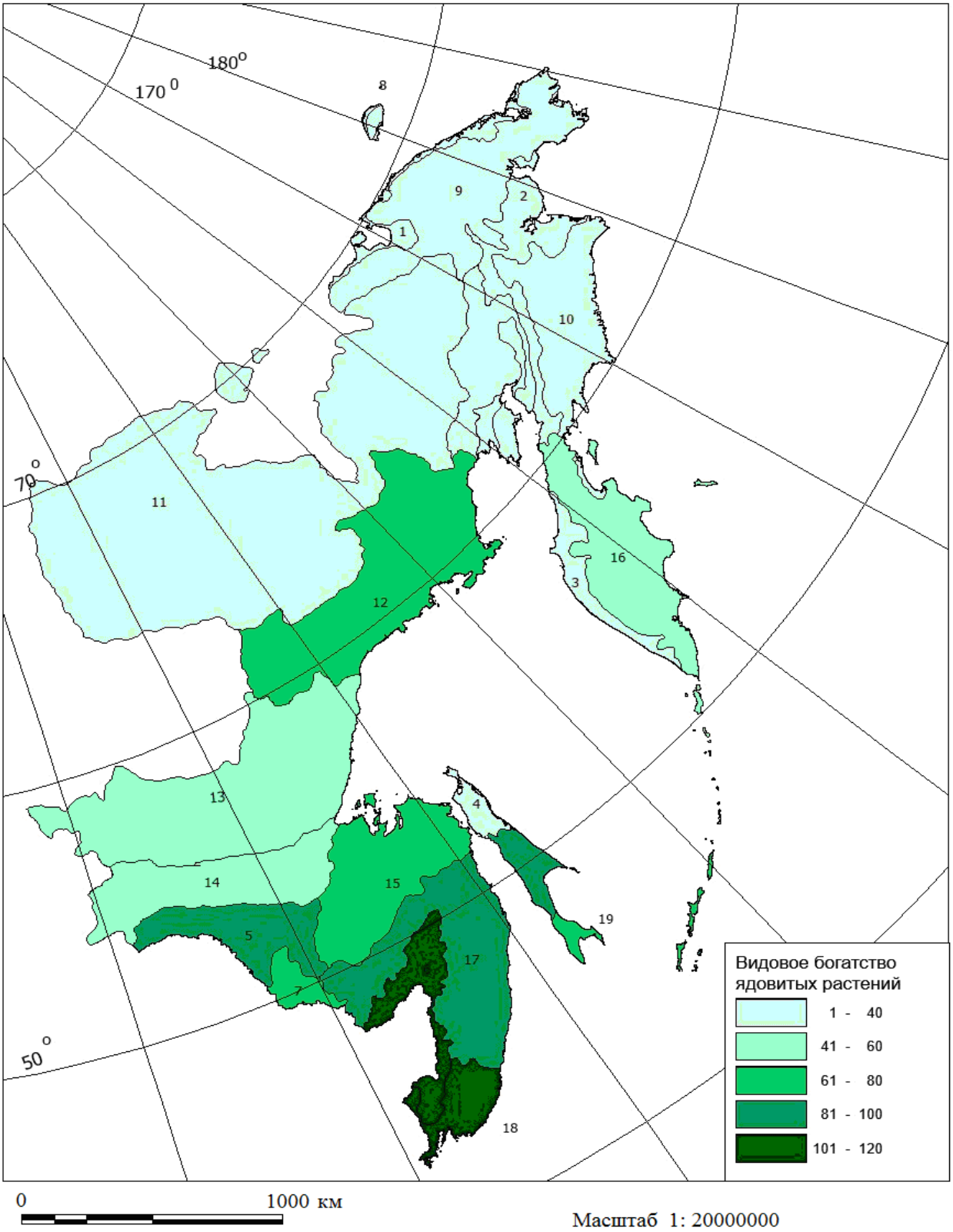


Рис. 2. Карта видового богатства ядовитых растений Дальнего Востока по биомам. *Условные обозначения к рисункам 2 и 3.* Биомы: 1 – Чукотский арктическо-тундровый, 2 – Анадырь-Пенгинский гипоарктически-тундровый, 3 – Западно-Камчатский субокеанически-северо-таежный, 4 – Северо-Сахалинский северо-таежный, 5 – Амурско-Зейский южно-таежный, 6 – Амурско-

Уссурийский подтаежный, 7 – Зейско-Бурейско лесостепной. Горные биомы (оробиомы): Арктическая и гипоарктическая тундра: 8 – Острова Врангеля, 9 – Чукотка, 10 – Корякский. Гипоарктическая тайга: 11 – Верхояно-Колымский, 12 – Североохотский, 13 – Алдано-Майский, 14 – Янкано-Джагдинский, 15 – Южноохотский, 16 – Камчатско-Курильский. Биомы неморальных хвойно-широколиственных и широколиственных лесов: 17 – Сахалино-Сихотэ-Алинский, 18 – Южный Сихотэ-Алинский, 19 – Южные дальневосточные острова. **Fig. 2.** Map of species richness of poisonous plants in the biomes of Far East. *Legend to figures 2 and 3.* Biomes: 1 – Chukotka arctic-tundra, 2 – Anadyr-Penginskiy hypoarctic-tundra, 3 – West-Kamchatka suboceanic north-taiga, 4 – North-Sakhalin north-taiga, 5 – Amur-Zeya south-taiga, 6 – Amur-Ussuri subtaiga, 7 – Zeya-Bureya steppe-forest. Biomes of the mountains (orobiomes) – Arctic and hypoarctic tundra: 8 – Vrangel islands, 9 – Chukotka, 10 – Koriakskiy. Hypoarctic taiga: 11 – Verkhoyano-Kolimskiy, 12 – North-Okhotskiy, 13 – Aldano-Maiskiy, 14 – Yankano-Djagdinskiy, 15 – South-Okhotskiy, 16 – Kamchatsko-Kurilskiy. Biomes of nemoral coniferous broad-leaved and broad-leaved forests: 17 – Sakhalino-Sikhote-Alinskiy, 18 – Southern Sikhote-Alinskiy, 19 – Southern Far-East islands.

более теплолюбивым и влаголюбивым видам, которые не встречаются в других областях физико-географической страны (*Thermopsis upinoides*). Однако Западнокамчатский северотаежный биом имеет совершенно другие физико-географические условия. В результате влияния холодного Охотского моря среднегодовая температура может опускаться до -1.4°С (Биомы России, 2016). Количество осадков по сравнению с восточным побережьем Камчатки небольшое (560 мм), поскольку территория находится в дождевой тени Срединного хребта. Такие условия обусловливают небольшое разнообразие ядовитых видов растений (меньше 10 видов).

Представители рода *Aconitum* также сосредоточены на юге Сихотэ-Алиня, вдоль Амура и на Сахалине (рис. 3). Это произошло в связи с тем, что центр происхождения видов рода *Aconitum* – Восточная Азия. На севере Дальнего Востока из видов рода *Aconitum* встречается в основном один вид – *Aconitum delphinifolium* DC. Он распространен на лугах в подгольцовом и гольцовом поясах, редколесьях, лиственничниках, встречается на каменисто-щебнистых обнажениях, вдоль рек и ручьев, в тундрах.

