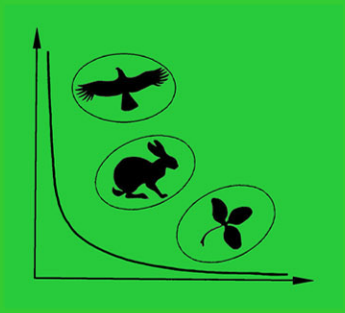
ISSN 2542-2006

Том 1 Номер 1 Март 2017
Volume Number March



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

2017

WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS

Vol. 1, No. 1, 2017, March
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

2017

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЭКОСИСТЕМЫ:
ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА

Том 1, № 1, 2017, март
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. Fax: (499) 135-54-15
E-mail: dynamics-journal@yandex.ru
http://www.ecosystemsdynamic.ru

Москва

2017

© 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

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

Журнал зарегистрирован в Национальном агентстве ISSN Российской Федерации
11 апреля 2017 года с присвоением номера ISSN: 2542-2006.

The journal is registered in National agency ISSN of Russian Federation on April 11, 2017
with the number ISSN: 2542-2006.

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 1, номер 1, 2017 февраль

ИСТОРИЯ НАУКИ

Экосистема – одно из важнейших фундаментальных понятий современной науки

В.И. Данилов-Данильян 5-9

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Динамические изменения экосистем и вопросы их оценки

Ж.В. Кузьмина 10-25

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

О проблеме оценки засоленности почв и методике крупномасштабного цифрового картографирования засоленных почв

Е.И. Панкова, М.В. Конюшкова, И.Н. Горохова 26-54

Возможности сравнительной оценки обобщенных показателей видового разнообразия и численности животного населения на примере зоны влияния проектируемого Нижне-Зейского гидроузла

С.А. Подольский, В.А. Кастрикин, М.П. Парилов, К.П. Павлова, Л.Ю. Левик 55-73

Методические подходы к оценке относительной площади листьев растений агроценозов

Н.А. Шумова 74-92

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОХРАНА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Современное распространение некоторых редких и охраняемых лишайников в Московской области

Е.Г. Суслова, Т.Ю. Толпышева, А.В. Русанов, В.Ю. Румянцев 93-118

CONTENTS

Volume 1, Number 1, 2017 February

HISTORY OF SCIENCE

Ecosystem is One of the Most Important Fundamental Conception of Modern Science

V.I. Danilov-Danilyan 5-9

DYNAMICS OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Dynamic Changes in Ecosystems and the Problems of their Assessment

Zh.V. Kuzmina 10-17

ASSESSMENT OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

On the Problem of Soil Salinity's Evaluation and Method of Large-Scale Digital Mapping of Saline Soils

E.I. Pankova, M.V. Konyushkova, I.N. Gorokhova 26-54

Possibilities of Comparative Estimation of Composite Indices of Species Diversity and Animal Population's Abundance: Case Study of the Area, Affected by Projected Lower Zeya Hydroscheme

S.A. Podolskiy, V.A. Kastrikin, M.P. Parilov, K.P. Pavlova, L.U. Levik 55-73

Methodical Approaches to Evaluation of the Plants Leaves' Cover Relative Area in Agrocenoses

N.A. Shumova 74-92

DISTRIBUTION AND PROTECTION OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Some Rare and Protected Lichens Current Distribution in Moscow Region

E.G. Suslova, T.Y. Tolpysheva, A.V. Rusanov, V.Y. Rumyantsev 93-118

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2017, том 1, № 1, с. 5-9

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК574.2; 574.3; 575.858

ЭКОСИСТЕМА – ОДНО ИЗ ВАЖНЕЙШИХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПОНЯТИЙ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

© 2017 г. В.И. Данилов-Данильян

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

В статье кратко рассматриваются основные этапы становления экологической науки в мире. Дается современное понятие основных терминов: экосистема, биоценоз, сукцессия, биосфера. Показано, что основной понятийный аппарат экологии стал междисциплинарным явлением всей современной науки.
Ключевые слова: биология, биогеография, экология, биосфера, экосистема.

Экология обязана своим названием Эрнсту Геккелю (1834-1919 гг.), немецкому ученому, последовательному дарвинисту, предложившему в 1866 году это слово для обозначения необходимой, с его точки зрения, но еще не сформировавшейся к тому моменту отрасли биологической науки (Haeckel, 1866). По его мысли, задачей этой отрасли биологии должно было стать исследование взаимоотношений живых организмов со средой их обитания. Однако за полвека до Э. Геккеля Александр Гумбольдт (1769-1859 гг.) выдвинул практически ту же идею, сформулировав в качестве цели биогеографии изучение взаимодействия организмов между собой и с ландшафтом, при этом определяющим фактором ландшафта он считал климат. Но до становления экологии как научной дисциплины было еще далеко (Данилов-Данильян, Рейф, 2016).

Предшественниками экологии правомерно считать и ранних эволюционистов. В первой половине XIX века эволюционные идеи носились в воздухе: Эразм Дарвин (1731-1802 гг.), Жан Батист Ламарк (1744-1829 гг.), Этьен Сент-Илер Жоффруа (1772-1844 гг.), Чарльз Лайель (1797-1875 гг.), Генрих Георг Бронн (1800-1862 гг.), Эйса Грей (1810-1888 гг.), Альфред Рассел Уоллес (1823-1913) и ряд других ученых, прежде всего биологов (не без влияния экономиста и демографа Томаса Мальтуса, 1766-1834 гг.) и геологов, пытались на основе накопленных к этому времени новых научных фактов осмыслить восходящую к античности идею развития природы (Чайковский, 2006). Эти попытки не получили общественного признания, эволюционизм отвергался большинством академического сообщества. Может быть, самым ярким свидетельством этого неприятия была победа основателя палеонтологии антиэволюциониста Жоржа Леопольда Кювье (1769-1832 гг.), креациониста и катастрофиста, в публичном споре с Жоффруа Сент-Илером; спор этот продолжался в течение 11 заседаний Французской Академии, вызвал исключительный интерес и множество откликов в научных кругах (в том числе И.В. Гете).

Лишь выход в свет в 1859 году книги Чарльза Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (Дарвин, 2017) стал событием, ознаменовавшим революцию в биологии, смену ее парадигмы. Дарвинизм оказал огромное влияние не только на биологию, но и на становление современного научного мировоззрения в целом. Правда, его воздействие на общественные науки не всегда было непосредственно благотворным, при попытках распространить биологические подходы на изучение человеческого общества и его истории социал-дарвинизм выдвигал и ложные концепции, но эти попытки будили критическую научную мысль и в конечном счете способствовали поискам истины.

Большинство упомянутых биологов в качестве важной, а то и главной причины эволюции видели изменение среды обитания организмов. Например, одна из работ Э. С.-И. Жоффруа, подготовленная в 1833 году, называется «Степень влияния окружающей среды на изменение форм животных – вопрос, касающийся происхождения видов телеозавров, а также животных современной эпохи» (Жоффруа, 1970). Однако в трудах эволюционистов XIX века рассматриваются не взаимоотношения живых организмов со средой их обитания (как у Э. Геккеля), а односторонний процесс: воздействие изменений среды на ход эволюции организмов. В качестве структурной единицы в их исследованиях фигурировал исключительно биологический вид, взаимодействие видов попадало в поле зрения только тогда, когда они оказывались соседними звеньями трофической цепи. Среда обитания живых организмов не воспринималась как система (в отличие от подхода А. Гумбольдта), обычно она представлялась как некое неопределенное синкретическое целое, из которого выделялся какой-нибудь один фактор – действующий в том частном случае, который интересовал исследователя-эволюциониста.

Формирование экологии как биологической дисциплины происходило довольно медленно, что объясняется исключительной сложностью ее задач, постановка которых А. Гумбольдтом и Э. Геккелем намного опередила свое время. Можно выделить несколько ключевых событий в становлении экологии, последовательность которых привела к кристаллизации основного понятия – *экосистемы*.

Немецкий зоолог и гидробиолог Карл Мебиус (1825-1908 гг.), изучая устричные банки на отмелях Северного моря, в 1877 году ввел одно из важнейших для экологии понятий – *биоценоз*, впервые описав внутренне связанное сообщество организмов различных видов как биотическую систему, включающую продуцентов, консументов и редуцентов. Американский ботаник Генри Коулс (1869-1939 гг.), исследуя биоценозы на дюнах побережья озера Мичиган, установил, что видовой состав биоценоза зависит от возраста дюны, на которой он располагается: в биоценозах совсем молодых дюн господствуют многолетние травы с мощной корневой системой, способствующей закреплению песчаного покрова дюны, такой биоценоз со временем сменяется другим, где преобладают уже злаки, далее формируется кустарниковое сообщество, которое, наконец, создает условия для произрастания деревьев.

Таким образом, Г. Коулс пришел к идее *сукцессии* – процесса смены фаз сообщества по мере заселения необитаемой территории. Эта идея была детально разработана американским ботаником Фредериком Клементсом (1874-1945 гг.) в монографии «Растительная сукцессия» (Clements, 1916), причем наряду с типом первичной сукцессии, описанной Ф. Коулсом, была изучена и вторичная или восстановительная сукцессия, т.е. фазы биоценоза, последовательно проходимые после его нарушения каким-либо внешним воздействием, например, после лесного пожара. Заключительный этап сукцессии – как первичной, так и вторичной – формирование климаксового сообщества, стационарного, самовоспроизводящегося, формирующего оптимальные условия не для следующей фазы сукцессии (как все промежуточные ее фазы), а для самого себя.

Дальнейшие принципиальные шаги в становлении понятийного аппарата экологии сделал британский эколог Чарльз Элтон (1900-1991 гг.). В своем основном труде «Экология животных» (Elton, 1927) он заложил основы популяционной экологии, т.е. анализа взаимодействий живого с косным окружением на уровне не отдельного организма, а популяции как целого. Для такого анализа было необходимо уточнить и развить понятие «экологическая ниша», которое еще в 1914 году предложил американский писатель, этнограф, историк, защитник прав индейцев и борец за сохранение дикой природы Джордж Берд Гриннел (1849-1938 гг.). Согласно современному определению, экологическая ниша – место вида в биоценозе, включающее комплекс его биоценотических связей и необходимых для него условий внешней среды. Важнейшим результатом Ч. Элтона было правило

экологических пирамид – последовательное уменьшение численности организмов по мере перехода от нижних звеньев трофической цепи к высшим (от растений к травоядным животным, от травоядных к хищникам и т.п.).

Накопленных к середине 1930-х годов результатов было достаточно для того, чтобы в 1935 году британский ботаник Артур Джордж Тэнсли (1871-1955 гг.), наводя порядок в биологической терминологии, предложил ключевое для экологии понятие *экосистема* (Tansley, 1935). Общепринятого определения экосистемы нет до сих пор, но нет и существенных разногласий относительно содержания этого понятия; расхождения в основном касаются соотнесения его с близкими по смыслу другими понятиями экологии, биологии, географии, такими как биогеоценоз (Сукачев, 1942), ландшафт, геосистема, комплекс природы (природный комплекс), голоценоз, эпиморфа и др. Большинство экологов согласно с тем, что экосистема – это любое функциональное единство (самого разного объема и ранга), включающее все организмы (т.е. биоценоз) на данном участке (биотопе) и взаимодействующее с абиотической средой таким образом, что поток энергии создает четкую трофическую структуру и круговорот веществ (т.е. обмен между биотой экосистемы и абиотической средой) внутри системы. Экосистемы характеризуются определенной стабильностью и обладают таким внутренним круговоротом веществ, который по объему превосходит обмен веществ системы с внешней средой. Биотоп экосистемы (лишь бы выполнялось сформулированное условие) может охватывать пространство любой протяженности: от капли воды до Мирового океана, от отдельного дерева с участком почвы, примерно совпадающим с проекцией его кроны, до всей поверхности планеты вместе с заселенной частью земной коры и атмосферы. В этом предельном случае экосистема оказывается глобальной и совпадает с *биосферой*. Учение о глобальной экосистеме – биосфере, развитое В.И. Вернадским в середине XX века фактически вошло в экологию как составная часть – глобальная экология – и оказало исключительно плодотворное воздействие не только на нее.

Нередко отмечают, что *экосистема* стала для экологии базовой единицей, подобно тому как атом – для физики, молекула – для химии, клетка – для цитологии. В известной степени это сравнение отражает значение данного понятия, но оно не замечает весьма существенного отличия экосистемы от базовых элементов других естественных наук: экосистемы образуют структуру, подобную иерархии, экосистемы низкого ранга входят как активные элементы в экосистемы более высокого ранга, в то время как такого рода иерархические отношения невозможны между атомами, между молекулами, между клетками. Речь, однако, идет не о жесткой иерархии, поскольку границы между экосистемами одного ранга часто размыты и подвижны. Биосфера – экосистема высшего ранга (при современном уровне знаний о Вселенной). Экосистемный подход к изучению жизни, разработанный в экологии, существенно повлиял на теорию эволюции: на первый план здесь вышли проблемы изменчивости и стабильности не отдельных биологических видов, а экосистем.

В 1937 году, спустя два года после А.Д. Тэнсли, австрийский биолог Людвиг фон Берталанфи, выступая на философском семинаре в Чикагском университете, высказался о необходимости создать новую науку – общую теорию систем (ОТС). Опубликовать свои соображения он решился только через 13 лет (Bertalanffy, 1950). В новой теории предполагалось обобщить знания о системах самой разнообразной природы: механических, физических, химических, а прежде всего биологических, социальных и прочих – преодолев при этом как примитивные тенденции механицизма, так и антинаучность витализма (не изжитого даже через три четверти века после Ч. Дарвина). Создатель ОТС ссылается на многие источники; статьи А.Д. Тенсли среди них нет. Вполне возможно, что не только в 1937 году, но и в 1950 году Л.Фон Берталанфи не был знаком с этой работой, однако нет сомнений в том, что его системные представления сформировались не без влияния работ по

экологии – тех самых, которые обусловили саму возможность появления понятия *экосистема*.

Крупнейший представитель теоретической кибернетики Уильям Росс Эшби (1903-1972 гг.), по образованию психиатр, с биологией был знаком, безусловно, лучше, чем с математикой или техникой (ключевым во всех его концепциях был *гомеостаз* – понятие, заимствованное из биологии, а именно из книги (Cannon, 1932)), и его системно-кибернетические построения (Эшби, 1962) сформированы прежде всего представлениями о двух типах систем: живой организм и сообщество живых организмов – биоценоз – экосистема. Влияние экосистемных концепций нетрудно обнаружить в научных исследованиях, относящихся к самым разнообразным научным дисциплинам, – в естественных и общественных науках, а современная техника и организация производства пока без особого успеха пытается подражать экосистемам – замкнутости кругооборота веществ в них, их «безотходности», равновесию и устойчивости.

В XXI веке экология стала не только развитой отраслью биологии, как представлялось Э. Геккелю, не только нашла ответы на важнейшие вопросы биогеографии, поставленные А. Гумбольдтом, но внедрила многие свои идеи в смежные дисциплины, и ее ключевое понятие – *экосистема* – стало неотъемлемой частью понятийного аппарата всей современной науки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Берталанфи фон Л. 1969. Общая теория систем. Критический обзор // Исследования по общей теории систем: Сборник переводов / Ред. В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин. М.: Прогресс. С. 28.

Данилов-Данильян В.И., Рейф И.Е. 2016. Биосфера и цивилизация. М.: Энциклопедия. 432 с.

Дарвин Ч.Р. 2017. Происхождение видов. Серия: Тайны науки. М.: АСТ. 608 с.

Жоффруа Э. Сент-Илер. 1970. Избранные труды. Серия: Классики науки. М.: Наука. 708 с.

Сукачев В.Н. 1942. Идея развития в фитоценологии // Современная ботаника. № 1-3. С. 5-17.

Чайковский Ю.В. 2006. Наука о развитии жизни. Опыт теории эволюции. М.: Товарищество научных изданий КМК. 712 с.

Эшби У.Р. 1962. Конструкция мозга. М.: Издательство иностранной литературы. 398 с.

Bertalanffy von. L. 1950. The Theory of Open Systems in Physics and Biology // Science 13. Vol. 111. № 2872. Pp. 23-29.

Cannon W.B. 1932. The wisdom of the body. London: W.W. Norton & Company, inc. 315 p.

Clements F.E. 1916. Plant succession; an analysis of the development of vegetation. Washington: Carnegie Institution of Washington. xiii, 512 p.

Elton Ch. 1927. Animal Ecology. New York: The Macmillan company. 207 p.

Haeckel E.H. 1866. Generelle Morphologie der Organismen. Berlin: Verlag von Georg Reimer. 630 S.

Tansley A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms // Ecology. No. 3. Vol. 16. Pp. 284-307.