Более подробно провести флористический и эколого-географический анализ ядовитых растений можно на примере Хинганского заповедника. Данная территория входит в Сахалино-Сихотэ-Алиньский биом, отличающийся достаточно высоким видовым богатством. Всего в Хинганском заповеднике произрастает 85 ядовитых видов растений из 20 семейств (рис. 4). Это составляет почти 10% от всей флоры исследуемой территории. Преобладающими по числу ядовитых видов также, как и в целом по Дальнему Востоку стали семейства *Ranunculaceae* и *Asteraceae* (в сумме более 70%; рис. 5).

Для выявления происхождения ядовитой фракции Хинганского заповедника был проведен ее географический анализ (Старченко, 2001). Выделено 10 типов географических элементов (табл.), включающих виды со сходными ареалами. В структуре флоры преобладает Восточноазиатский геоэлемент (40%). Далее следуют Циркумполярный и Евроазиатский внетропический (19 и 16% соответственно; рис. 6). Данная структура соответствует географической структуре всей флоры Хинганского заповедника (Кудрин, 2015). Значительное число видов юго-востока Амурской области составляют аллохтонные элементы флоры (10%). Однако ядовита среди них только *Sigesbeckia orientalis* L., проникающая по обочинам дорог в низкогорье.

При эколого-ценотическом анализе выделено 3 комплекса: лесной, степной и лугово-пойменный, а также отдельно отмечены плюризональные и сорные (РУ) группы.

Лесной и лугово-пойменный комплексы преобладают в исследуемой флоре (по 30%). Доля плюризональных видов и представителей степного комплекса примерно в 2 раза меньше. Меньше всего среди ядовитой флоры рудеральных растений (9%).

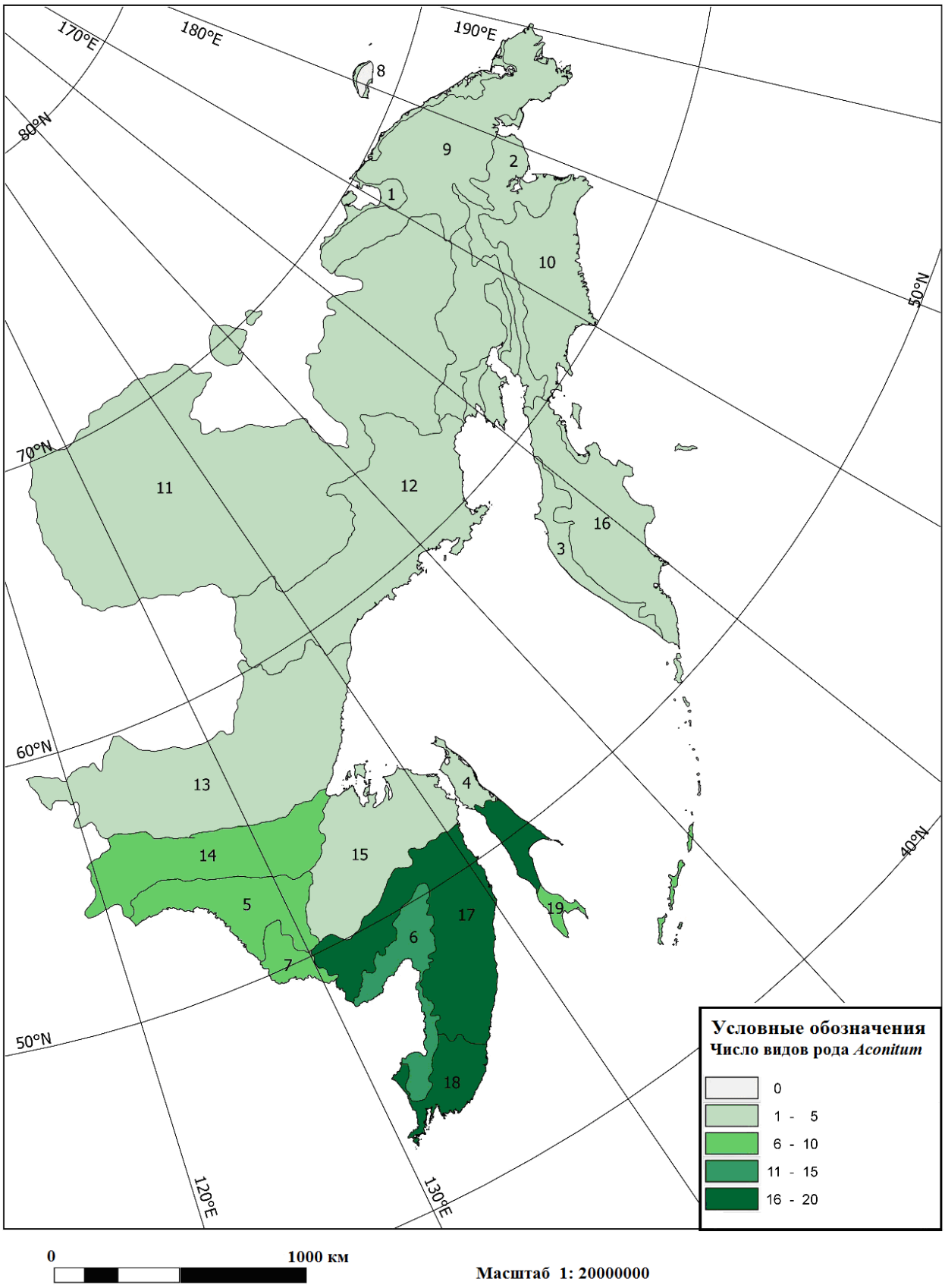


Рис. 3. Карта видового богатства рода *Aconitum* на Дальнем Востоке по биомам. **Fig. 3.** Map of species richness of poisonous plants of *Aconitum* genera in the biomes of Far East.

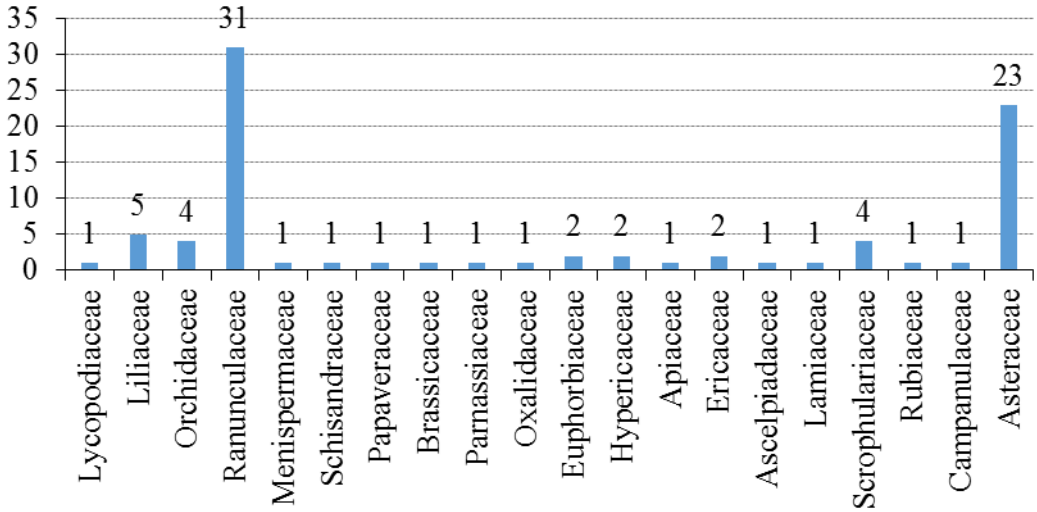


Рис. 4. Таксономическая структура флоры ядовитых растений. **Fig. 4.** Taxonomic structure of poisonous plants flora.