ECOSYSTEM IS ONE OF THE MOST IMPORTANT FUNDAMENTAL CONCEPTION OF MODERN SCIENCE

© 2017. V.I. Danilov-Danilyan

Water Problems Institute RAS
Russia, 119333, Moscow, Gubkina Str., 3. E-mail: tina@iwp.ru

The article briefly describes the principal stages of ecological science development in the world. The modern definitions of the main terms are given: ecosystem, biocenosis, succession, biosphere. It is shown that the principal conceptual apparatus of ecology became the interdisciplinary phenomenon of the whole modern science.
Keywords: biology, biogeography, biosphere, ecosystem.

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2017, том 1, № 1, с. 10-25

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 574.2

ДИНАМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ И ВОПРОСЫ ИХ ОЦЕНКИ

© 2017 г. Ж.В. Кузьмина

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

В статье показано, что динамические изменения в экосистемах могут возникать либо в связи с причинами внутреннего саморазвития, либо в связи с внешним воздействием на экосистемы. В настоящее время внешнее воздействие является определяющим в динамике экосистем, оно может быть естественным (природным, космическим), или неестественным (антропогенным). Оценка динамических изменений в экосистемах может быть выполнена как целостно, т.е. для всей экосистемы в общем (например, при картографическом анализе), так и покомпонентно, т.е. отдельно для каждой из компонент (или группы компонентов) экосистем. Проблема выявления и оценки динамических изменений в экосистемах очень сложна, а ее решение – важнейшая задача современности. Даны основные результаты разработок покомпонентных оценок динамических изменений наземных экосистем в условиях изменения водного режима территории в результате естественных и антропогенных причин.

Ключевые слова: наземные экосистемы, компоненты экосистем, динамика экосистем, оценка трансформации экосистем.

Экосистема – это функциональное единство живых организмов и среды их обитания. Экосистема безранговое понятие ею является и капля воды, и биосфера всей планеты в целом (Щукин, 1980; Данилов-Данильян, 2017). Биосфера, как область жизни организмов охватывает нижнюю атмосферу, гидросферу и верхнюю часть литосферы. Поэтому в экосистеме следует рассматривать как живые компоненты (растительность, животное население, микроогранизмы и т.д.), так и неживые или условно живые компоненты (верхнюю часть атмосферы, гидросферу, верхнюю часть литосферы и почву). Под динамикой экосистем понимается ход развития или изменения экосистем или их отдельных компонентов. Существуют две основных группы причин, вызывающих динамические изменения в экосистемах – это внутренние причины саморазвития и внешние причины, связанные с изменением окружающей среды. А посольку наша планета является незамкнутой системой, то пусковыми и главными механизмами динамики экосистем являются внешние изменения, т.е. происходящие в среде обитания живых организмов – в биосфере. При активном изменении внешних факторов воздействия на экосистемы, внутренние причины изменения экосистем отходят на второй план. Среди внешних причин воздействия на динамику экосистем можно выделить два основных направления: естественные причины и неестественные причины. К естественным внешним воздействиям на динамику экосистем можно отнести геологические, геоморфологические, климатические и гидрологические, связанные с существованием и саморазвитием планеты Земля. К неестественным причинам возникновения динамических изменений в экосистемах, прежде всего, относится антропогенная деятельность человека. При этом антропогенная деятельность по своему воздействию на экосистемы может иметь как прямой, так и косвенный характер. Так, например, рекреационное вытаптывание, перевыпас, городское строительство и другие подобные виды прямой направленной человеческой деятельности приводят к очень быстрому и заметному уничтожению и разрушению естественных экосистем. В то время, как некоторые виды деятельности, такие как гидротехническое

строительство, электромагнитное, тепловое и радиационое излучение и др., могут приводить к трансформации и исчезновению экосистем не сразу, а лишь через некоторое, часто довольно заначительное время. Экосистемы начинают трансформироваться только после того, как будет стабильно превышен предел допустимых возможных значений их основных лимитирующих факторов среды. Такие виды антропогенного воздействия относятся к косвенным, т.е. приводящим к изменениям не сразу и не прямо, а опосредованно, либо через какое-то время, либо через воздействие на подчиненные зависимые компоненты среды. В таком случае встает очень важный и практически значимый вопрос о возможности оценки динамических изменений экосистем и их компонентов в условиях совокупного воздействия естественных и антропогенных причин, причем антропогенное воздействие может быть как прямым, так и косвенным, а естественные причины, как внешними, так и внутренними. Каким образом можно учитывать все эти факторы? И можно ли их вообще все учесть?

Решение этой проблемы не возможно без качественного разграничения и разделения проявлений в экосистемном покрове влияния естественных (например, климатических) и антропогенных факторов: водохозяйственной деятельности, рекреации, сельского и лесного хозяйства, пожаров, загрязнений от производств и транспорта и др. Чрезвычайно важно установить тенденции глобальных и региональных естественных (или условно естественных) воздействий и локальных или региональных антропогенных, и, особенно, гидротехнических воздействий, поскольку подчас эти изменения носят как однонаправленный, так и противоположно направленный характер и должны учитываться в совокупном воздействии на экосистемы, особенно при планировании и создании новых гидротехнических сооружений (Kouzmina, 2004; Kouzmina et al., 2004, 2005).

Лаборатория Динамики наземных экосистем под влиянием водного фактора Института водных проблем Российской академии наук, которую возглавляет автор, занимается лишь одним из многих направлений в исследовании динамики экосистем и их компонентов. Основными объектами исследований коллектива являются наземные экосистемы, расположенные в зоне непосредственного влияния открытых водоемов, т.е. это экосистемы и их компоненты, находящиеся на пойменных, долинных, прибрежных и часто водораздельных территориях.

Таким образом, исследования лаборатории, в первую очередь, направлены на изучение динамики экосистем под влиянием изменения водного режима территорий, который в свою очередь зависит от изменений климата и гидротехнического (антропогенного) воздействия.

Возможность оценки динамических изменений в экосистемах

В последнее время среди естестенных внешних факторов особенно сильно стало проявляться климатическое воздействие на экосистемы (Оценочный доклад об изменениях климата …, 2008; Второй оценочный доклад …, 2014; Climate Change, 2013; Кузьмина, 2007; Кузьмина, Трешкин, 2009). При этом внешнее неестественное антропогенное воздействие как прямое, так и косвенное только усиливается, в том числе связанное с гидротехническим строительством (Кузьмина и др., 2011а, б, 2015а; Кузьмина, Трешкин, 2010, 2012б; Kuzmina, Treshkin, 2012).

Особенности климатических условий, которые в последние десятилетия довольно нестабильны, привели к тому, что вопросы динамических изменений в экосистемах в настоящее время стали чрезвычайно актуальными.

Новые гидротехнические сооружения и регулирование рек на большом протяжении могут привести к полному изменению растительного покрова долин и пойм рек, что в свою очередь будет способствовать изменению структуры сельскохозяйственного использования территорий, изменению численности и ареалов распространения (а часто утрате) многих

ценных эндемичных, промысловых и редких видов растений и животных, изменению почвогрунтовых условий прилегающих территорий (Henrichfreise, 1996, 2000; Kouzmina, 2004; Kouzmina et al., 2004, 2005). Долины и поймы рек в Западной Европе интенсивно освоены очень давно, в отличие от России, где они использовались больше на юге страны. Изменения окружающей среды в долинах рек в связи с климатическими флуктуациями может затронуть значительную часть населения стран Западной и Восточной Европы (Dister et al., 1990; Dister, Henrichfreise, 2009).

Поймы рек в России, традиционно использовались менее интенсивно, чем автоморфные и водораздельные территории. С этим связано также и их меньшая изученность по сравнению с зональными территориями. Однако, в условиях изменения климата долинные и пойменные территории России и, прежде всего, особо охраняемые природные территории, как наименее затронутые антропогенным воздействием, должны стать основными полигонами, на которых уже сейчас будет возможно изучить достоверные проявления климатических изменений в экосистемном покрове территорий и создать реально действующие модели прогнозных изменений экосистем как на ближайшую, так и на отдаленную перспективу. Особенно актуально это в связи с тем, что в Западной Европе практически не осталось ненарушенных или слабонарушенных долинных территорий, не подверженных антропогенному зарегулированию стока, которые бы могли стать полноценными полигонами для изучения влияния собственно климатических и, связанных с ними, гидрологических изменений.

Сегодня естественные процессы, связанные с климатическими изменениями на Европейской равнине, большей частью, приводят к увеличению обводненности территорий. В тоже время, повышение обводненности территорий является главным следствием воздействия гидротехнических сооружений (Анропогенные ..., 2003; Шульга, 2002; Henrichfreise, 2000), особенно средне- (СГС) и низконапорных (НГС; Кузьмина, 2005, 2007а).

Основными факторами и процессами вызывающими негативные изменения пойменных экосистем при гумидном потеплении климата, а также в результате воздействия любых гидротехнических сооружений являются: стабилизация режима УГВ в поймах (из-за выравнивания УВ в реках), климатическое подтопление (в результате увеличения выпадения атмосферных осадков; фото 1-3), изменение паводкового затопления (в основном сокращение), повышение (для НГС) или понижение (для СГС и ВГС) общей обводненности поймы, изменение характера и интенсивности почвообразования (повышение или понижение оглеения (фото 4) и/или ожелезнения, увеличение засоления (фото 5), появление отакыривания и др.). Эти процессы приводят к нарушению структурно-функциональной организации экосистем и развитию сукцессионных смен. Глубина и скорость трансформации экосистем зависит от интенсивности и продолжительности антропогенного воздействия или климатических изменений (Кузьмина, Трешкин, 2012а, б; Кузьмина и др., 2011а, б, 2013, 2015а).

Основными биологическими проявлениями нарушений при современных тенденциях климатических и гидротехнических изменений в долинных экосистемах зон широколиственных лесов, лесостепей, степей и пустынь будут (Кузьмина, 2007а, Кузьмина, Трешкин, 2011, 2012а):

- уменьшение видового разнообразия (в 2-4 раза от первоначального в лесах и на лугах (фото 6-7); как общего многолетнего состава, так и ежегодного количества видов растений на отдельной модельной площади на последних стадиях нарушений);
- сокращение продуктивности лугов (в 3-4 раза на последних стадиях нарушений);
- изменение состава экосистем: образование маловидовых, монодоминантных или сорнотравных лугов (фото 8-10), непригодных для производства кормов; замена естественных типичных пойменных лесов (ивовых, вязово-дубовых, липово-дубовых,

дубовых, туранговых, лохово-туранговых) на травяные и сорнотравные экосистемы или на нетипичные (ольховые, ясеневые, солончаковые, пустынные) сообщества;

- сокращение флуктуационной изменчивости в сообществах (как на лугах, так и в лесах).

При сохранении современных тенденций климатических изменений эти же биологические проявления нарушений в экосистемах будут характерными и для прежних автоморфных и полугидроморфных территорий, на которых ранее отмечалось неглубокое (5-7 м) залегание грунтовых вод (Кузьмина, Трешкин, 2012а).

Фото 1-2. Вывал древостоя в березово-еловом лесу на водораздельной поверхности в долине р. Кильма (бассейн верхней Волги) в результате климатического подтопления (из-за увеличения количества выпадающих атмосферных осадков), когда УГВ в летнюю межень 2012 г. составил 137 см (здесь и далее фото автора).

Сегодня прогноз динамики экосистемного покрова под влиянием климатических изменений является чрезвычайно важной задачей. Её решение будет способствовать не только сохранению естественных экосистем на охраняемых территориях, но сможет определить также новую ориентацию многих важных отраслей народного хозяйства (лесное, сельское, водное, строительство вцелом и др.) в условиях меняющегося климата.

Но прежде чем давать прогноз динамических изменений экосистемного покрова нашей страны и всей планеты, необходимо разработать систему оценки трансформаций экосистем (как вцелом для самой экосистемы, так и для отдельных ее живых, условно живых и неживых компонентов) в изменяющихся условиях среды под влиянием природных и антропогенных факторов. Эта задача носит глобальный характер и, пока, ее решение не кажется простым и однозачным.

При определении и разработке показателей и критериев оценки состояния экосистемы и

возможной допустимой нагрузки на нее, прежде всего, нужно решить, что является оптимальным, т.е. обычным или нормальным состоянием для той или иной экосистемы. И тут важно определить к какому типу экосистем относятся водные и наземные околоводные (пойменные, долинные и прибрежные экосистемы). При этом для широко распространенных зональных наземных экосистем (таких, например, как таежные хвойные, широколиственно-лесные, степные, пустынные и др.) основным лимитирующим фактором является термический режим, который определяется природной географической зональностью. При этом обычно, для этих зональных экосистем нормальным считается климаксовое состояние, т.е. стабильное состояние сообщества, являющееся конечным в развивающейся сукцессии, которое может существовать неопределенно долго, поскольку оно находится в равновесии с физической средой (Данилов-Данильян и др., 2002). Однако следует заметить, что экосистемы в настоящее время практически нигде не находятся в равновесном состоянии, а постоянно претерпевают сильнейшие изменения. В основном, это происходит из-за сильного антропогенного воздействия на экосистемы, а также в результате сильного влияния на экосистемы последствий изменения климата (Кузьмина, Трешкин, 2010; Кузьмина и др., 2011а, б).

Фото 3. Климатическое подтопление (из-за увеличения количества выпадающих атмосферных осадков) на водораздельной поверхности р. Павловка (бассейн Верхней Волги), когда уровень грунтовых вод на зарастающем лугу (заброшенном после 1990-х годов поле) в летнюю межень – 29 июля 2015 г. составил 0.75 м.

Фото 4. Сильное оглеение с глубины 100 см в почвах левого берега р. Дубны в дубовом массиве Окоемово на верхней пойме сформировалось в результате подтопления от совокупного воздействия естественных (климатическое подтопление) и антропогенных (неправильные гидромелиоративные и гидротехнические мероприятия) причин.

Фото 5. Гидроморфные солончаки (при УГВ менее 3 м), образующиеся в результате мелиоративной деятельности, приводят к полной деградации растительности и почв в дельте и пойме Амударьи (06 октября 2008 г.).

Фото 6. *Polygonum amphibium* – горец земноводный (наземная форма) на лугах верхней поймы реки Саале (верхний бьеф плотины Кальбе, Германия, июнь 1996 г.) образует слияние очагов и/или отчасти равномерное распределение вида по площади с обилием cop1, что соответствует 4-ой – сильной степени нарушения экосистем при которых для их восстановления нужны мероприятия по изменению гидрологического режима реки.

Фото 7. Меандровое понижение на верхней пойме правого берега р. Волги в урочище Соленое займище (бассейн Нижней Волги) под маловидовым сорнотравно–дурнишниковым растительным сообществом (Ass. *Xanthium albinum–Schoenoplectus* sp.–*Echinochloa crus-galli*, разрез № 7) с меженной (летней) глубиной грунтовых вод 1.5 м так же относится к 4-ой сильной степени нарушения экосистем, для восстановления которых нужны мероприятия по изменению гидрологического режима реки.

Фото 8. Монодоминантные сообщества дурнишника (Ass. *Xanthium albinum*) на втором пойменном уровне в устье полностью зарегулированной реки Саале (Германия, август 1997 г.) соответствуют 5-ой – очень сильной степени нарушения экосистем, для восстановления которых нужны мероприятия по изменению гидрологического режима реки.

Фото 9. Маловидовые сорнотравные с абсолютным доминированием бодяка (Ass. *Cirsium arvense*) сообщества на верхней (третьей) пойме полностью зарегулированной реки Саале (верхний бьеф плотины Кальбе, Германия, август, 1997 г.) так же соответствуют 5-ой – очень сильной степени нарушения экосистем; необходимо изменение гидрологического режима реки.

Фото 10. Сорнотравные луга с доминированием *Cirsium arvense* на верхней пойме (или на третьей пойменной террасе) р. Вьюлки (бассейн Верхней Волги) образовались в результате климатического подтопления (из-за увеличения количества выпадающих атмосферных осадков) и соответствуют 4-ой степени нарушения экосистем, для восстановления которых нужны существенные гидромелиоративные мероприятия (Московская обл., Талдомский р-он, 20 июля 2010 г.).