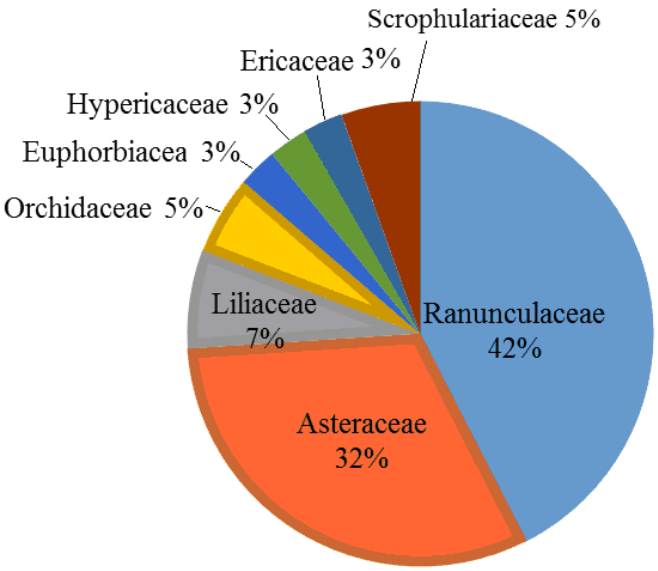


Рис. 5. Соотношение восьми преобла-дающих семейств флоры ядовитых растений Хинганского заповедника. **Fig. 5.** Percentage of eight prevailing families of poisonous species in Khingan nature reserve.

Внутри комплексов выделены более мелкие эколого-ценотические элементы. В целом выделяются неморальный (23%) и луговой (19%) элементы, образующие ядро флоры. Также значительно число и водно-болотных видов (12%).

Внутри комплексов выделены следующие эколого-ценотические элементы: ЛЕ – виды без четко выраженной приуроченности к определенному типу леса, ЛЕ-НМ – неморальные, ЛЕ-СХ – светлохвойно-лесные, ЛЕ-ТХ – темнохвойно-лесные, СТ-ГС – горно-степные, СТ-ЛС – лесостепные, СТ-СС – собственно-степные, включая пустынно-степные, ЛП – виды без четко выраженной приуроченности в долинно-луговом комплексе, ЛП-ЛГ – луговые, ЛП-ВБ – водно-болотные, ЛП-ПР – прирусловые (рис. 7).

Наиболее разнообразны по набору эколого-ценотических элементов Восточноазиатский и Евроазиатский внетропический типы геоэлементов. Они составляют основу флоры заповедника. Им соответствуют все флористические комплексы. Среди восточноазиатских видов максимальную долю имеют лесные неморальные, которые связаны с неморальными лесами Маньчжурии (Рубцова, 2002). Также выделяется и луговой комплекс, виды которого встречаются по суходольным и влажным лугам. Данная ситуация складывается за счет того, что основные представители данных групп − роды *Aconitum, Pulsatilla* и *Ranunculus,* относятся к одному из наиболее ядовитых семейств *Ranunculaceae*. В

список СанПиН включены все виды данных родов.

Таблица. Типы геоэлементов и их характеристика. **Table.** Types of geographical elements and their characteristics.

Тип геоэлемента	Характеристика геоэлемента	Примеры
Циркумполярный (ЦП)	Виды с циркумполярным или почти циркумполярным распространением	*Artemisia tanacetifoli* *Caltha palustris* *Erysimum cheiranthoides* *Thalictrum minus*
Евразиатский внетропический (ЕА)	Голарктические виды, широко распространенные в Евразии и заходящие иногда в Северную Африку	*Artemisia lacinata* *Cicuta virosa* *Cypripedium calceolus* *Ranunculus monophyllus* *Pedicularis resupinata* *Xanthium strumarium*
Азиатско-американский (АА)	Виды материковых областей Азии и Америки	*Convallaria keiskei* *Hypericum ascyron*
Восточноазиатский (ВА)	Виды Восточноазиатской флористической области	*Aconitum kirinense* *Adonis amurensis* *Artemisia argyi* *Clematis mandshurica* *Hylomecon vernalis* *Pulsatilla cernua*
Североазиатский и восточноазиатский (СА ВА)	Виды с ареалами целиком или почти целиком расположенными в Северной и Восточной Азии	*Aconitum ranunculoides* *Artemisia integrifolia* *Thalictrum baicalense*
Западнопацифический (ЗП)	Ареалы видов примыкают к северо-восточному элементу, но приурочены к морским побережьям и островам Западной Пацифики	*Artemisia stolonifera* *Clematis fusca* *Lobelia sessilifolia*
Центральноазиатский и восточноазиатский (ЦА ВА)	Виды с основными ареалами в Восточной и Центральной Азии	*Artemisia gmelinii* *Hypericum attenuatum* *Pulsatilla turczaninovii*
Восточноазиатско-южносибирский (ВА ЮС)	Виды с ареалами в Восточной Азии и Южной Сибири	*Artemisia macilenta* *Menispermum dauricum* *Thalictrum squarrosum*
Общеазиатский (ОА)	Виды распространенные почти повсеместно в Азии	*Euphorbia discolor* *Ranunculus chinensis*
Адвентивный (АД РУ)	Виды, занимающие в основном рудеральные местообитания, их проникновение связано с антропогенной деятельностью	*Sigesbeckia orientalis*

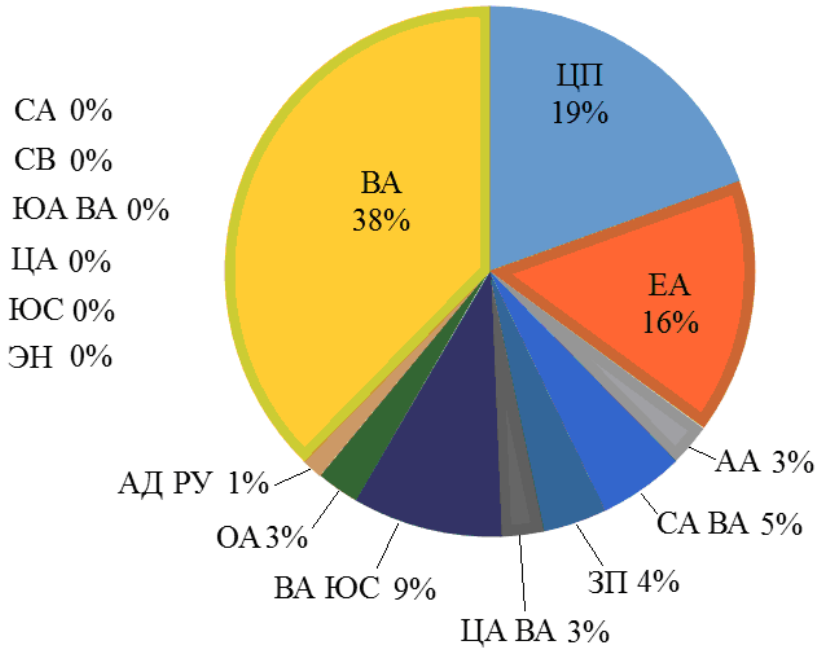


Рис. 6. Географическая структура флоры ядовитых растений. Буквенные обозначения см. в таблице.
Fig. 6. Geographical structure of poisonous plants flora. Abbreviations are explained in the table.

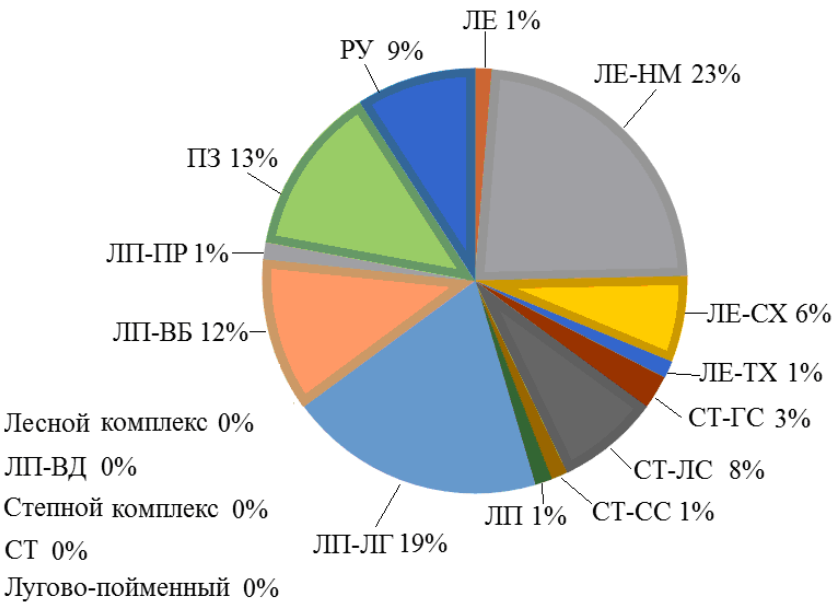


Рис. 7. Эколого-ценотическая структура флоры ядовитых растений. Буквенные обозначения см. в тексте. **Fig. 7.** Ecological-coenotic structure of poisonous plants flora. Abbreviations are explained in the text.

В целом для заповедника характерно преобладание восточноазиатских элементов, доля евроазиатских значительно меньше (Кудрин, 2015). Однако среди ядовитой флоры их вес увеличивается, возможно, из-за большей изученности химического состава европейских видов. Возможно, при большем исследовании некоторые восточноазиатские виды также могут быть включены в перечень СанПиН.

Также довольно разнообразен циркумполярный геоэлемент, подчеркивающий близость к Циркумбореальной области и обмен с ней видами. Здесь преобладают луговые виды, что связано с разнообразием подходящих местообитаний вдоль русел рек, на влажных лугах. Более узкоспециализирован общеазиатский геоэлемент, которому соответствует лишь луговой комплекс. Виды проникают в основном по сырым местам вдоль антропогенных объектов (Ranunculus chinensis Bunge).

По шкале токсичности выделено три градации: чрезвычайно токсичные (<15 мг/кг), высокотоксичные (15-150 мг/кг) и умеренно-токсичные (151-1500 мг/кг). Ядовитость растений может варьировать внутри ареала. Кроме того, не для всех видов известна их токсичность. Поэтому данная шкала не совсем точная.

Почти всю чрезвычайно-токсичную группу составляют представители семейства

Ranunculaceae: Aconitum, Adonis amurensis Regel et Radde и *Clematis hexapetala* Pall., и *Convallaria keiskei* Miq. (*Liliaceae*; фото 1). Среди высокотоксичной группы в основном представители Liliaceae, *Cicuta virosa* L. и *Clematis*. Единственный умеренно-токсичный вид – *Hylomecon vernalis* Maxim. (*Papaveraceae*).

Фото 1. Ландыш Кейске (*Convallaria keiskei* Miq).
Photo 1. *Convallaria keiskei* Miq.

В результате ординации ассоциаций (рис. 8) видно, что сообщества располагаются в диапазоне увлажнения от болотного (97) до сухолугового (61) и по богатству почв от мезоолиготрофных (8) до мега-мезотрофных (11). Выделено три условных экологических ряда ассоциаций: болотный, луговой и лесной. Болотный ряд значительно отделен от остальных по высокой величине увлажнения и низкому богатству почв. В луговом ряду при сыролуговом увлажнении отмечены более богатые почвы, при уменьшении увлажнения заметно и снижение плодородия почв. Лесной и луговой ряд перекрываются, что говорит о наличии переходных стадий – восстановлении на лугах лесных сообществ. Также лесному ряду соответствуют более низкое увлажнение.

На основе проведенной экологической ординации ассоциаций можно оценить изменение видового богатства ядовитой группы по градиентам факторов среды. Рассмотрено варьирование реального и потенциального богатства видов, которые могли бы существовать в данных условиях в соответствии только с двумя приведенными факторами. Реальное видовое богатство, полученное в ходе практики, изменяется от 0 до 8, достигая наибольшего значения в дубовом лещиновом осоковом лесу (рис. 9). В целом отмечено повышенное число ядовитых видов в мезотрофных местообитаниях со свежими почвами.

Более четко картина видна при рассмотрении потенциального ряда видов, которые могли бы существовать в данных ценозах при отсутствии других лимитирующих факторов. Более высокие значения здесь свойственны лесному ряду, а наименьшие – мейеро и ложнокурайскоосоковому болоту (фото 2). Пониженное число видов болотного ряда – результат экстремальных значений показателя увлажнения, а также бедности аллювиальных

болотных почв. В данных условиях может произрастать лишь ограниченное число видов. Из ядовитых это *Cicuta virosa* L., предпочитающая переувлажненные места. При уменьшении влажности почв и повышении трофности по окраинам болот видовое разнообразие увеличивается, что говорит об увеличении экологической емкости угодий.