Основным лимитирующим, определяющим формирование и развитие водных и околоводных наземных экосистем является водный фактор, в связи с чем все водные и околоводные экосистемы относятся к интразональному типу экосистем, т.е. для которых термический фактор является подчиненным. Характеризуя интразональный характер экосистем речных долин и дельт, А.А. Аширова (1976) указывала на то, что, в целом, интразональные экосистемы часто абсолютно не схожи с зональными, расположенными территориально в непосредственной близости от них, и, на первый взгляд, вроде бы не подчиняются зональным закономерностям распределения экосистем, как, например, пустынные разреженные травяно-кустарничковые экосистемы высотой не более 0,5 м (зональные) и полноценные туранговые леса высотой до 20 м (интразональные). Однако, при этом она подчеркивала, что все пойменные и долинные экосистемы обладают “зональной интразональностью” (Аширова, 1976). Учитывая интразональный характер рассматриваемых долинных экосистем, а также сильный антропогенный пресс и влияние на них климатических изменений наиболее целесообразно рассматривать экосистемы используя представления В.Б. Сочавы (1972, 1979) об эпитаксонах, как системе коренного сообщества (экосистемы) или (материнского ядра) и связанных с ним переменных состояний, которые можно сгруппировать в естественные серийные (т.е. последовательные смены/сукцессии экосистем в процессе динамики) и трансформационные ряды (т.е. производные экосистемы, возникающие при антропогенных и других спонтанных природных нарушениях, например, вулканических, климатических и т.п.).

При этом, необходимо отметить, что водные и околоводные наземные экосистемы (к которым относятся пойменные и долинные) имеют одно общее отличие от зональных экосистем – это чрезвычайная естественная динамичность их существования (возникновения, формирования, исчезновения) связанная с динамичностью проявления русловых и гидрологических процессов в долинах рек и озер. Так, например, для рек аридных регионов, таких как, Амударья, Сырдарья, Атрек, Сумбар, Зеравшан и др., вновь образованные наносами рек в русле и пойме совершенно голые отмели (каиры) заселяются растительностью и животными уже в первый год своего образования. В зависимости от близости тех или иных сообществ формируются или высокотравные луга или древесно-кустарниковые сообщества, при этом, уже в первый год кустарники могут достигать до 1 м в высоту, к четырем годам – это уже густые заросли 3-5 м высотой, к 20 годам образуются полноценные древесные тополевые (из туранги) древостои высотой до 20 м, которые к 40-60 годам начинают отмирать (Закртегер, 1927; Дробов, 1951; Трешкин, 1990). В то время как зональные лесные экосистемы, например, из дуба или ели могут существовать более 300 лет. Изменение условий увлажнения в долинах и дельтах рек приводит к быстрым изменениям в экосистемах (Novikova et al., 1998, 2001; Трешкин, Кузьмина, 1989, 1993; Панкова и др., 1994, 1996; Кузьмина, Трешкин, 1999, 2001, 2003; Кузьмина, 2005; Kouzmina, 2004; Kouzmina et al., 2005; Кузьмина и др., 2011а, 2011б). Такой быстрый жизненный цикл пойменных и долинных экосистем является адаптацией интразональных экосистем к чрезвычайно динамичной среде обитания, в которой, из-за изменения условий среды, происходит быстрый размыв речных берегов, с одной стороны, и намыв их, с другой. Такое ускорение жизненного процесса в наземных околоводных экосистемах происходит постольку, поскольку для водных и околоводных экосистем основным фактором, который лимитирует их существование является динамичная геолого-гидрологическая деятельность водного объекта, который, в основном, и определяет возникновение, формирование и исчезновение экосистем. Динамичность интразональных экосистем проявляется не только в чрезвычайно быстром изменении их структурно-функциональной организации во времени. Такая же динамичность присуща и пространственному расположению наземных околоводных экосистем. Повышенная пестрота (или чередование) различных пойменных и долинных

экосистем на местности часто является препятствием к их подробному изучению, а при картографировании обычно все пойменно-долинные экосистемы обозначаются одним выделом (и/или цветом). Это существенным образом отличает интразональные водные и околоводные наземные (пойменные, долинные, прибрежные) экосистемы от зональных наземных экосистем.

Таким образом, мы определили, что наши наземные околоводные экосистемы интразональны и чрезвычайно динамичны во времени и пространстве. Каким же образом определить их состояние (в том числе и норму), в то время как они находятся в непрерывном изменении? Обычно, в случае водных экосистем понятие климакс заменяется понятием зрелости сообщества, которое определяется по повышенному видовому и трофическому разнообразию, по сбалансированности продукции и потребления органического вещества (Данилов-Данильян и др., 2002). Однако, при рассмотрении наземных околоводных экосистем, в отличие от водных, следует больше учитывать возрастные стадии экосистем (особенно кустарниковых и древесных) и их автогенные (т.е. внутренние) причины развития, поскольку наземные околоводные экосистемы все же менее динамичны, чем водные.

Как видим, при оценке наземных экосистем основные трудности состоят в том, что в экосистемах в связи с их естественной динамичностью, сильным антропогенным воздействием и влиянием климатических изменений повсеместно для каждой экосистемы выделяется большое количество переменных состояний, связанных в том числе и с естественными внутренними процессами роста (например, возрастные стадии лесов и т.п.) – или сукцессий, которые при благоприятном стечении обстоятельств могут привести их в состояние чем-то отдаленно напоминающее климакс – или по представлениям В.Б. Сочавы (1972, 1979) – к материнскому ядру экосистемы.

Основные результаты исследований лаборатории по динамике экосистем

В последние годы (2012-2017) для коллектива лаборатории основной задачей стала разработка оценочных диагностическх показателей и критериев динамики экосистем для основных живых (растительных и животных), неживых (климатических, гидрологических) и условно живых (почвенных) ее компонентов в условиях изменения водного режима территории при совокупном воздействии естественных и антропогенных гидрогенных факторов.

В результате выполнения исследований были определены и разработаны оценочные показатели и критерии как для живых так и для неживых компонентов экосистем.

Таким образом, *климатические изменения, влияющие на наземные экосистемы* предлагается оценивать на основании динамического географического показателя – *Относительного коэффициента изменений* (ОКИ) основных климатических характеристик (ОКИ осадков и ОКИ температуры воздуха), который представляет собой отношение модуля изменения трендовых значений температуры (или осадков) за многолетний период (с момента открытия станции) к модулю амплитуды колебания фактических (измеренных) значений этого параметра в многолетнем аспекте (Кузьмина, Трешкин, 2014, 2016а, б).

При установлении наличия климатических изменений, способных повлиять на наземные экосистемы, *совокупное воздействие изменений осадков и температуры воздуха* (влажностно-температурного режима) предлагается оценивать по *Индексу засушливости Педя*$_1$ ($И_{Педя1}$; Педь, 1975; Переведенцев и др., 2008, Кузьмина, Трешкин, 2014, 2016а), который рассматривает аномалии температуры и осадков тренда по отношению к базовому периоду (1961-1990 гг.) *и его модифицированному варианту – $И_{Педя2}$* (Кузьмина, Трешкин, 2014, 2016а), который оценивает отклонение от среднего уровня средней температуры воздуха и суммы осадков за весь многолетний период наблюдений, с момента

открытия станции.

Гидрологические (естественные) изменения под влиянием изменения климата, способные повлиять на наземные экосистемы также предлагается оценивать по *Относительному коэффициенту изменений* (ОКИ) *основных гидрологических характеристик* (ОКИ средних, ОКИ максимальных и ОКИ минимальных расходов и уровней воды в реках) за многолетний период, по такому же принципу расчета как и для основных климатических характеристик (Кузьмина, Трешкин, 2012в, 2014, 2016а, б), т.е. – как отношение модуля изменения трендовых значений уровней и расходов воды за многолетний период к модулю амплитуды колебания фактических (измеренных) значений этих параметров в многолетнем аспекте.

Гидротехнические (антропогенные) изменения предлагается оценивать по *изменению* (как правило, по сокращению) *частоты и высоты заливания* пойменных территорий в нижнем бьефе, а также по высоте и длительности подтопления территорий в верхнем бьефе (Кузьмина, Трешкин, 2012б; Кузьмина и др., 2013; Новикова и др., 2005, 2015; Novikova et. al., 1998, 2001);

Оценку изменений почвенной компоненты экосистемы под воздействием изменений водного режима территории (т.е. при совокупном воздействии естественных и антропогенных гидрогенных факторов) предлагается оценивать по степени и мощности оглеения (т.е. величине оглеенного горизонта в см и количества самих оглеенных горизонтов, а также по соотношению в % оглеения и ожелезнения по фону в оглеенных горизонтах) и глубине залегания оглеенных горизонтов в почвах (Кузьмина, 2007а; Кузьмина и др., 2011а, б; Новикова и др., 2015, 2016).

Нарушенные экосистемы предлагается разделять по *типу* и *степени нарушенности.* На основании наличия или отсутствия климатических (естественных) изменений, а также гидрологических естественных или гидрологических антропогенных (гидротехнических) изменений и их совокупностей, можно выделять экосистемы разных типов нарушений: *естественно нарушенные экосистемы* (при естественных климатических и гидрологических нарушениях и их совместном влиянии), *антропогенно нарушенные экосистемы* (экосистемы нарушенные в результате гидротехнического антропогенного воздействия), *смешанно нарушенные экосистемы* (при совокупном воздействии естественных и антропогенных нарушений). Для каждого типа нарушенности экосистем выделяются три степени нарушений: *слабая*, *средняя*, *сильная* (Кузьмина и др., 2013).

Оценку нарушений от естественных (климатическх) и антропогенных (гидротехнических) причин одной из основных живых компонент экосистем – *растительности* (являющейся эдификатором наземной экосистемы) предлагается проводить на основании нескольких биологических показателей (Кузьмина, 2007а; Кузьмина и др., 2015б). Основные биологические показатели предлагается разделить на две совокупности – динамические и стабильные. К динамической группе биологических показателей относятся показатели с постоянно изменяющимися (как минимум ежегодно) значениями. Они отражают направления и процессы в изменении увлажненности (обводненности) территории как от антропогенного, так и от естественного (климатического) воздействия. К динамическим показателям относятся: 1) изменение видового разнообразия растительных сообществ за многолетний период и 2) их ежегодная флуктуационная изменчивость. К стабильной совокупности биологических показателей относятся показатели обычно изменяющиеся во времени не сразу, а за достаточно длительный период (от 10 лет и более) и обладающие более или менее постоянными значениями, изменяющимися не ежегодно. К стабильной группе биологических показателей относятся: 1) изменение структурной организации растительных сообществ (количество и качество ярусов); 2) наличие и количественная композиция в составе растительных сообществ видов растений – индикаторов изменения

водного режима территории; 3) качественное и количественное проявление видов растений – индикаторов изменения водного режима территории; 4) изменение кормовой ценности луговых сообществ (по сорнотравью; Кузьмина и др., 2015б);

Оценка нарушений одного из живых компонентов экосистем (наземных позвоночных) при изменении водного режима территорий под влиянием природных и антропогенных факторов предлагается проводить по разработанному оригинальному индексу “сравнительной оценки обобщенных показателей богатства животного населения (которое включает одновременную оценку видового разнообразия и численности)”: *обобщенный индекс разнообразия и численности – Ир*=$N \cdot P_{max}+S$, где N – количество видов, отмеченных в пределах биотопа; P_{max} – максимально возможное обилие вида (обычно равно пяти); S – сумма балльных оценок обилия всех видов, отмеченных в пределах биотопа.

Данный индекс (*Ир)* позволяет паритетно учитывать как видовое богатство, так и обилие каждого вида наземных позвоночных на различных территориях, подверженных изменениям в настоящее время или в перспективе. На основе распределения этого индекса для зоны влияния проектируемого гидроузла можно строить соответствующие карты (Подольский и др., 2016а, б, 2017; Дарманов и др., 2016; Антонов и др., 2015).

Оценку нарушений другого живого компонента экосистем – орнитокомплексов – при изменении водного режима территорий под влиянием природных и антропогенных факторов предлагается проводить на основе показателей численности и плотности видов орнитокомплекса; *показатель плотности видов* в сообществе наилучшим образом способен отображать динамику состояния орнитокомплекса (Шаповалова¸ 2015, 2016).

Основным *оценочным индикационным показателем быстрой трансформации экосистем торфяников* при их обводнении и/или осушении является изменение структуры орнитокомплексов (на основе изменения состава и численности видов птиц), а оценочными критериями изменения этих экосистем служит их сравнительная качественно-количественная характеристика (Гринченко, Свиридова, 2016; Волков и др., 2016).

Основными *показателями* и *критериями длительнопротекающих трансформаций болотного комплекса* под влиянием антропогенных и природных факторов коллективом авторов, в составе которого участвуют и сотрудники ИВП РАН (Цыганов и др., 2016) определены: изменения соотношения пыльцы основных компонентов в спектрах спорово-пыльцевой диаграммы торфяного монолита, особенности видовой структуры раковинных амеб в торфяном монолите, степень содержание микрочастиц угля в торфяном монолите, реконструированные значения уровня залегания болотных вод (УБВ, см), а также степени гумификации торфа.

В процесса трансформации *береговых экосистем основным оценочным показателем* можно считать скорость разрушения берега – скорость продвижения бровки коренного берега (Шумова, 2013, 2017).

Были разработаны также некоторые методики и методические подходы, позволяющие на основании *комплексной оценки нарушений нескольких компонентов экосистем* оценить степень их трансформации в результате антропогенного – гидротехнического (по изменению в почвах, грунтовых водах и растительности; Новикова и др., 2015, 2016) или ссумарного – антропогенного и естественного (климатического) воздействия (по изменению основных климатических и гидрологических характеристик, почв, растительности; Кузьмина, Трешкин, 2011; 2012).

Выводы

Динамические изменения в экосистемах могут происходить в результате внешних (естественных и антропогенных) и внутренних (саморазвитие) причин. Оценка динамических изменений в экосистемах чрезвычайно сложная задача, она может

выполняться как покомпонентно, так и в целом, для всей экосистемы. Сегодня, в условиях изменяющегося климата, оценка и прогноз динамики экосистем – важнейшие задачи современной науки.

За последние годы в лаборатории Динамики наземных экосистем под влиянием водного фактора ИВП РАН в соответствии с поставленными задачами по разработке оценочных динамических показателей как для неживых, так и для живых компонет экосистем, был разработан географический показатель для оценки изменений климатических компонет экосистем; были установлены показатели динамической оценки совокупного влияния климатических компонет (температуры и осадков); были разработаны оценочные показатели для нескольких живых компонент экосистем – растительности и животного населения (наземных позвоночных и птиц), включая структурно-функциональные особенности орнитокомплексов в целом; установлен индикационный оценочный показатель быстрой трансформации экосистем торфяников; установлен оценочный показатель процесса разрушения береговой экосистемы; разработаны методические подходы и методы оценки нарушений во всей экосистеме по совокупному анализу трансформаций нескольких её компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия. 2003. / Отв. ред. Н.И. Коронкевич и И.С. Зайцева. М.: Наука. 367 с.

Антонов А.И., Яковлев А.А., Подольский С.А. 2015. Видовой состав птиц среднего течения реки Зея (Амурская область) // Фауна Урала и Сибири. Региональный фаунистический журнал № 2. С. 23-43.

Аширова А.А. 1976. Растительность долины и дельты Амударьи и её хозяйственное использование. Кн. 2. Ашхабад, Изд-во: Ылым. 324 с.

Волков С.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В. 2016. Влияние погодных и климатических колебаний на изменение сроков осенней миграции серого журавля *(Grus grus)* в северном Подмосковье // Зоологический журнал. Т. 95. № 10. С. 1182-1191.

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

Гринченко О.С., Свиридова Т.В. 2016. Сохранение птиц в условиях современного сельского хозяйства: практика взаимодействия с землепользователями // Материалы I Международной орнитологической конференции «Птицы и сельское хозяйство: современное состояние, проблемы и перспективы изучения», 17-18 ноября, 2016 г., М.: Знак. С. 60-66.

Данилов-Данильян В.И. 2017. Экосистема – одно из важнейших фундаментальных понятий современной науки // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 1. С. 5-9 (доступно по ссылке http://www.ecosystemsdynamic.ru).

Данилов-Данильян В.И., Арский Ю.М., Вяхирев Р.И., Залиханов М.Ч., Кондратьев К.Я., Лосев К.С. 2002. Экологический энциклопедический словарь. М.: Издательский дом «Ноосфера». 930 с.

Доманов Т.А., Подольский С.А., Красикова Е.К. 2016. Роль климатических факторов в динамике численности волка и объектов его охоты на территории Зейского заповедника // Охрана и рациональное использование животных и растительных ресурсов. Материалы V международной научно-практической конференции: Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. 26-29 мая, Иркутск. Иркутск. С 179-184.

Дробов В.П. 1951. Возникновение и развитие тугайной растительности и её реконструкция в связи со строительством Главного Туркменского канала // БМОИП. Отд. биол. Т. 56.

С. 65-72.

Закртегер И.Я. 1927. Тугайные леса нижнего течения реки Амударьи. М.: Изд-во АН СССР. 21 с.

Кузьмина Ж.В. 2005. Оценка последствий изменения режима речного стока для пойменных экосистем при создании малых гидротехнических сооружений на равнинных реках // Метеорология и гидрология. № 8. С. 89-103.