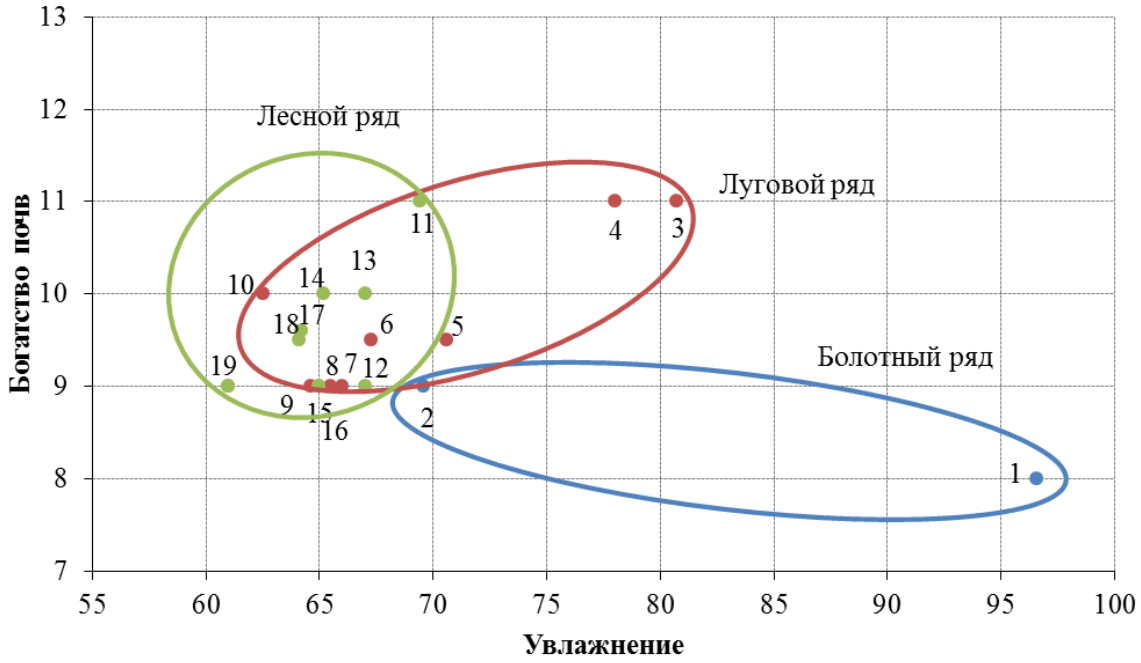


Рис. 8. Экологическая ординация фитоценозов по методу шкал Л. Г. Раменского (1956). *Условные обозначения к рис. 8 и 9:* 1 – мейеро и ложнокурайскоосоковое болот, 2 – вейниково-осоковое болото с подростом ивы, 3 – вейниковый луг с подростом ивы, 4 – мелкоосоково-разнотравно-купальнициевый луг с подростом березы, 5 – мелко и шмидтовоосоковые луга, 6 – ветренициевый луг с подростом березы, 7 – подмареннико-ветринициево-вейниковый луг, 8 – разнотравно-орляковый луг, 9 – ветрениciево-вейниково-осоковый луг, 10 – тимьяново-рапонтиковый луг, 11 – ивняк разнотравный, 12 – лиственничный рододендроновый голокучниковый лес, 13 – пихтово-лещиново-осоковый лес с примесью клена, березы и осины, 14 – дубово-березовый лещиновый подмаренниковый лес, 15 – ивняк ландышево-шмидтовоосоковый, 16 – березовый лещиновый орляково-недоспелковый лес, 17 – дубово-леспедециевыйорляковый лес, 18 – дубовый лещиновый осоковый лес, 19 – дубово-леспедециевыйясенцовый лес. **Fig. 8.** Ecological ordination of the phytocoenoses according to the method of L.G. Ramenskiy (1956). *Legend to figures 8 and 9:* 1 – Meyero- and lojnokuray-rasp-grass bog, 2 – Calamagrostis meadow with willow undergrowth, 4 – Melko-rasp-grass-herbaceous-Trollius meadow with birch undergrowth, 5 – Melko- and Smidt-rasp-grass meadows, 6 – Anemone meadow with birch undergrowth, 7 – Galium-Anemone-Calamagrostis meadow, 8 – Herbaceous-bracken meadow, 9 – Anemone-Calamagrostis-rasp-grass meadow, 10 – Timeand-rapontik meadow, 11 – Willow-herbaceous forest, 12 – Larch-rhododendron holocyclis forest, 13 – Abies-hazel-rasp-grass forest with maple, birch and aspen trees, 14 – Oak-birch-hazel-Galium forest, 15 – Willow forest with lilies of the valley and Smidt-rasp-grass, 16 – Birch-hazel-brachen-Cacalia forest, 17 – Oak-Lespedeza-bracken forest, 18 – Oak-hazel-rasp-grass forest, 19 – Oak-Lespedeza-Dictamnus forest).

В луговом ряду сначала в связи с гигрофитностью лугов на низких поймах видовое разнообразие невысокое. Однако затем происходит резкий рост на ветрениciевых

разнотравных лугах с периодически влажными почвами. При этом почвы здесь не отличаются повышенным богатством. С возникновением периодически засушливого увлажнения и мезотрофности на остепненном лугу (фото 3) число видов падает, поскольку исчезают мезогигрофиты, а ксерофитов среди ядовитой группы немного.

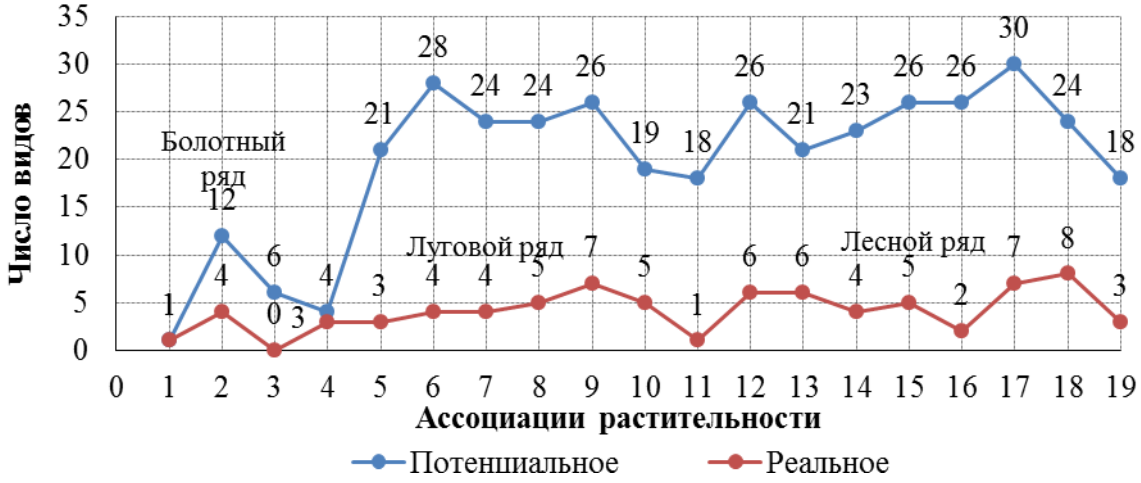


Рис. 9. Изменение видового богатства ядовитой фратрии. Условные обозначения см. в рис. 8.
Fig. 9. Changes in the species richness of the poisonous plants group. Legend is shown in fig. 8.

Фото 2. Осоковое болото в 250 м к северо-западу от озера Клешенского. **Photo 2.** Rasp-grass bog at the distance of 250 meters to the north-west of the lake Kleshenskoe.

В лесном ряду количество видов варьирует от 18 в ивняке разнотравном до 30 в дубово-леспедециевом орляковом лесу. Небольшое понижение видового разнообразия соответствует

пихтово-лещиново-осоковому лесу (фото 4) несмотря на высокое флористическое богатство данной ассоциации в целом. Здесь повышенные показатели увлажнения и богатства почв (также, как и в ивняке разнотравном), что, возможно, и повлияло на снижение количественных значений. При мезоксерофитном увлажнении и небольшой трофности видовое богатство резко падает, так как исчезают многие мезогигрофиты.

Фото 3. Остепненый луг на верхней части склона южной экспозиции в 500 м к северу от реки Тарманчукан. **Photo 3.** Steppe meadow on the upper part of the southern slope in the 500 meters to the north of the river Tarmanchukan.

Распределение ядовитых растений в целом по территории заповедника показано на карте видового богатства (рис. 10, 11). Изменение видового богатства ядовитых растений связано с распределением сообществ, в которых они обитают, и распространением определенных типов почв. Повышенные значения на Архаринской низменности отмечены в основном в восточной части (рис. 10), где преобладают луговые сообщества на темных черноземовидных почвах. Пониженные значения характерны для территорий, занятых болотами. На Малохинганском низкогорье максимальные значения тоже соответствуют территориям с луговыми вейниково-разнотравно-осоковыми сообществами и широколиственными лесами. Более заболоченная восточная часть характеризуется минимальными значениями (рис. 11).

Для того чтобы выявить изменения в обилии ядовитых видов в разных местообитаниях проведен многофакторный градиентный анализ. На графике (рис. 12) отмечены условия увлажнения и богатства почв, при которых виды достигают оптимума обилия – развиваются

максимально продуктивно. Всего выделено четыре эколого-ценотических группы: лесные, сухолуговые, лугово-пойменные и водно-болотные. Наименее представлены водно-болотные виды (*Caltha palustris* L., *Cicuta virosa* L. и *Ranunculus sceleratus* L.). Все они обитают на заболоченных прибрежных участках, заболоченных лугах, достигая оптимума в гигрофитных местообитаниях с мокрыми почвами богатыми элементами питания (мега и мезотрофные). Только *Pedicularis sceptrum-carolinum* L. предпочитает менее плодородные почвы.

Фото 4. Пихтово-лещиново-осоковый лес.
Photo 4. Fir-tree- hazelnut-rasp-grass forest.

Для сухолуговой группы характерны ксерофитные условия увлажнения с сухими мегатрофными почвами. Их представители – *Artemisia gmelinii* Web., *Clematis hexapetala* Pall., *Hypericum attenuatum* Chaisy и др. Подходящие местообитания для них – сухие остепненные луга на склонах южной экспозиции, образовавшиеся в результате пожаров на месте дубняков. В самых ксерофитных условиях более обилен *Euphorbia discolor* Ledeb., встречающийся по скальным выходам и осыпям (Кудрин, Якубов, 2013). Наиболее требовательна к плодородию почв *Artemisia sieversiana* Willd. Данный вид также можно отнести к рудеральным, поскольку отмечена у жилья человека. Различия между лесной и лугово-пойменной группой менее отчетливы: для обеих характерно гигромезофитное увлажнение. Однако луговые виды предпочитают более богатые мегатрофные черноземовидные почвы. Представители лугово- пойменных сообществ – *Hypericum ascyron* L., *Ranunculus acris* L., *Thalictrum aquilegiifolium* L.Оптимума обилия они достигают на влажных разнотравных лугах в поймах рек. Среди них есть и рудеральные виды, обитающие вдоль дорог по сырым местам (*Ranunculus acris* L., *Xanthium sibiricum* Patrin ex Widd).

Лесные виды (*Aconitum sczukinii* Turcz., *Actaea rubra* (Aiton) Willd.) предпочитают смешанные тенистые влажные леса. Более ксерофитные олиготрофные места занимает *Lycopodium clavatum* L. Один из видов – *Ledum palustre* L. характерен и для болотной, и для лесной группы, но оптимума достигает в лиственничниках на буро-таежных почвах.