Кузьмина Ж.В. 2007а. Воздействие низконапорных гидротехнических сооружений на динамику наземных экосистем зоны широколиственных лесов Центральной и Восточной Европы. Автореф. дисс. … докт. г.н. 44 с.

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

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

Кузьмина Ж.В., Каримова Т.Ю., Трешкин С.Е., Феодоритов В.М. 2011б. Воздействие антропогенного регулирования речного стока и климатических изменений на динамику растительности долин рек // Антропогенная динамика растительного и почвенного покровов лесной зоны. Сборник научных трудов кафедры земледелия и растениеводства. М.: Государственный универсистет по землеустройству. С. 125-147.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 1999. Особенности развития и сохранения тугайных лесов в связи с цикличностью катастрофических паводков // Сохранение и защита горных лесов. Ош. С. 38-44.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2001. Современное состояние флоры и растительности заповедника “Бадай-Тугай” в связи с изменением гидрологического режима // Ботанический журнал. Т. 86. № 1. С. 73-84.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2003. Оценка влияния Южно-Каракалпакского магистрального коллектора на заповедник Бадай-Тугай // Аридные экосистемы. Т. 9. № 19-20. С. 93-105.

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

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2010. Антропогенное изменение пойменных экосистем и их охрана // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 5 (113). С. 58-64.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2011. Метод оценки гидротехнического воздействия и климатических изменений на экосистемы // Антропогенная динамика почв и растительности лесной зоны. М. С. 148-163.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2012а. Оценка последствий гидротехнического воздействия на экосистемы пойменных гидроморфных и полуавтоморфных территорий // Актуальная биогеография. Вопросы географии. Москва: Издательский дом ”Кодекс”. Вып. 134. С. 298-313.

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

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2012в. Влияние климатических и гидрологических изменений на трансформацию естественных и антропогенно нарушенных в результате мелиорации экосистем зоны южной тайги // Рекультивация и использование залежных земель в Нечерноземной зоне России: теория и практика. Материалы Международной научно-практической конференции ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии. Тверь. С. 89-109.

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

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2016а. Многолетние изменения основных метеорологических характеристик в бассейне Амура // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 2 (146). С. 50-61.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2016б. Климатические изменения в Приаралье и Средней Азии // Аридные экосистемы. Т. 22. № 4(69). С. 5-20.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Каримова Т.Ю. 2013. Воздействие основных тенденций совокупного влияния климатических и гидрологических изменений на сукцессионную динамику растительности в мелиоративно трансформируемых экосистемах зоны южной тайги // Материалы Международной практической конференции «Современные проблемы использования мелиорированных земель и повышения их плодородия», г. Тверь, 27-28 июня 2013 г. Тверь. С. 246-252.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Каримова Т.Ю. 2015а. Динамические изменения наземных экосистем поймы и дельты Нижней Волги под влиянием зарегулирования речного стока и климатических флуктуаций // Аридные экосистемы. Т. 21. №4(65). С. 39-53.

Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Каримова Т.Ю., Цуцкиридзе Д.Ю. 2015б. Критерии климатического и антропогенного заболачивания наземных экосистем в долинах рек // Болота и биосфера: материалы Всероссийской с международным участием IX школы молодых ученых (14-18 сентября 2015 г., г. Владимир). Иваново: ПресСто. С. 219-224.

Новикова Н.М., Волкова Н.А. 2016. Структура флоры побережий в зоне влияния водохранилищ на юге европейской части России // Аридные экосистемы. Т. 22. № 4. С. 52-63.

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

Новикова Н.М., Кузьмина Ж.В., Подольский С.А., Балюк Т.В. 2005. Критерии, ограничивающие регулирование режима речного стока по экологическим показателям // Аридные экосистемы. Т. 11. № 28. С. 26-38.

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

Панкова Е.И., Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 1994. Влияние грунтовых вод на состояние почвенного и растительного покрова в оазисах Южной Гоби Монголии и перспективы рационального использования земель // Водные ресурсы. Т. 21. № 3. С. 358-364.

Панкова Е.И., Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 1996. Состояние тугайной растительности в оазисах Южной Монголии и перспективы их восстановления // Аридные экосистемы. Т. 2. № 2-3. С. 131-144.

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

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

Подольский С.А., Игнатенко С.Ю., Игнатенко Е.В., Тиунова Т.М., Павлова К.П., Коцюк Д.В., Антонов А.И., Михеев П.Б., Шмигрилов А.П., Борисова И.Г., Старченко В.М. 2016а. Методология организации и ведения мониторинга биоразнообразия в зонах влияния ГЭС на примере крупных гидроузлов Приамурья // Вестник Дальневосточного отделения РАН. № 1 (185). С. 15-25.

Подольский С.А., Кастрикин В.А., Парилов М.П., Павлова К.П., Левик Л.Ю. 2017. Возможности сравнительной оценки обобщенных показателей видового разнообразия и численности животного населения на примере зоны влияния проектируемого Нижне-

Зейского гидроузла // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 1. С. 55-73 (доступно по ссылке http://www.ecosystemsdynamic.ru).

Подольский С.А., Левик Л.Ю., Павлова К.П., Красикова Е.К. 2016б. Редкие и краеареальные виды грызунов бассейна р. Зеи в условиях влияния гидростроительства // Амурский зоологический журнал VIII (2). С. 154-167.

Сочава В.Б. 1972. Геоботаническое картографирование // Классификация растительности как иерархия динамических систем. Л. С. 3-18.

Сочава В.Б. 1979. Растительный покров на тематических картах. Новосибирск, Изд-во: Наука. 189 с.

Трешкин С.Е. 1990. Структура и динамика древесно-кустарниковых сообществ дельты и низовьев реки Амударьи в связи с антропогенным воздействием. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М. 242 с.

Трешкин С.Е., Кузьмина Ж.В. 1989. Структура древесно-кустарниковых тугаев низовьев Амударьи // Вестник КК ФАН УзССР. №4. Нукус. С. 35-39.

Трешкин С.Е., Кузьмина Ж.В. 1993. Современное состояние пойменных лесных экосистем рек Амударьи и Сумбара в связи с антропогенным воздействием // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 14-19.

Цыганов А.Н., Новенко Е.Ю., Бабешко К.В., Мазей Н.Г., Борисова Т.В., Мазей Ю.А. 2016. Реконструкция послепожарной сукцессии болотных экосистем по данным палеоэкологического анализа // Сборник трудов конференции. Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования. Материалы Всероссийской (с международным участием) научной школы – конференции, посвященной 115-летию со дня рождения А.А. Уранова. С. 210-212.

Шаповалова И.Б. 2015. Орникомплексы побережий Цимлянского водохранилища // Аридные экосистемы. Т. 21. № 4 (65). С. 95-105.

Шаповалова И.Б. 2016. Современное состояние орнитофауны искусственного водоема Сарпа под влиянием водного и антропогенного факторов // Проблемы региональной экологии. № 4. С. 38-45.

Шульга В.Д. 2002. Устойчивость мелиоративных древостоев степных ландшафтов: методология и практика адаптации. Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ. 158 с.

Шумова Н.А. 2013. Прогноз и наблюдаемые смещения береговой линии Цимлянского водохранилища // Аридные экосистемы. Т. 19. № 3 (56). С. 43-50.

Шумова Н.А. 2017. Анализ динамики разрушения берегов Цимлянского водохранилища // Аридные экосистемы. Т. 23. № 3(73). (В печати).

Щукин И.С. 1980. Четырехъязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. М.: Советская энциклопедия. 703 с.

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

Dister E., Gomer D., Obrdlik P., Petermann P., Schneider E. 1990. Water Management and Ecological Perspectives of the Upper Rhine's Floodplains. Regulated Rivers // Regulated Rivers : Research & Management. Band 1. Heft 1. S. 1-15.

Dister E., Henrichfreise A. 2009. Veraenderungen des Wasserhaushalts und Konsequenzen fuer den Naturschutz // Natur und Landschaft. Vol. 84. No. 1. S. 26-31.

Henrichfreise A. 1996. Uferwaelder und Wasserhaushalt der Mittelelbe in Gefahr // Natur und

Landschaft. Vol. 71 No. 6. S. 246-248.

Henrichfreise A. 2000. Zur Erfassung von Grundwasserstandsschwankungen in Flussauen als Grundlage fuer Landeskultur und Planung – Beispiele von der Donau // Angewandte Landschaftsoekologie. Vol. 37. S. 13-21.

Kouzmina J.V. 2004. The impact of natural and human-induced changes in the river flow and the climate on flood plain ecosystems in the middle Elbe river basin // Ecological Engineering and Environment protection. No. 2. Pp. 5-15.

Kouzmina J.V., Treshkin S.Y., Avetjan S.A., Henrichfreise A. 2005. Assessment of consequences change of river flow regime for floodplain ecosystems under building small and middle hydrotechnical constructions // Journal of Hydrology and Hydromechanics. Prague, Czech Republic. Vol. 53. № 1. Pp. 3-16.

Kouzmina J., Treshkin S., Henrichfreise A. 2004. The Monitoring Comparative Results of the Floodplain Ecosystems in Regulated and Natural Part of the Danube River (Geisling-Passau) // Korean Journal of Ecology. Vol. 27. № 4. Pp. 211-216.

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

Novikova N.M., Kuz'mina J.V., Dikareva T.V., Trofimova T.U. 2001. Preservation of the tugai biocomplex diversity within the Amu-Darya and Syr-Darya river deltas in aridization conditions // Ecological research and monitoring of the Aral sea deltas. Boock 2. UNESCO: Pronting Sagraphic, Barcelona. Pp. 155-188.

Novikova N.M., Kust G.S., Kuzmina J.V., Trofimova G.U., Dikariova T.V., Avetian S.A., Rozov S.U., Deruzhinskaya V.O., Safonicheva L.F., Lubeznov U.E. 1998. Contemporary plant and soil cover changes in the Amu-Dar'ya and Syr-Dar'ya river deltas // Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. UNESCO: Paris. Pp. 55-80.

DYNAMIC CHANGES IN ECOSYSTEMS AND THE PROBLEMS OF THEIR ASSESSMENT

© 2017. Zh.V. Kuzmina

Water Problems Institute RAS
Russia, 119333, Moscow, Gubkina Str., 3. E-mail: jannaKV@yandex.ru

The paper states that dynamic changes in ecosystems can emerge as a result of inner self-development as well as external influence. At present the external influence is the determining factor in ecosystems dynamics, it can be natural (terrestrial or cosmic) or unnatural (anthropogenic). The assessment of dynamic changes in ecosystems can be done integrally, i.e. for the whole ecosystem (taking the cartographic analysis as an example) as well as for its components, i.e. separately for each component (or group of components) of the ecosystem. The problem of identification and assessment of dynamic changes in ecosystems is very complicated and to solve it is the most important task nowadays. The main results of the componentwise assessment of the terrestrial ecosystems dynamics under the transformation of the water regime of the territory as the result of natural and anthropogenic reasons are presented in the paper.

Keywords: terrestrial ecosystems, components of ecosystem, ecosystem dynamics, assessment of the transformation of ecosystems.

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2017, том 1, № 1, с. 26-54

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 631.453

О ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ И МЕТОДИКЕ КРУПНОМАСШТАБНОГО ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

© 2017 г. Е.И. Панкова, М.В. Конюшкова, И.Н. Горохова

Почвенный институт им. В.В. Докучаева
Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2. E-mail: pankova_ei@esoil.ru

В статье рассмотрено состояние проблемы оценки засоления и картографирования засоленных почв. Засоление – это свойство, которое лимитирует плодородие почв и определяет их экологическое состояние. Засоленные, в том числе засоленно-солонцовые почвы занимают около 20% площади сельскохозяйственных угодий России. В некоторых регионах (Калмыкия, Новосибирская область, Дагестан) площадь таких почв превышает 40-50% сельскохозяйственных угодий. Засоление – это динамичный процесс, требующий постоянного контроля и учета. В статье приведен обзор литературы, применяемой в России и ряде других стран по данной проблеме, а также по вопросу картографирования засоленных и засоленно-солонцовых почв, с применением материалов космической съемки и методов их цифровой обработки. Рассмотрен зарубежный опыт полевой диагностики засоления почв и цифрового картографирования, а также опыт российских ученых по созданию крупномасштабной почвенно-солевой карты на основе материалов космической съемки высокого разрешения (на примере Джаныбекского стационара в Прикаспийской низменности). Показаны современные возможности цифрового картографирования засоленных почв солонцовых комплексов. Работа направлена на совершенствование методики оценки и метода картографирования в целях учета площади распространения засоленных почв.

Ключевые слова: засоленные почвы, солонцы и солонцовые комплексы, картографирование почв, оценка засоленности почв.

Цель данной работы – обобщить материалы последних лет, касающиеся оценки засоленности почв, а также методов картографирования почв засоленных территорий России на локальном и региональном уровнях.

Известно, что засоленные, в том числе засоленные-солонцовые почвы широко распространены в южных регионах России (рис. 1). Они занимают около 20% площади сельскохозяйственных угодий (Почвенные ресурсы России, 2010), при этом в ряде регионов (Калмыкии, Астраханской, Новосибирской, Курганской, Омской и других областях) площадь засоленных почв (включая почвы солонцовых комплексов) достигает 40 и более процентов от площади сельскохозяйственных угодий (табл. 1). Таким образом, можно утверждать, что засоление – это одно из главных генетических и мелиоративных свойств аридных и семиаридных территорий России. В настоящее время процесс засоления рассматривается как один из основных деградационных процессов, ограничивающих плодородие почв засушливых территорий в разных странах мира и в том числе в России.

И. Сабольч в монографии «Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв» (1980) приводит общую площадь засоленных почв мира, которая составляет более 950 млн. га, в том числе (в тыс. га): в Северной Америке – 17720, в Южной Америке – 129165, в Африке – 80538, Южной и Западной Азии – 211448, Юго-Восточной Азии – 21521, Австралии и Океании – 357508, Европе – 50804. В этой же монографии приведены сведения о площадях распространения засоленных почв в отдельных странах мира и на территории бывшего СССР.