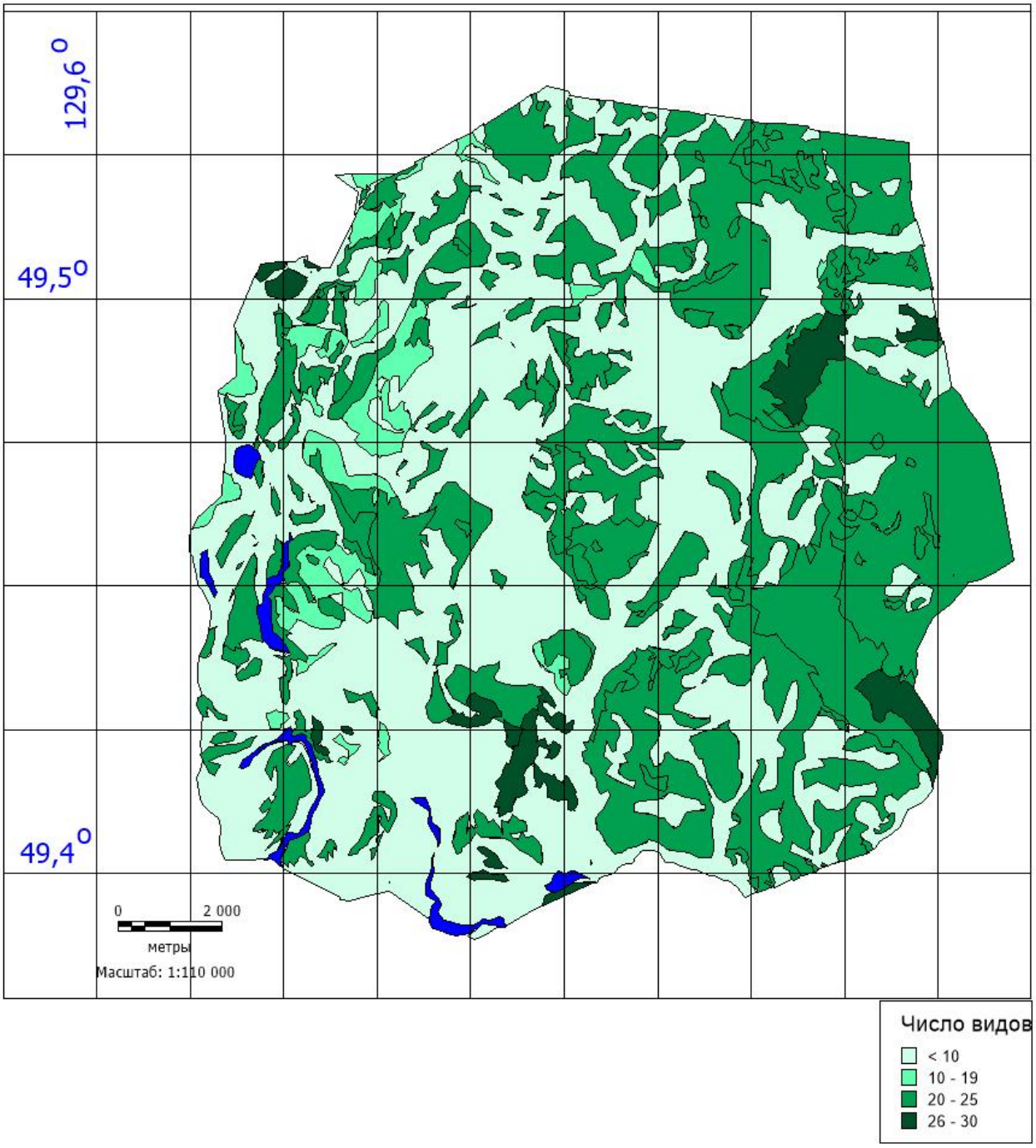


Рис. 10. Карта видового богатства ядовитых растений Архаринской низменности в пределах Хинганского заповедника. **Fig. 10.** Map of species richness of poisonous plants in the Arkharinskaya lowland in the Khingan nature reserve.

Выводы

Флора ядовитой фракции растений на Дальнем Востоке представлена 270 видами из 37 семейств, а также 47 представителями рода *Aconitum.* Преобладающими по числу ядовитых видов стали *Ranunculaceae* и *Asteraceae*, поскольку оба семейства являются ведущими по числу видов флоры Дальнего Востока, а Ranunculaceae, кроме того, в целом считается наиболее ядовитым в мире.

Наибольшее видовое богатство характерно для Сихотэ-Алиньского южного и Амуро-Уссурийского подтаежного биомов в связи со сложившимся благоприятным влажным муссонным климатом для представителей маньчжурского геоэлемента.

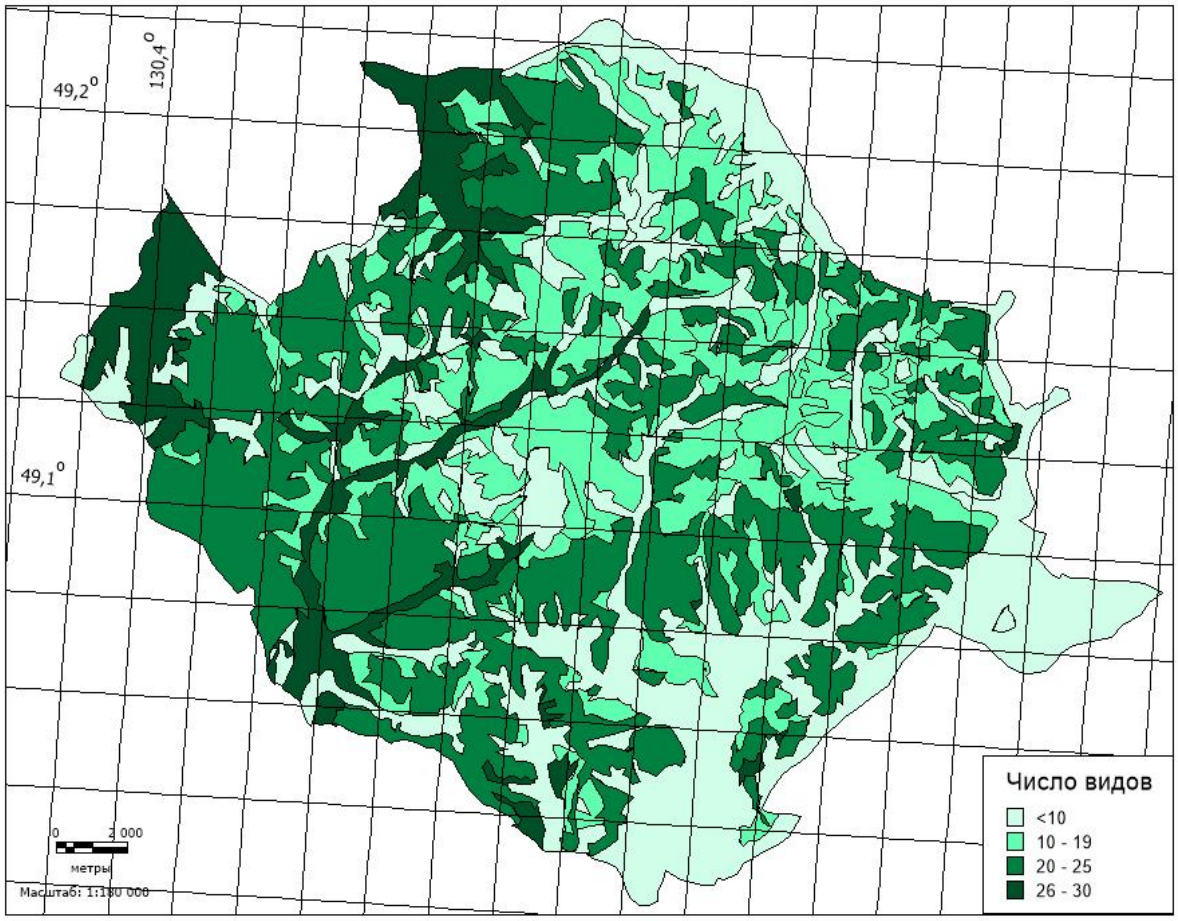


Рис. 11. Карта видового богатства ядовитых растений Малохинганского низкогорья в пределах Хинганского заповедника. **Fig. 11.** Map of species richness of poisonous plants of the Malorhinganskoe low-mountain area in the Khingan reserve.

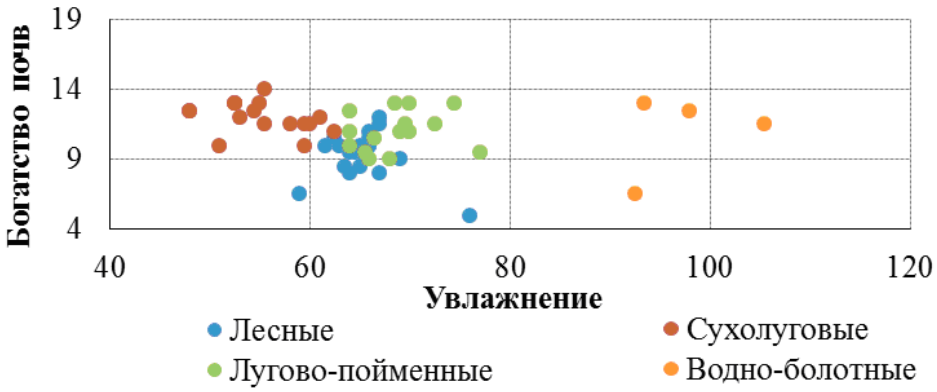


Рис. 12. Распределение видов разных эколого-ценотических групп в оптимуме обилия.
Fig. 12. Distribution of different ecological-coenotic groups in the abundance optimum.