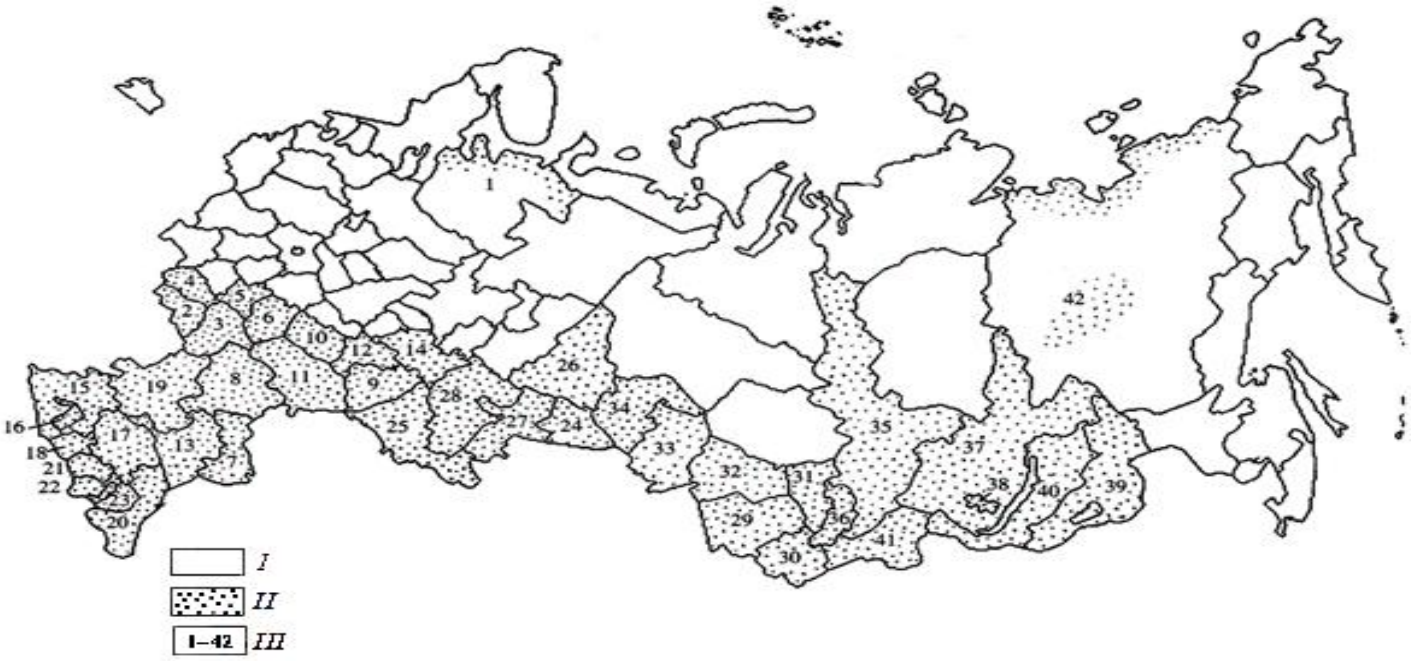


Рис. 1. Карта-схема распространения засоленных почв в пределах сельскохозяйственных угодий на территории субъектов РФ. Условные обозначения. I – Административные единицы РФ; II – Административные единицы, на территории которых распространены (встречаются) засоленные почвы; III – субъекты РФ: 1 – Архангельская область, 2 – Белгородская область, 3 – Воронежская область, 4 – Курская область, 5 – Липецкая область, 6 – Тамбовская область, 7 – Астраханская область, 8 – Волгоградская область, 9 – Самарская область, 10 – Пензенская область, 11 – Саратовская область, 12 – Ульяновская область, 13 – республика Калмыкия, 14 – республика Татарстан, 15 – Краснодарский край, 16 – республика Адыгея, 17 – Ставропольский край, 18 – Карачаево-Черкесская республика, 19 – Ростовская область, 20 – республика Дагестан, 21 – Кабардино-Балкарская республика, 22 – республика Северная Осетия, 23 – Чеченская и Ингушская республики, 24 – Курганская область, 25 – Оренбургская область, 26 – Свердловская область, 27 – Челябинская область, 28 – республика Башкортостан, 29 – Алтайский край, 30 – республика Алтай, 31 – Кемеровская область, 32 – Новосибирская область, 33 – Омская область, 34 – Тюменская область, 35 – Красноярский край, 36 – республика Хакасия, 37 – Иркутская область, 38 – Усть-Ордынский Автономный Бурятский округ, 39 – Читинская область, 40 – республика Бурятия, 41 – республика Тува, 42 – республика Саха (Якутия). **Fig. 1.** The schematic map of saline soils extension on Russian agricultural grounds. Legend. I – the administrative units, II – the administrative units with saline soils, III – the subjects of the Russian Federation: 1 – Arkhangelsk Oblast, 2 – Belgorod Oblast, 3 – Voronezh Oblast, 4 – Kursk Oblast, 5 – Lipetsk Oblast, 6 – Tambov Oblast, 7 – Astrakhan Oblast, 8 – Volgograd Oblast, 9 – Samara Oblast, 10 – Penza Oblast, 11 – Saratov Oblast, 12 – Ulyanovsk Oblast, 13 – Republic of Kalmykia, 14 – Republic of Tatarstan, 15 – Krasnodar Krai, 16 – Republic of Adygea, 17 – Stavropol Krai, 18 – Karachay-Cherkess Republic, 19 – Rostov Oblast, 20 – Republic of Dagestan, 21 – Kabardino-Balkar Republic, 22 – Republic of North Ossetia-Alania, 23 – Chechen and Ingushetia Republics, 24 – Kurgan Oblast, 25 – Orenburg Oblast, 26 – Sverdlovsk Oblast, 27 – Chelyabinsk Oblast, 28 – Republic of Bashkortostan, 29 – Altai Krai, 30 – Altai Republic, 31 – Kemerovo Oblast, 32 – Novosibirsk Oblast, 33 – Omsk Oblast, 34 – Tyumen Oblast, 35 – Krasnoyarsk Krai, 36 – Republic of Khakassia, 37 – Irkutsk Oblast, 38 – Ust-Orda Autonomic Buryat Okrug, 39 – Chita Oblast, 40 – Republic of Buryatia, 41 – Tuva Republic, 42 – Sakha (Yakutia) Republic.

Таблица 1. Распространение засоленных почв и почв солонцовых комплексов (тыс. га) в пределах с/х угодий административных областей России по данным на 01.01.1996 г. (Качественная характеристика …, 1996). **Table 1.** The distribution of salt-affected soils and solonetzic complexes (ths. ha) within agricultural lands of Russia administrative regions (as on 01.01.1996; Qualitative assessment …, 1996).

Административные единицы	**Площадь с/х угодий****	**Обследованная площадь с/х угодий**	**Площадь засоленных почв**	**Разделение засоленных почв по степени засоления**			**Площадь почв солонцовых комплексов**	**Процент участия солонцов в солонцовых комплексах**		
				очень сильно	**сильно**	**средне + слабо**		**<20%**	**20-50%**	**>50%**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
СЕВЕРНЫЙ РАЙОН:*	2259	2171.7	5.10	не опр.	2.4	2.7	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
Архангельская обл.	551.4	545	5.10	не опр.	2.4	2.7	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫЙ РАЙОН:	11664.5	11664.5	68.7	1.6	14.6	52.5	339.6	204.2	108.6	26.8
Белгородская обл.	1827.8	1827.8	0.2	не опр.	0.20	не опр.	44.3	35.4	7.4	1.5
Воронежская обл.	3594.5	3594.5	57	0.6	9.3	47.1	273.1	163.1	88	22
Курская обл.	2105.2	2105.2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	1.40	не опр.	1.4	не опр.
Липецкая обл.	1731.5	1731.5	4.8	не опр.	0.6	4.2	9.1	2.2	6	0.9
Тамбовская обл.	2405.5	2405.5	6.7	1	4.5	1.2	12.7	4.5	5.8	2.4
Поволжский район:	35908.5	35885.8	5337.7	70.2	1596.4	3671.1	9719.6	3120.3	2834.5	3764.8
Астраханская обл.	2357	2353.8	937.1	9.8	199.7	727.6	679.7	237.6	205.1	237
Волгоградская обл.	7971.4	7971.4	1310.1	13.2	180.4	1116.5	3273	1144.1	1218.5	910.4
Самарская обл.	3359.7	3353.8	103.6	0.6	11.5	91.5	149.4	61.6	31.8	56
Пензенская обл.	2739.2	2737.4	19.1	не опр.	2.9	не опр.	20.6	4.4	3.2	13
Саратовская обл.	7877	7877	281.4	0.2	9.8	271.4	1233	467.1	411.1	354.8
Ульяновская обл.	2109.8	2109.8	6.5	не опр.	0.5	6.0	18.5	13.4	4.6	0.5
Республика Калмыкия	5421.4	5418	2653.2	43.2	1191.6	1418.4	4342.2	1187.7	961.4	2193.1
Республика Татарстан	4073	4064.6	26.7	3.2	не опр.	23.5	3.2	3.2	не опр.	не опр.

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
СЕВЕРО-КАВКАЗКИЙ РАЙОН:	22079.4	21840.4**	3272.6	154.7	745.8	2372.1	2575.6	1058.2	975.5	542.3
Краснодарский край	4209.8	4209.8	166.3	4.2	35.5	126.6	73.9	44.5	17.7	11.7
Республика Адыгея	280.4	275.3	2.1	не опр.	0.2	1.9	5.1	0.2	4.2	0.7
Ставропольский край	5382	5382	1180.3	18.0	241.5	920.8	769.5	339.4	213.9	216.2
Карачаево-Черкесская Республика	510	509.8	16.1	не опр.	0.2	15.9	14	13.9	0.1	не опр.
Ростовская обл.	7771.1	7771.1	305.1	12.4	62.5	230.2	1632.1	639	708.3	284.8
Республика Дагестан	2804.9	2746.4	1526.3	120.1	392.8	1013.4	81	21.2	30.9	28.9
Кабардино-Балкарская Республика	639	638.5	58.2	не опр.	2.9	55.3	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
Республика Северная Осетия	311.9	307.5	18.2	не опр.	10.2	8.0	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
Чеченская и Ингушская Республики	170.3	нет данных								
УРАЛЬСКИЙ РАЙОН:	29524.5	29270.2	1342.1	74.3	184.7	1083.1	3721	1178.5	738.7	1803.8
КУРГАНСКАЯ ОБЛ.	3894.2	3894.2	392.5	34.4	46.6	311.5	1128.6	194.6	97.5	836.5
ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛ.	9986	9986	632.1	2.2	91.3	538.6	1659.1	662.2	465.7	531.2
СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ.	1973.2	1691.3	17	0.7	0.2	16.1	8.4	не опр.	0.9	7.5
ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ.	3882.2	3760.2	274.6	36.2	41.1	197.3	894.1	309.4	171.6	413.1
РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН	5994.4	5994.4	25.9	0.8	5.5	19.6	30.8	12.3	3	15.5
ЗАПАДНОСИБИРСКИЙ РАЙОН:	29754.2	29243.8	5148.8	345.8	1076.1	3726.9	6396.3	2368.5	891.4	3136.4
АЛТАЙСКИЙ КРАЙ	9089.4	9082.4	982.7	44.9	204.6	733.2	807.2	367.6	145.3	294.3
РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ	1267.3	1079.4	52.8	4.5	4.0	44.3	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛ.	1994.6	1968.4	19.5	0.4	1.3	17.8	63.4	56.7	1.1	5.6
НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛ.	7285.6	7284.5	2146	167.6	556.6	1421.8	3013.1	1385.7	108.9	1518.5

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Омская обл.	5924.8	5924.8	1661.2	104.6	216.4	1340.2	1948.5	313.4	582.7	1052.4
Тюменская обл.	2900.6	2900.6	286.6	23.8	93.2	169.6	564.1	255.1	43.4	265.6
ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ РАЙОН:	18231.5	17973.6	716	91.3	241.2	383.5	178.2	69.6	54.2	54.4
Красноярский край	4243.7	4193.6	31.9	6.9	5	20	27.4	4.4	17.1	5.9
Хакасия	1421.5	1421.5	124.8	22.6	53.5	48.7	59.6	6.1	15.8	37.7
Иркутская обл.	1438.8	1370	59.8	2.2	39.3	18.3	0.8	не опр.	0.8	не опр.
Усть-Ордынский Бурятский АО	722	716.4	29.5	1.8	0.2	27.5	1.8	не опр.	1.8	не опр.
Читинская обл.	5163.4	5163.4	128	11.5	0.4	116.1	59.9	53.6	3.9	2.4
Республика Бурятия	2169.9	2040.5	173.5	24.6	130.7	18.2	23.1	не опр.	14.8	8.3
Республика	3068.2	3068.2	168.5	21.7	12.1	134.7	5.6	5.5	не опр.	0.1
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ РАЙОН:	5302.9	5125.2	413.2	22.2	259.7	131.3	8.4	4.1	3.4	0.9
РЕСПУБЛИКА САХА	1165	1077.3	413.2	22.2	259.7	131.3	8.4	4.1	3.4	0.9
РОССИЯ	183416.3	181860.4 **	16304.2	760.1	4120.9	11423.2	22938.7	8012.6	5596.7	9329.4
НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ	36718.5	36492.5	22.1	0.7	2.6	18.8	8.4	не опр.	0.9	7.5

Примечания к таблице 1: * – В каждом экономическом районе перечислены только те административные единицы, которые характеризуются наличием засоленных и солонцовых почв; ** – площадь с/х угодий и площадь обследованных с/х угодий экономических районов даны с учетом всех входящих в районы областей, краев и республик. **Notes to table 1:** * – within each region, only those administrative units are listed, which have saline and solonetzic soils; ** – the areas of every investigated agricultural lands of administrative regions are given with inclusion of all subregions (oblasts, krais, republics).

При этом И. Сабольч подчеркивал (Сабольч, 1980; Szabolcs, 1989), что эти цифры дают лишь ориентировочное представление о масштабе распространения засоленных почв в связи с неопределенностью самого понятия «засоленные почвы», а также в связи с различными методами, которые используют для анализа и учета таких почв в разных странах мира, поэтому приведенные выше данные плохо сопоставимы.

Анализируя состояние проблемы по оценке и учету засоленных почв на территории России на начало XXI века, можно констатировать следующее: сведения об оценке свойств и распространении засоленных почв, приведенные в публикациях последних лет, в том числе и

в публикации «Почвенные ресурсы России» (2010), опираются в основном на материалы середины и конца XX века. Несомненно, эти данные требуют обновления на основе современных методов и подходов.

В основу статьи положены разработки сотрудников отдела генезиса и мелиорации засоленных и солонцовых почв Почвенного института имени В.В. Докучаева, выполненные в плане работ института.

К числу задач, которые должны быть решены в первую очередь, мы относим две нижеприведенные.

1. Обновление единых методических рекомендаций по оценке засоления почв России. При этом необходимо учесть подходы к оценке засоления почв других стран мира, чтобы сделать данные о почвах России и других стран сопоставимыми. Такие методические рекомендации требуются для учета почв, а также для создания базы данных по засоленным почвам России, которая могла бы войти в единую базу данных по засоленным почвам мира.

2. Создание методики картографирования и учета площадей засоленных почв, которая должна базироваться на едином подходе к оценке засоления почв и на специальной методике по картографированию, основанной на анализе материалов дистанционного зондирования. Следует отметить, что на сегодняшний день такой методики, прошедшей проверку в зоне распространения засоленных почв в разных регионах России и мира, не существует. Некоторые подходы к созданию этой методики, основанные на современных дистанционных методах, были получены нами ранее на орошаемых землях Средней Азии (Методические рекомендации ..., 1985; Панкова, Соловьев, 1993; Панкова и др., 2016) и на орошаемых землях Европейской России (Горохова, 1992; Горохова и др., 1999). Наиболее проработан вопрос по картографированию и учету площадей целинных засоленных почв солонцовых комплексов Прикаспийского региона в диссертации М.В. Конюшковой (2010) и в ее монографии (2014). Перечисленные выше работы, а также материалы последних лет зарубежных исследователей мы планируем положить в основу разрабатываемых в настоящее время в Почвенном институте им. В.В. Докучаева подходов по оценке, картографированию и учету площадей засоленных почв.

1. Обзор литературы по теме: оценка и картографирование засоленных почв

1.1. История развития методов оценки и картографирования засоленных почв в Почвенном институте имени В.В. Докучаева

С момента образования Почвенного института им. В.В. Докучаева проблема изучения засоленных почв являлась одной из главных, разрабатываемых и поныне в стенах института. Здесь работали родоначальники этого направления почвенной науки: Б.Б. Полынов, В.А. Ковда, А.Н. Розанов, В.В. Егоров, И.Н. Антипов-Каратаев, Е.Н. Иванова, Н.И. Базилевич, Ф.И. Козловский, Б.А. Зимовец и многие другие сотрудники, которые создали школу почвоведов, занимающихся изучением, картографированием и мелиорацией засоленных и солонцовых почв. В настоящее время отдел генезиса и мелиорации засоленных и солонцовых почв остается одним из ведущих отделов института и ведущих коллективов страны, разрабатывающих эту тематику. Методы оценки засоления почв, предложенные сотрудниками отдела Н.И. Базилевич и Е.И. Панковой в 1960-х годах (Базилевич, Панкова, 1968, 1972), и в настоящее время остаются основными руководствами по оценке засоленных почв, которые используют в научных, учебных и производственных коллективах. Эти методы вошли во все инструкции, утвержденные Минсельхозом и Минводхозом СССР, а в настоящее время – России, а также в классификации почв СССР (1977) и России (2004).

В отделе генезиса и мелиорации засоленных почв были обобщены и усовершенствованы методы химического анализа засоленных почв (Хитров, Понизовский, 1990). Особое

внимание в последние годы Н.Б. Хитров уделяет полевой диагностике засоления почв (Хитров и др., 2013), а также внедрению методов оценки засоления, используемых за рубежом. Следует также назвать работы Н.Г. Минашиной (1979) по изучению и мелиорации гипсоносных почв.

Еще одно направление в изучении засоленных почв традиционно активно разрабатывается в отделе генезиса и мелиорации засоленных и солонцовых почв – это метод картографирования почв для учета занимаемых ими площадей. Первые карты засоления почв отдельных регионов России и страны в целом были созданы сотрудниками отдела: В.А. Ковда и Н.И. Конторская создали обзорные схематические карты распространения засоленных почв на территории СССР (Ковда, 1946; Кондорская, 1965). В 70-х годах XX века по программе ФАО была составлена первая карта типов химизма засоления почв СССР в масштабе 1:2500000 (1976). В создании карты участвовали сотрудники республиканских почвенных институтов, но программа работ и редактирование карты велись сотрудниками отдела генезиса и мелиорации засоленных почв под руководством В.В. Егорова и Н.И. Базилевич. Большим достижением сотрудников стало создание новой карты засоления почв России (2003), составленной на контурной основе Почвенной карты РСФСР в масштабе 1:2500000 под редакцией В.М. Фридланда (1988). На ней отображен процент участия засоленных почв и химизм засоления. При ее создании использовали информацию о засоленности почв, взятую с почвенно-мелиоративных карт М 1:500000 (Союзводпроект, 1987). Работу над оцифровкой и корректировкой новой карты засоления в 2009 году провели Н.Б. Хитров, Д.И. Рухович и другие.

Кроме создания мелкомасштабных карт засоления почв в отделе постоянно проводилась работа по совершенствованию картографирования засоления почв в крупных масштабах. Н.И. Базилевич и Е.И. Панкова участвовали в создании методических руководств по этой теме (Общесоюзная инструкция ..., 1973).