Флора ядовитой группы растений Хинганского заповедника представлена 85 видами. В географической структуре флоры ядовитой фракции преобладают виды Восточноазиатского геоэлемента, а при эколого-ценотическом анализе отмечено лидирующее значение лесных неморальных и луговых элементов. В целом облик фракции ядовитых растений соответствует структуре всей флоры Хинганского заповедника, однако отмечено повышенная доля евразиатских видов, что, скорее всего, происходит из-за большей изученности химического состава данных растений.

Наиболее высокой токсичностью на территории Хинганского заповедника обладают представители *Ranunculaceae* и *Liliaceae*, что подтверждает общий мировой тренд повышенной ядовитости данных семейств. Основные биологически активные вещества, входящие в состав представителей данных семейств – алкалоиды и гликозиды.

Большинство представителей ядовитой группы растений по результатам экологической ординации ассоциаций предпочитают местообитания мезофитные со свежими почвами или гигромезофитные со свежими периодически влажными почвами, но при этом не очень высоким богатством почв – олигомезотрофным. Данные условия характерны для бурых лесных почв. В переувлажненных местообитаниях отмечено резкое снижение видового богатства.

Максимум видового богатства ядовитых растений на территории всего Хинганского заповедника отмечен на вейниково-разнотравно-осоковых лугах Малохинганского низкогорья и остепненных разнотравно-вейниковых лугах в пределах Архаринской низменности с луговыми темными черноземовидными почвами. Также наиболее полно ядовитые виды представлены в широколиственных лесах из *Quercus mongolica* Fisch. Ex Ledeb. с примесью *Betula davurica* Pall.,*Tilia amurensis* Rupr., *Fraxinus mandshurica* Rupr.

Повышенное обилие ядовитых видов отмечено в условиях от мезофитного до мезогигрофитного увлажнения на олиго и мезотрофных бурых лесных почвах. В условиях пониженного или повышенного увлажнения большее обилие характерно для мегатрофных почв (луговые темные черноземовидные).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Биомы России. 2016. М 1:7500000 / Ред. Г.Н. Огуреева. М.: Изд-во ФОК-ГИС. 1 л. 125×120 см.

Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01, утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 06.11.2001 г., с 01.09.2002 г., прил. 5б.

Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н., Петрова Г.В., Филиппова А.В. 2011. Лекарственные и ядовитые растений Урала как фактор биологического риска: монография. Оренбург: Издательский центр ОГАУ. 400 с.

Гусынин И.А. 1947. Токсикология ядовитых растений (фито-токсикология). М.: ОГИЗ-Сельхозгиз. 264 с.

Далин И.В., Бабурин А.А., Матыцына А.А. 1999. Государственный природный заповедник Хинганский. Экологическая карта-схема. Экофонд «Амур». 46 с.

Донченко А.С., Кашеваров Н.И., Зверева Г.К. 2009. Ядовитые и вредные растения Сибири. Новосибирск: Россельхозакадемия. 168 с.

Жукова Л.А., Дорогова Ю.А., Турмухаметова Н.В., Гаврилова М.Н., Полянская Т.А. 2010. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет. 368 с.

Журба О.В., Дмитриев М.Я. 2008. Лекарственные, ядовитые и вредные растения. М.: Колосс. 512 с.

Зориков П.С. 2005. Ядовитые растения леса: учебное пособие. Владивосток: Дальнаука. 120 с.

Комарова Т.А., Тимощенкова Е.В., ПрохоренкоН.Б., Ащепкова Л.Я., Яковлева А.Н., Судаков Ю.Н., Селедец В.П. 2003. Региональные экологические шкалы для лесной растительности Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 277 с.

Кудрин С.Г. 2015. Флора крайнего юго-востока Амурской области. Автореферат дис. … канд. биол. наук. Владивосток. 33 с.

Кудрин С.Г., Якубов В.В. 2013. Иллюстрированная флора Хинганского заповедника (Амурская область): Сосудистые растения. Архара: ФГБУ «Хинганский государственный заповедник». 335 с.

Лужников Е.А. 1994. Клиническая токсикология: Учебник. 2-е изд., переработанное и дополненное. М.: Медицина. 256 с.

Морозова Г.Ю., Майорова Л.П. 2013. Живые организмы в экосистемах // Биоценозы. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Экология» для студентов всех специальностей. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета. 20 с.

Новаковский А.Б. 2008. Методы ординации в современной геоботанике // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. С. 2-8.

Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. 1956. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз. 472 с.

Рубцова Т.А. 2002. Флора Малого Хингана. Владивосток: Дальнаука. 194 с.

Сосудистые растения советского Дальнего Востока: Плауновидные, Хвощевидные, Папоротниковидные, Голосеменные, Покрытосеменные (Цветковые): в 8 томах. 1985-1996 / Ред. С.С. Харкевич. Л.: Наука.

Старченко В.М. 2001. Конспект флоры Амурской области // Комаровские чтения. Владивосток: Дальнаука. Вып. 48. С. 5-54.

Сукачев В.Н. 1972. Основы лесной типологии и биогеоценологии. Л.: Наука. 417 с.

Толмачев А.И. 1974. Введение в географию растений. Изд-во Ленинградского университета. 244 с.

Уиттекер Р. 1980. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс. 328 с.

Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Приморскому краю. [Электронный ресурс: http://25.rospotrebnadzor.ru (дата обращения 10.03.2018)].

Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Хабаровскому краю [Электронный ресурс: http://27.rospotrebnadzor.ru (дата обращения 10.03.2018)].

Цаценкин И.А. 1974. Методические указания по экологической оценке кормовых угодий лесостепной и степной зон Сибири по растительному покрову. М. 245 с.

Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья. 992 с.

Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. 2010 / Ред. Жукова Л.А. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет. 368 с.

ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL FEATURES OF POISONOUS PLANTS DESTRIBUTION IN THE FAR EAST REGIONS OF RUSSIA

© 2018. S.V. Zelikhina, T.V. Dikareva

Lomonosov Moscow State University
Russia, 119992, Moscow, Leninskiye Gory, 1
E-mail: svetlana_2304@list.ru, tvdikareva@yandex.ru

Far East flora includes about 3 thousand plant species. The poisonous group of plants is widespread in the Far East, almost each 25th species is poisonous here. That is why poisoning people by those plants are frequent. Thus, the study of toxic plants distribution and natural factors affecting it, is very relevant for the Far East. The floristic analysis is presented and ecological-geographical laws of poisonous plants distribution are revealed for the territory of the Russian Far East and for Khingan nature reserve as well.

Keywords: poisonous plant species, ecological-floristic analysis, ecological ordination, species richness, toxicity.
DOI: 10.24411/ 2542-2006-2018-10012