Еще в 1950-х годах М.С. Симакова (1959) разрабатывала проблему солонцов, впервые использовав аэрофотоснимки для картографирования почв солонцовых комплексов Прикаспийской низменности. Позже была издана методика составления крупномасштабных почвенно-мелиоративных карт солонцовых территорий (1985) под редакцией Э.А. Корнблюма. В 1980-е годы в отделе генезиса и мелиорации засоленных почв начали работы по усовершенствованию методики составления крупномасштабных карт засоления и солонцеватости целинных почв, где впервые использовали метод машинного дешифрирования аэрофотоснимков (Козловский, Королюк, 1980).

В это же время в Узбекистане, где находился опорный пункт – стационар Почвенного института им. В.В. Докучаева, начали разработку методики крупномасштабного картографирования засоленных орошаемых и целинных почв на основе материалов аэрофотосъемки. Эти работы завершились публикацией многочисленных статей и созданием «Методических рекомендаций по использованию материалов аэрофотосъемки для оценки засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий хлопкосеющей зоны в крупных и средних масштабах» (1985).

Позже на основе космических снимков создали карту засоления почв оазисов Средней Азии в масштабе 1:1000000 (Панкова и др., 1986).

Итогом многолетних работ в Среднеазиатском регионе стала публикация монографии Е.И. Панковой и Д.А. Соловьева «Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв» (1993). Позже вышла коллективная монография (Панкова и др., 1996), в которой дана характеристика и площади распространения и приведены карты засоления почв всех республик Средней Азии, входивших в бывший Советский Союз. Наибольшая ценность этой работы заключается в том, что в ней рассмотрены причины активизации процессов вторичного засоления почв, связанные с орошением, и приведены карты засоления почв.

Книга, изданная в 1990-х годах, не утратила своей актуальности и сегодня, о чем свидетельствует тот факт, что в 2010 году по указанным материалам в США опубликовали статью Е.И. Панковой и И.П. Айдарова на тему вторичного засоления почв Аральского бассейна (Pankova, Aidarov, 2010).

Следует также назвать ряд публикаций и направлений работ сотрудников отдела, выполненных в конце XX и в начале XXI вв., которые и в настоящее время представляют большой научный интерес и входят в многотомное издание «Международное руководство по орошению и дренажу засоленных почв», выпущенное под редакцией В.А. Ковды в 1966 году (Ковда, 2008). В этой работе обобщили достижения в области изучения и мелиорации почв разных стран мира по материалам зарубежных исследователей.

В 1990-х годах сотрудники Почвенного института участвовали в создании Международной энциклопедии по мелиорации засоленных почв, которая была издана в Лондоне в 2008 году.

Своеобразным итогом работы по изучению засоленных почв России в XX и начале XXI века стала монография «Засоленные почвы России» (2006). Авторский коллектив монографии состоял в первую очередь из сотрудников отдела: Е.И. Панковой, А.Ф. Новиковой, И.А. Ямновой, И.Н. Гороховой, Г.И. Черноусенко, Т.В. Королюк, а также сотрудников других институтов. В монографию включены мелкомасштабные карты засоленных почв по всем регионам России и характеристика почв.

В настоящее время отдел продолжает вести активную работу в области изучения засоленных почв и совершенствовании методов оценки и картографирования, которые заключаются в детальном картографировании (Хитров, 2005) и корректировке средне- и мелкомасштабных карт засоления почв на основе космических снимков (Черноусенко и др., 2016).

Настоящим прорывом в области крупномасштабного картографирования солонцовых комплексов стала диссертационная работа М.В. Конюшковой (2010) на тему: «Картографирование почвенного покрова и засоленности почв солонцовых комплексов на основе цифрового анализа космической съемки (на примере Джаныбекского стационара)». М.В. Конюшкова впервые провела работу по крупномасштабному картографированию почв солонцовых комплексов на основе космических снимков высокого разрешения и компьютерной технологии дешифрирования снимков, где были подсчитаны площади почв, которые характеризуются разным засолением. Эта работа должна быть положена в основу создания мониторинга и учета засоленных почв в России, что позволит получить объективную картину о площадях распространения засоленных и солонцовых почв в разных регионах страны.

1.2. Обзор зарубежной литературы по современным методам полевой оценки засоления почв и их цифровому картографированию

Проблема оценки засоления почв и их цифрового картографирования в настоящее время активно изучается во всем мире, о чем свидетельствует подробный обзор зарубежной литературы, приведенный в монографии М.В. Конюшковой «Цифровое картографирование почв солонцовых комплексов Северного Прикаспия» (2014).

При картографировании и мониторинге засоленных и солонцовых почв используют два основных подхода. Первый основан на оперативных измерениях засоления почв с помощью контактных методов (proximal sensing), к которым в основном относятся методы электромагнитной индукции (ЭМИ). Второй заключается в выявлении почвенно-ландшафтных связей в разных природно-мелиоративных условиях и составлении карт на основе этих связей. К этому направлению можно отнести методы традиционной и цифровой

картографии, дешифрирование космо- и аэроснимков.

Метод ЭМИ основан на полевом площадном измерении «мнимой» электропроводности (apparent electrical conductivity, ECa) с помощью портативного прибора, который переносят вручную либо устанавливают на прицеп трактора (рис. 2). Данные с прибора передают на портативный компьютер; координаты регистрируют в режиме реального времени с помощью навигатора GPS. Наибольшее распространение среди приборов, измеряющих электропроводность с помощью ЭМИ, получил кондуктометр EM-38 компании Geonics (Канада), который позволяет оценить засоленность в толще 1-1.5 м. Более подробно метод описан в работах D.L. Corwin, S.M. Lesch (2003, 2005) и A. Akramkhanov с соавторами (2014).

Среди подобных приборов все чаще применяют DUALEM-421, которым можно измерять ECa на 6 разных глубинах, что позволяет создавать многомерные (3-х и 4-х-мерные) модели распределения солей в почвах (Triantafilis, Monteiro Santos, 2013).

Рис. 2. Трактор, оборудованный кондуктометром EM-38 и навигатором с оперативной передачей данных на ноутбук (USDA Salinity Lab, Riverside, USA). **Fig. 2.** The tractor with conductometer EM-38, navigator and data passing from it to PC (USDA Salinity Lab, Riverside, USA).

Величина измеряемой в почве электропроводности зависит от засоленности почвенного раствора, пористости, типа и количества илистых частиц (Metternicht, Zinck, 2003). К существенному ограничению метода ЭМИ стоит отнести невозможность корректной оценки измерений при низкой влажности почв (т.е. в богарных условиях или при низкой влажности орошаемых почв) и неоднородном гранулометрическом составе почв и подстилающих пород. При отсутствии указанного ограничения метод позволяет дать оперативную и объективную оценку засоления на больших площадях в кратчайшие сроки. Сравнение данных, полученных с помощью метода ЭМИ, с лабораторными измерениями электропроводности экстракта почвенной пасты (образцов почв) показывает значения корреляции 0.74-0.78, при этом рисунок распределения значений полевых и лабораторных

данных очень схож (Corwin et al., 2003). Более высокую точность метод дает при сопряженном измерении влажности почв (Guo et al., 2013), в этом случае учет влажности позволяет разделить вклад засоления и влаги в итоговую электропроводность почв.

Использование этого метода положено в основу руководства по солевой съемке, которое было разработано в США и широко используется по всему миру (Soil salinity assessment …, 1999).

При изучении засоления почв по данным дистанционного зондирования опробован целый ряд спектральных индексов: интенсивности, яркости, засоления, вегетационные индексы (табл. 2). Подобные индексы часто более наглядно иллюстрируют связь между различными состояниями изучаемого объекта и его спектральными свойствами.

Таблица 2. Корреляция между спектральными индексами и засолением почв.
Table 2. The correlation between spectral indices and soil salinity level.

Источник	Район исследования	Спутник	Индекс	Корреляция
Индексы интенсивности (Intensity index)				
Douaoui et al., 2006	Lower Cheliff Plain (Алжир)	SPOT XS	$Int1 = \frac{G+R}{2}$	0.49
			$Int2 = \frac{G+R+NIR}{2}$	0.43
Bouaziz et al., 2011	Северо-восточная Бразилия	MODIS Terra	$Int1 = \frac{G+R}{2}$	0.32
			$Int2 = \frac{G+R+NIR}{2}$	0.36
Индексы яркости (Brightness index)				
Douaoui et al., 2006	Lower Cheliff Plain (Алжир)	SPOT XS	$BI = \sqrt{R^2 + NIR^2}$	0.31
Bouaziz et al., 2011	Северо-восточная Бразилия	MODIS Terra	$BI = \sqrt{R^2 + NIR^2}$	0.40
Allbed et al., 2014	Al-Hassa oasis (Саудовская Аравия)	IKONOS	$BI = \sqrt{R^2 + NIR^2}$	0.10-0.28
Индексы засоления (Salinity index)				
Douaoui et al., 2006	Lower Cheliff Plain (Алжир)	SPOT XS	$SI1 = \sqrt{G \times R}$	**0.50**
			$SI2 = \sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$	0.44
			$SI3 = \sqrt{G^2 + R^2}$	**0.49**
Bouaziz et al., 2011	Северо-восточная Бразилия	MODIS Terra	$SI1 = \sqrt{G \times R}$	0.46
			$SI2 = \sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$	**0.57**
			$SI3 = \sqrt{G^2 + R^2}$	0.44
			$SI-11 = \frac{SWIR1}{SWIR2}$	0.11
			$Aster_{SI} = \frac{SWIR1 - SWIR2}{SWIR1 + SWIR2}$	0.10
Abbas et al., 2013	District Faisalabad, Punjub (Пакистан)	IRS-1B LISS-II	$S1 = \frac{B}{R}$	0.64-0.82
			$S2 = \frac{B-R}{B+R}$	0.64-0.82
			$S3 = \frac{G \times R}{B}$	0.64-0.82

Продолжение таблицы 2.

Источник	**Район исследования**	**Спутник**	Индекс	Корреляция
-"-	**-"-**	**-"-**	$S4 = \sqrt{B \times R}$	**0.82**
Allbed et al., 2014	Al-Hassa oasis (Саудовская Аравия)	IKONOS	$SI - T = \frac{R}{NIR} \times 100$	**0.51-0.78**
			$SI = \sqrt{B \times R}$	0.21-0.50
			$SI1 = \sqrt{G \times R}$	0.20-0.49
			$SI2 = \sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$	0.14-0.35
Allbed et al., 2014	Al-Hassa oasis (Саудовская Аравия)	IKONOS	$SI3 = \sqrt{G^2 + R^2}$	0.20-0.49
			$S1 = \frac{B}{R}$	-0.23 - -0.59
			$S2 = \frac{B - R}{B + R}$	-0.23 - -0.58
			$S3 = \frac{G \times R}{B}$	0.20-0.50
			$S5 = \frac{B \times R}{G}$	0.22-0.51
			$S6 = \frac{R \times NIR}{G}$	0.02-0.14
			$NDSI = \frac{R - NIR}{R + NIR}$	**0.51-0.77**
Вегетационные индексы (Vegetation index)				
Douaoui et al., 2006	Lower Cheliff Plain (Алжир)	SPOT XS	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$	0.00
			$DVI = NIR - R$	0.03
			$WDVI = NIR - a \cdot R$	0.08
			$PVI = \frac{NIR - (a \cdot R + b)}{\sqrt{1 + a^2}}$	0.08
			$TSAVI = \frac{a \cdot (NIR - (a \cdot R + b}{R + a \cdot (NIR - b) + 0.08(}$	0.09
Bouaziz et al., 2011	Северо-восточная Бразилия	MODIS Terra	$SAVI = \frac{(NIR - R) \times (1 + L)}{(NIR + R + L)}$	0.27
			$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$	0.23
			$EVI = 2.5 \times \frac{(NIR - R)}{NIR + c1 \times R - c2 \times B}$	0.37
Allbed et al., 2014	Al-Hassa oasis (Саудовская Аравия)	IKONOS	$SAVI = \frac{(NIR - R) \times (1 + L)}{(NIR + R + L)}$	**-0.51 - -0.78**

Примечания к таблице 2: Полужирным шрифтом выделены спектральные индексы, для которых в публикациях была выявлена максимальная корреляция с засолением почв. Условные обозначения: B, G, R, NIR, SWIR – отражение в голубом, зеленом, красном, ближнем инфракрасном, коротковолновом инфракрасном канале, соответственно; a, b – коэффициенты почвенной линии; Int1 – интенсивность в видимой зоне спектра; Int2 –

интенсивность в видимой/инфракрасной зоне спектра; SI1 – индекс засоления №1; SI2 – индекс засоления №2; SI3 – индекс засоления №3; SI-11 – индекс засоления №11; SI, S1, S2, S3, S4, S5, S6, SI-T – индексы засоления; Aster_SI – индекс засоления ASTER; BI – индекс яркости; DVI – разностный вегетационный индекс; EVI – улучшенный вегетационный индекс; NDVI – нормализованный разностный вегетационный индекс; NDSI – нормализованный разностный индекс засоления; PVI – перпендикулярный вегетационный индекс; SAVI – вегетационный индекс с поправкой на почву; TSAVI – трансформированный вегетационный индекс с поправкой на почву; WDVI – взвешенно-разностный вегетационный индекс; L – константа, поправочный коэффициент, учитывающий влияние нелинейного дифференциального прохождения электромагнитного потока (в красном и ближнем инфракрасном диапазоне) через растительный покров (при расчете SAVI=0.5, при расчете EVI=1); c1 и c2 – коэффициенты, учитывающие рассеяние атмосферными аэрозолями за счет использования голубого канала съемки, корректирующего влияние аэрозолей на красный канал (c1=6, c2=7.5). **Notes to table 2:** bold font marks the spectral indices, which show the maximum correlation with soil salinity level, according to this specific publication. Legend: B, G, R, NIR, SWIR – reflectance in blue, green, red, near infrared and short-wave infrared bands, respectively; a, b – coefficients of soil line; Int1 – intensity in the visible spectrum; Int2 – intensity in the visible/infrared spectrum); SI1 – salinity index №1; SI2 – salinity index №2; SI3 – salinity index №3; SI-11 – salinity index №11; SI, S1, S2, S3, S4, S5, S6, SI-T – salinity indices; Aster_SI – ASTER salinity index; BI – brightness index; DVI – difference vegetation index; EVI – enhanced vegetation index; NDVI – normalized difference vegetation index; NDSI – normalized difference salinity index; PVI – perpendicular vegetation index; SAVI – soil-adjusted vegetation index; TSAVI – transformed soil-adapted vegetation index; WDVI – weighted difference vegetation index; L – canopy background adjustment factor which addresses non-linear, differential NIR and red radiant transfer through a canopy (SAVI=0.5,EVI=1); c1 и c2 – coefficients of the aerosol resistance term, which uses the blue band to correct for aerosol influences in the red band (c1=6, c2=7.5).

Значение корреляции между уровнем засоленности почв и значением индекса определяют в зависимости от того, изучается поверхность открытая или занятая растительностью. В случае открытой поверхности засоление почв не связано с вегетационными индексами и коррелирует с индексами, рассчитанными на основе суммирования или перемножения яркостей отражения в видимой и ближней инфракрасной зоне спектра. Это обусловлено тем, что для засоленных почв существует закономерность увеличения отражательной способности в видимом (особенно в голубом) и ближнем инфракрасном диапазоне при увеличении степени засоления (Csillag et al., 1993; Rao et al., 1995). Эта закономерность нарушается при разном состоянии поверхности засоленных почв: увлажнении, разрушении солевой корки в результате трещинообразования или вытаптывания, разном минералогическом составе солевых корок (Mougenot et al., 1993; Metternicht, Zinck, 2003; рис. 3).

Если поверхность засоленных почв закрыта растительностью, то часто наблюдают высокую корреляцию степени засоления почв с вегетационными индексами и индексами, рассчитанными на основе соотношения яркости в красном и ближнем инфракрасном каналах, т.к. такие индексы отражают состояние растительности: плохое в случае более высокого засоления, хорошее в случае низкого засоления (рис. 4). Подходы к дистанционной оценке засоления почв по данным NDVI или по состоянию растительности (в первую очередь, сельскохозяйственных культур) предложены во многих работах, а также в работах N. Fernandez-Buces с соавторами (2006), «Indo-Dutch network project …» (2002), C.L. Wiegand с соавторами (1994).

Для засоленных почв, на которых произрастает галофитная естественная растительность (*Salicornia, Spartina, Suaeda, Salsola* и др.), связь между вегетационным индексом и засоленностью почв слабая, в отличие от относительно менее солевыносливых культур, таких как хлопок, кукуруза и тростник (Zhang et al., 1997; Zhang et al., 2011; рис. 5).

Подходы к картографированию и мониторингу почв солонцовых комплексов на основе данных дистанционного зондирования разработаны не так подробно, как в случае оценки засоленности почв, но, тем не менее, представлены в публикациях. В основу подходов положен тот факт, что на разных почвах, входящих в состав солонцового комплекса, развиваются разные растительные ассоциации, а состояние растительности тесно связано с проявлением в почвах солонцеватости и засоленности (Toth et al., 1991; Toth и Pasztor, 1996; рис. 6).

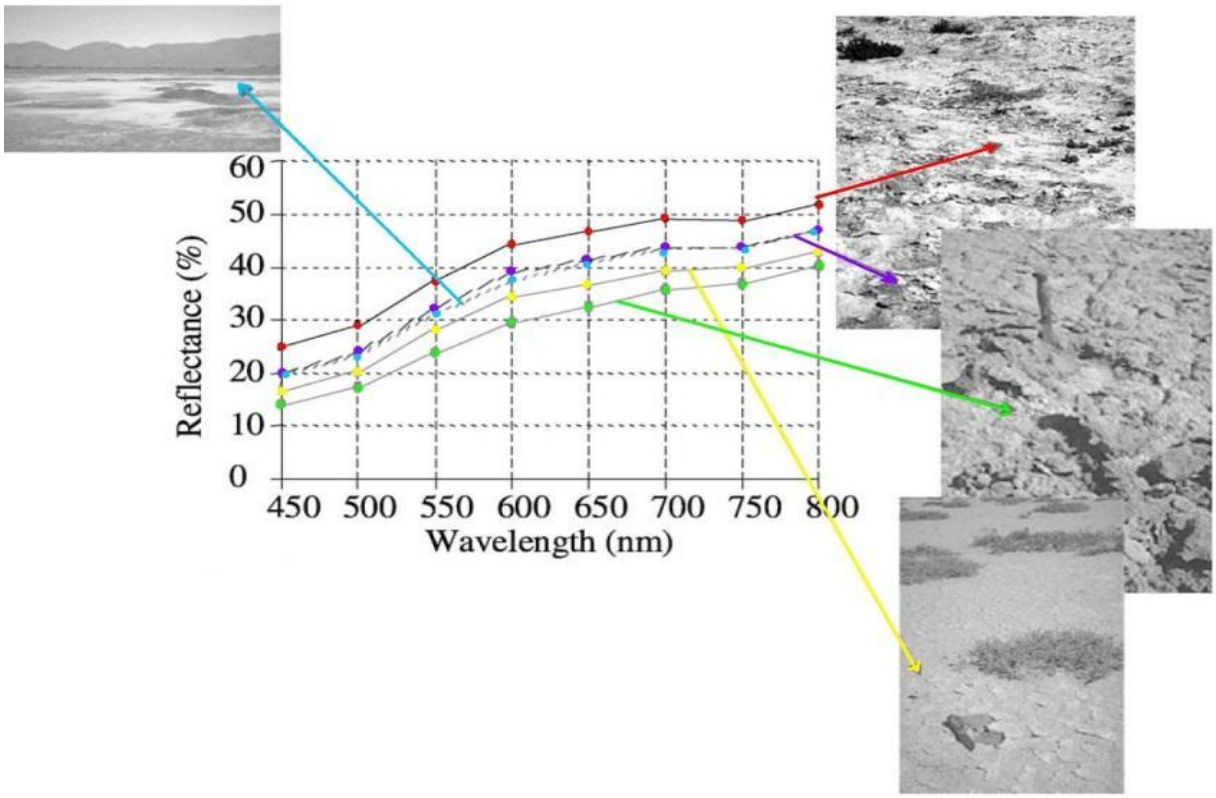


Рис. 3. Влияние состояния поверхности солевых корок на отражательную способность, наземные измерения сделаны с помощью радиометра Crop Scan (Metternicht, Zinck, 2003). Условные обозначения: красный – пышная корка (осень сильное засоление); фиолетовый – потрескавшаяся пышная корка (очень сильное засоление); голубой – без корки (очень сильное засоление); желтый – очень сильно засоленная корка (коричневато-желтая, 10YR 6/5); зеленый – очень сильно засоленная корка (бледно-коричневый, 10YR 6/3).

Fig. 3. The influence of saline crusts' top on the reflectivity; the terrestrial measuring were made with radiometer Crop Scan (Metternicht, Zinck, 2003). Legend: red – puffy crust (very strong saline); purple – cracked puffy crust (very strong saline); blue – not crusted (very strong saline); yellow – very strong saline crust (brownish yellow 10YR 6/5); green – very strongly saline crust (pale brown 10YR 6/3).

Аналогичные подходы использовали и российские специалисты (Конюшкова, Вышивкин, 2009; Конюшкова, 2014), которые исследовали солонцовые комплексы Северного Прикаспия с использованием детальных космических снимков (Quickbird,

GeoEye, Pleiades), с помощью различий в значениях вегетационного индекса (повышенного для лугово-каштановых почв за счет густого покрова злаково-разнотравной растительности) и отражении в ближнем инфракрасном канале (пониженного для солонцов за счет напочвенного покрова из мхов, лишайников, ветоши). Инструкция по составлению цифровой почвенной карты солонцовых комплексов Северного Прикаспия на основе автоматизированного дешифрирования детальных спутниковых снимков приведена в сборнике упражнений по цифровой почвенной картографии (Цифровая почвенная картография …, 2017; рис. 7).

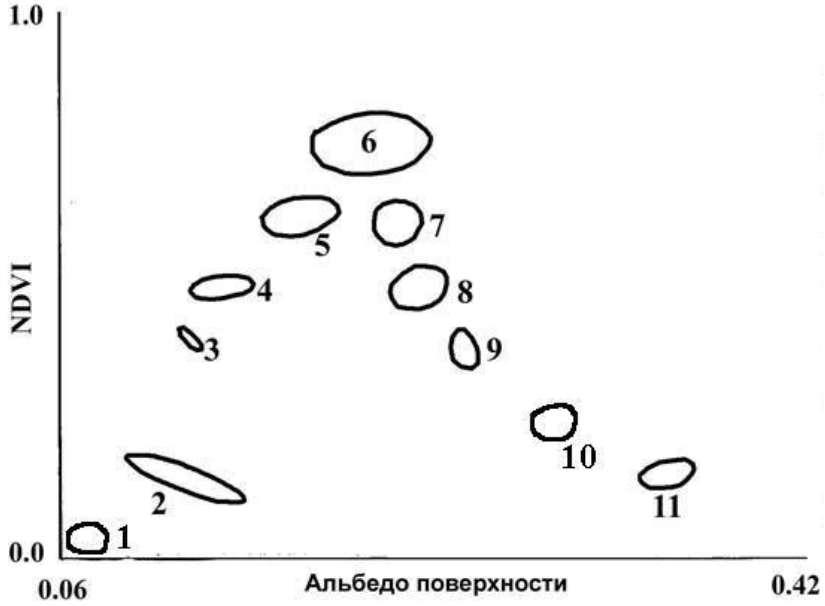


Рис. 4. Зависимость между альбедо и вегетационным индексом NDVI различных категорий почв. Условные обозначения: 1 – вода; 2 – переувлажненные целинные территории; 3 – сильно переувлажненные с/х участки; 4 – средне переувлажненные; 5 – слабо переувлажненные; 6 – слабозасоленные с/х участки; 8 – среднезасоленные; 9 – сильнозасоленные; 10 – обнаженная поверхность; 11 – солончаки (Indo-Dutch network project …, 2002). **Fig. 4.** The dependence between albedo and vegetation index NDVI of different soil types. Legend: 1 – water; 2 – overwetting virgin areas; 3 – strongly overwetting agricultural areas; 4 – normally overwetting; 5 – weakly overwetting; 6 – agricultural zones without salinization or overwetting; 7 – weakly saline areas ; 8 – normally saline; 9 – strongly saline; 10 – exposed surface; 11 – salt-marsh.

2. Современные разработки Почвенного института им. В.В. Докучаева по совершенствованию методики оценки и картографированию засоленных почв

В настоящее время в отделе генезиса и мелиорации засоленных и солонцовых почв ведут работы по созданию нового варианта методических рекомендаций по оценке засоленности почв. Для этого были детально проанализированы следующие материалы: «Методические указания по учету засоленных почв» (Базилевич, Панкова, 1968); «Методические рекомендации по мелиорации солонцов и учету засоленных почв» (1970); «Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям» (1973); «Составление крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова» (1989) – и другие работы, в которых даны рекомендации по оценке засоленности почв и методам их картографирования. Наряду с отечественной литературой проанализированы работы, в которых изложены

методы и подходы, принятые за рубежом: «Soil survey investigations for irrigation» (Richards, 1954), «Soil survey Laboratory methods manual» (1979), «Soil survey investigation Report» (2004), а также «Руководство по описанию почв» (2012).

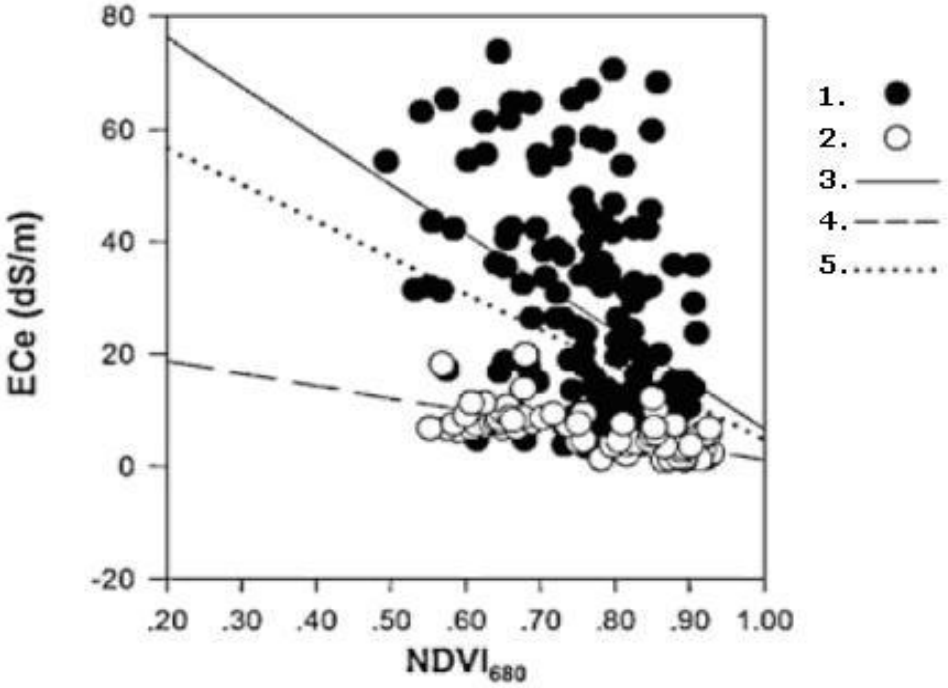


Рис. 5. График рассеяния между значениями NDVI для разных групп растений: галофитов и солевыносливых культур; измерения сделаны с помощью полевого гиперспектрального радиометра и электропроводности экстракта из пасты (ECe). Условные обозначения: 1 – галофиты, 2 – солевыносливые культуры, 3 – линия регрессии для галофитов, 4 – линия регрессии для солевыносливых культур, 5 – линия регрессии для всех видов (Zhang et al., 2011). **Fig. 5.** The graphic of diffusion between NDVI values for different vegetation groups (halophytes and salt-resistant cultures); the measuring was made with field hyperspectral radiometer and electro conductivity of paste's extract (ECe). Legend: 1 – halophyte species, 2 – salt-sensitive species, 3 – regression line for halophyte species, 4 – regression line for salt-sensitive species, 5 – regression line for all species (Zhang et al., 2011).

2.1. Обновление рекомендаций по характеристике и картографированию засоленности почв

Первая часть работы касается обновления существующих методик по характеристике засоленности почв на основе данных химических анализов. Известно, что морфологическая оценка засоленных почв, особенно при слабой и средней степени засоления, невозможна. В основу оценки положены опубликованные ранее работы Н.И. Базилевич и Е.И. Панковой по характеристике засоленности почв по токсичным солям (1972). Эти работы дополнены материалами, приведенными в монографии «Засоленные почвы России» (2006) в разделе «Диагностика и критерии оценки засоленности почв» (авторы раздела Е.И. Панкова, Л.А. Воробьева). Кроме того, в работе «Теоретические и методические основы предотвращения опустынивания и деградации почв» Н.Б. Хитров с соавторами (2013) опубликовал раздел, в котором изложил подходы и методы оценки засоленности и солонцеватости почв. Обобщение указанных материалов, в том числе в аналогичной зарубежной литературе, позволило обновить и дополнить существующие рекомендации по оценке засоленности почв, принятые в России.

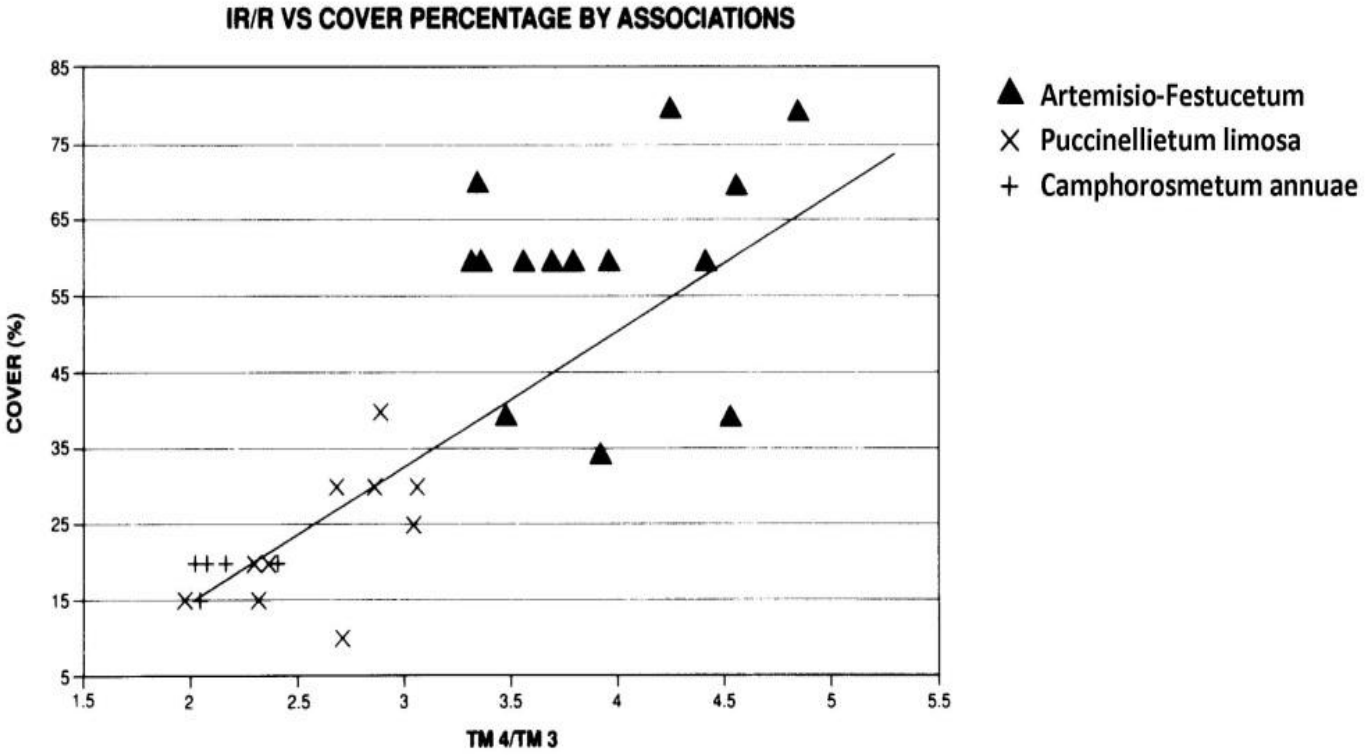


Рис. 6. Диаграмма рассеивания между значениями тематического картографа ТМ4/ТМ3 (760-900 нм/630-690 нм – каналы диапазона съемки по снимку Landsad) и относительного проективного покрытия для разных растительных ассоциаций солонцовых комплексов Венгрии; спектральные измерения проводились с помощью радиометра Exotech-100 (Toth et al., 1991). **Fig. 6.** The diagram of diffusion between the values of thematic mapper TM4/TM3 (760-900 nm/630-690 nm) and relative projected area for different vegetation communities of Hungarian solonez complexes. The spectral measuring were made with radiometer Exotech-100 (Toth et al., 1991).

Вторая часть рекомендаций посвящена картографированию и учету площадей засоленных почв солонцовых комплексов, характеризуемых разной степенью засоления. В основу этого раздела положены разработки М.В. Конюшковой, основанные на результатах ее диссертации «Картографирование почвенного покрова и засоленности почв солонцового комплекса на основе цифрового анализа космической съемки (на примере района Джаныбекского стационара» (2010) и монографии «Цифровое картографирование почв солонцовых комплексов Северного Прикаспия» (2014). Материалы, полученные в Джаныбеке, были проверены на других объектах Прикаспийской низменности. Оглавление первой части методических рекомендаций представлено в таблице 3.

Дано определение понятия засоленных почв: «засоленные почвы – это почвы, в которых основным фактором, лимитирующим плодородие, является наличие в их профиле легкорастворимых солей в количестве, ограничивающем возможности использования этих почв для выращивания большинства сельскохозяйственных культур».

В настоящее время для оценки засоленности почв используют разные методы. В России и ряде других стран широко распространен метод водных вытяжек (1:5; Воробьева, 1998). За рубежом, в США и других странах Западной Европы, использую метод оценки по электропроводности вытяжек из водонасыщенных паст, полученных при влажности, которая соответствует наименьшей влагоемкости (Richards, 1954). При каждом из этих методов из почвы извлекают разное количество легкорастворимых солей. Вытяжка из водонасыщенных

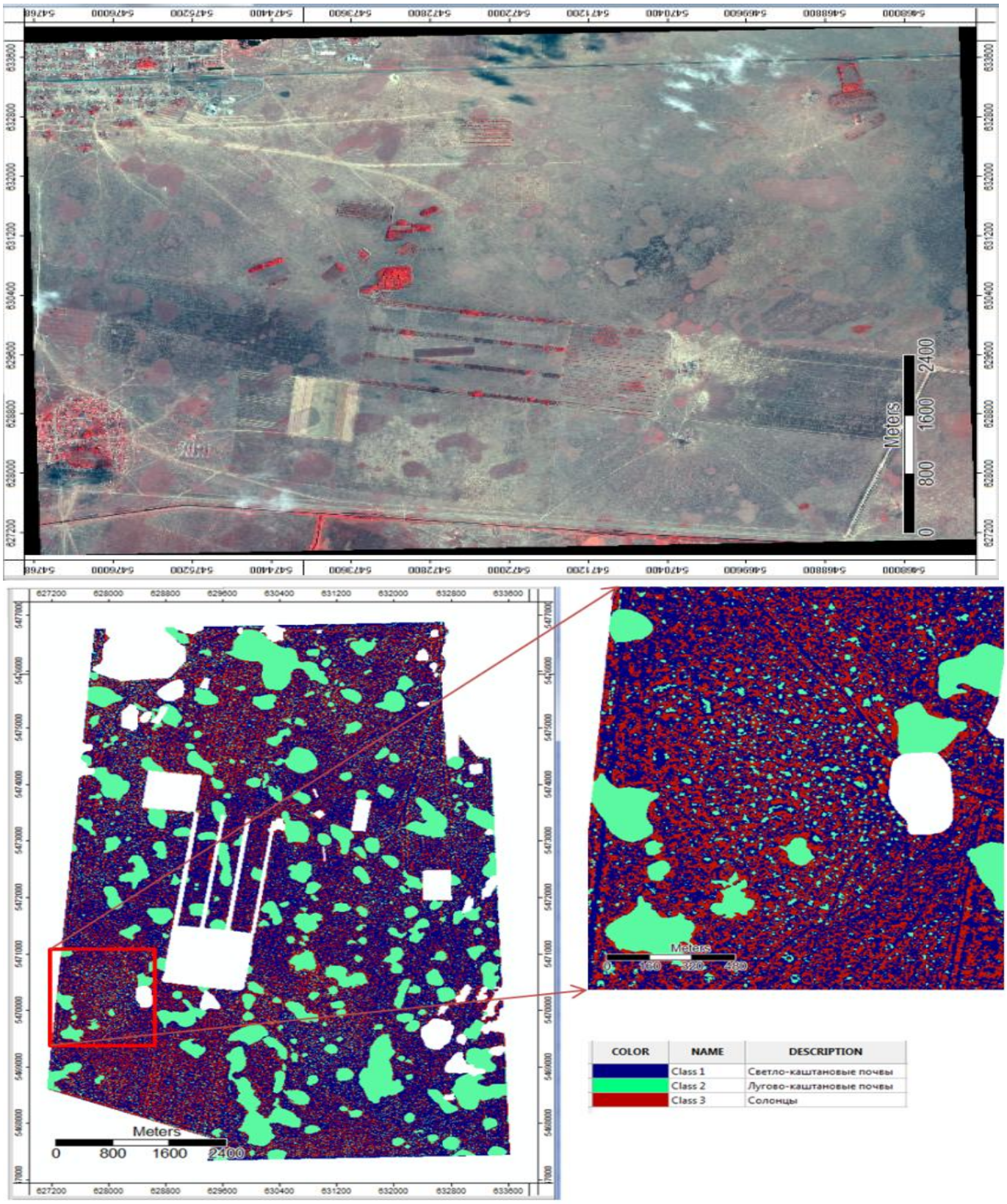


Рис. 7. Пример цифровой почвенной карты солонцового комплекса, созданной на основе автоматической обработки снимка Quickbird (Цифровая почвенная картография …, 2017).
Fig. 7. An example of digital map of soils of the solonetz complex, based on the automatic processing of the Quickbird image.

Таблица 3. Содержание новых методических рекомендаций по оценке засоленности почв.
Table 3. The contents of the new methodological recommendations on soil salinity assessment.

Введение	
Часть I. Показатели и критерии оценки основных свойств засоленных почв	
Глава 1	Засоленные почвы: понятия и перечень показателей химического состояния
Глава 2	Методы, показатели и критерии оценки засоленности почв
	2.1. Оценка засоленности почв по результатам анализа методом водной вытяжки (почва: вода - 1:5)
	2.1.1. Расчет токсичных солей
	2.1.2. Химизм засоления и его оценка
	2.1.3. Оценка степени засоленности почв
	2.1.3.1. Оперативная оценка степени засоления
	2.1.3.2. Средневзвешенное содержание и запасы солей в слое почвы - как показатели степени засоления почв
	2.2. Оценка засоленности почв по результатам анализа методом насыщенных водой (водонасыщенных) почвенных паст
	2.2.1. Оценка засоленности почв по удельной электропроводности фильтратов из водонасыщенных паст
	2.2.1.1. Оценка засоленности почв в полевых условиях по удельной электропроводности водных почвенных суспензий
Глава 3	Оценка засоленности почв по распределению солей в почвенном профиле
	3.1. Оценка засоленных почв по глубине залегания верхней границы солевого горизонта
	3.2. Типы солевых профилей засоленных почв
Глава 4	Диагностика солонцов и солонцеватых почв
	4.1. Разделение солонцов на виды по мощности надсолонцовых горизонтов и содержанию обменного натрия в солонцовом горизонте
Глава 5	Оценка почв по гипсоносности
Глава 6	Оценка почв по карбонатности
Глава 7	Положение засоленных почв в классификации почв России
Приложения:	
1. Единицы величин, используемые при оценке свойств засоленных почв	
2. Минералы солей в твердых фазах почв	
3. Зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от содержания солей в почвах или оросительных водах	
4. Методы извлечения из почв легкорастворимых солей и оценка засоления почв	
5. Щелочность почв: природа и показатели	
Словарь	
Литература	

паст извлекает главным образом соли, находящиеся в почвенном растворе, а водная вытяжка (1:5) извлекает легкорастворимые соли, находящиеся не только в почвенном растворе, но и в твердой фазе почвы, а также частично в почвенном поглощающем комплексе. Помимо

легкорастворимых солей в водную вытяжку переходит и некоторое количество труднорастворимых солей: гипса и карбонатов. Тем не менее, метод водных вытяжек широко используется в России и других странах (например, в Австралии).

Предложенный Н.И. Базилевич и Е.И. Панковой с соавторами (1972) расчет токсичных солей по данным водной вытяжки (1:5) позволяет сблизить результаты оценки засоленности почв, которые основаны на данных водной вытяжки и вытяжки из водонасыщенных паст.

Была проделана специальная работа для того, чтобы установить, возможно ли сопоставить данные о засоленности почв, полученные методом водной вытяжки (1:5) и экстракта из водонасыщенных паст (Копикова, Скулкин, 1990). Итог показал, что при характеристике засоленности почв по токсичным солям для почв суглинистого состава эти данные в большинстве своем сопоставимы, хотя очевидно, что при использовании разных методов оценки засоленности почв расхождения неизбежны (табл. 4).

Таблица 4. Уровни засоления гипсоносных почв хлоридно-сульфатного химизма с низкой емкостью поглощения (Копикова, Сколкин, 1990). **Table 4.** The levels of gypsiferous soils' salinity with chloride-sulfate salinity and low exchange capacity (Копикова, Сколкин, 1990).

Уровень засоления	Потери урожая, %	Водная вытяжка					Насыщенный экстракт*			
		S токсичных солей		χ мСм/см	Na+	Cl-	S солей	χ мСм/см	Na+	Cl-
		%	ммоль (экв.)/100 г		ммоль (экв.)/100 г					
Отсутствует (незасоленные)	10	0.15	8.5	1	1	0.5	80/5	3	17/0.3	9/0.25
Низкий (слабозасоленные)	10-2	0.30	14	1.5	3	1.5	150/8	5	40/0.8	25/0.5
Средний (среднезасоленные)	29-50	0.6	25	2.5	6	2.5	300/14	10	90/2	50/1.2
Высокий (сильнозасоленные)	50-70	1	40	3.5	11	4	450/22	16	150/3	80/2
Очень высокий (очень сильнозасоленные)	70	1	40	3.5	11	4	450/22	16	150/3	80/2

Примечания к таблице 4: * – числитель – ммоль (экв.)/л; знаменатель – ммоль (экв.)/100 г.
Notes to table 4: * – numerator, mmol (Eq)/l; denominator, mmol (Eq)/100 g.

Большое внимание в новых методических рекомендациях уделено определению засоленности почв по сокращенной водной вытяжке, а также по отдельным ионам, а при оценке химизма засоления – разделению почв щелочного и нейтрального засоления. При этом среди щелочных почв выделены содовые почвы, а также щелочные несодовой природы (Воробьев, Заман, 1984). Засоленность почв оценивают также по строению солевого профиля: глубине расположения верхнего солевого горизонта, химизму и степени засоленности не только отдельных горизонтов, но и профиля засоленной почвы в целом.

Особое внимание уделено полевой диагностике засоленности почв, оцениваемой по электропроводности водонасыщенных почвенных паст. При этом рекомендуется

обязательное введение поправок на гранулометрический состав и гумусированность засоленных почв (Руководство по описанию почв, 2012).

В разрабатываемых методических рекомендациях даны критерии оценки засоленных почв по гипсоносности и карбонатности. Известно, что засоленные почвы в большинстве своем содержат в своем профиле гипс и карбонаты (труднорастворимые соли), которые определяют мелиоративные свойства засоленных и засоленно-солонцовых почв, и потому засоление почв обязательно характеризуется по этим показателям.

В заключительной части методических рекомендаций определено место засоленных почв в почвенных классификациях, принятых в настоящее время в России. Это классификация 1977 и 2004 гг. Дан перечень засоленных почв, входящих в классификацию и номенклатуру почв в «Единый государственный реестр почвенных ресурсов России» (2014).

Первая часть методических рекомендаций завершается приложениями, поясняющими некоторые вопросы, рассмотренные в рекомендациях. В частности, они касаются: солеустойчивости культур; характеристики минеральных солей, находящихся в твердой фазе почв; различий в методах извлечения легкорастворимых солей из почвы; природы и показателей щелочности почв; словаря терминов, используемых при характеристике засоленности почв.

2.2. Методические рекомендации по составлению крупномасштабных почвенных карт на основе материалов космической съемки

Вторая часть работы представлена методическими рекомендациями по крупномасштабному картографированию для учета площадей засоленных почв солонцовых комплексов юга Европейской России.

В основу рекомендаций данного раздела положены разработки М.В. Конюшковой (2014). Ею были описаны подходы к составлению крупномасштабной почвенной карты засоленности целинных территорий на основе космических снимков и их цифровой обработки. Процесс создания цифровой почвенной карты начинается с подбора наиболее информативных снимков и проверки дешифровочных признаков в поле для получения достоверной информации о почвенном покрове и отдельных свойствах почв, например, таких как засоленность почв.

Объектом исследования являлся почвенный покров Прикаспия с мелкой контурностью почвенных ареалов, представленных: 1) на буграх – солонцами сильнозасоленными; 2) в западинах – незасоленными высокогумусированными лугово-каштановыми почвами; 3) на склонах бугров – каштановыми почвами разной степени солонцеватости и засоленности. При этом была установлена четкая связь между составом и состоянием растительности и почвами (Конюшкова, Вышивкин, 2009). Это определило особую эффективность использования данных мультиспектральных космических снимков Quickbird с разрешением (2.4 м) для картирования почв солонцовых комплексов с использованием NDVI, когда контрастность растительного покрова в сухостепной зоне проявляется наиболее отчетливо.

Процесс создания крупномасштабной почвенной карты с отражением на ней засоленности почв состоял из нескольких технологических шагов.

1. Разработка или проверка дешифровочных признаков. Здесь предполагаются полевые исследования на трансектах (длинной 130-150 м), точно привязанных к изображению на снимках, с пошаговым (через 1 м) отбором почвенных образцов для характеристики почв и их засоления.

2. Совмещение полевой и дистанционной информации.

3. Статистический анализ связи между дистанционными и наземными данными, выбор информационных спектральных параметров для разделения почв на снимке.

4. Построение карт с помощью дискриминантного анализа.

5. Генерализация карты дешифрирования (кластерный анализ).

6. Проверка карты в поле.

Указанный подход был реализован при составлении карты района Джаныбекского стационара. Ниже представлены материалы, иллюстрирующие основные этапы работы по созданию крупномасштабной почвенной карты засоленности целинных территорий.

I. Предполевой этап включает:

1) сбор данных об объекте исследований;

2) приобретение космических снимков, которые должны иметь детальное разрешение (2-3 м) в многоканальном режиме съемки, должны быть выполнены в позднелетний-раннеосенний сезон (август-сентябрь) – наиболее информативный период для целинных территорий юга Европейской России; должны быть не более 1-2-летней давности;

3) предварительную обработку космических снимков для выделения земель разного использования (целинных территорий, пастбищ, залежей и лесопосадок), а также проведение районирования по процентному участию пятен незасоленных почв, которые хорошо выделяются по растительности на космическом снимке при автоматизированной их обработке (диагностируются по высоким значениям NDVI;

4) наметку маршрутов для полевых исследований и мест заложения трансект или ключей для характеристики почвенного покрова районов.

Результатом предполевого этапа является карта землепользования (рис. 8), карта распространения незасоленных почв и карта неоднородности изображения. В качестве иллюстрации приводим рисунки из работы М.В. Конюшковой (2014).

Создание карты землепользования необходимо, т.к. разработанные методы относятся не только к целинным землям, но и другим угодьям.

Далее на основе классификации снимков создают карту незасоленных почв. Алгоритм разработан на базе большого массива сопряженных наземно-дистанционных данных и включает фильтрацию снимка с NDVI (фильтр average) и выделение пикселей, имеющих значения выше среднего (рис. 9). В результате классификации получаем карту распространения незасоленных темноцветных почв.

Затем в классификацию снимков были включены коэффициенты дискриминантного анализа, по результатам которого создается карта неоднородности изображения для выделения других классов почв.

II. Полевой этап. Полевые исследования предлагается проводить методом трансект, длина которых в среднем должна быть в 3-4 раза больше, чем линейный размер элементарной почвенной структуры (ЭПС). Для солонцовых комплексов Северного Прикаспия характерным размером ЭПС является 30-50 м, длина трансекты в этом случае должна быть 90-150 м.

В контрастных компонентах комплекса закладывают полнопрофильные разрезы и отбирают образцы для дальнейших анализов. Объем полевой информации должен соответствовать общепринятым нормативам и быть достаточным для получения информации о засоленных почвах.

III. Заключительный камеральный этап включает статистический анализ наземной и дистанционной информации для выявления связи и разработки математической модели, используемой для создания почвенной карты. Аналитические данные можно использовать не только для засоления, но и для составления карт других почвенных свойств (карбонатности, кислотности, гипсоносности и т.п.). На этом же этапе проводят оценку точности карты.

Обязательная информация, которая должна быть отражена на почвенно-солевой карте: название почв и процент участия их в пределах неоднородных контуров; характеристика засоленности почв в пределах неоднородных контуров (% участия засоленных почв,

характеристика засоления и запасы солей). В качестве иллюстрации приведена карта засоления, составленная М.В. Конюшковой на территорию Джаныбекского стационара (рис. 10).

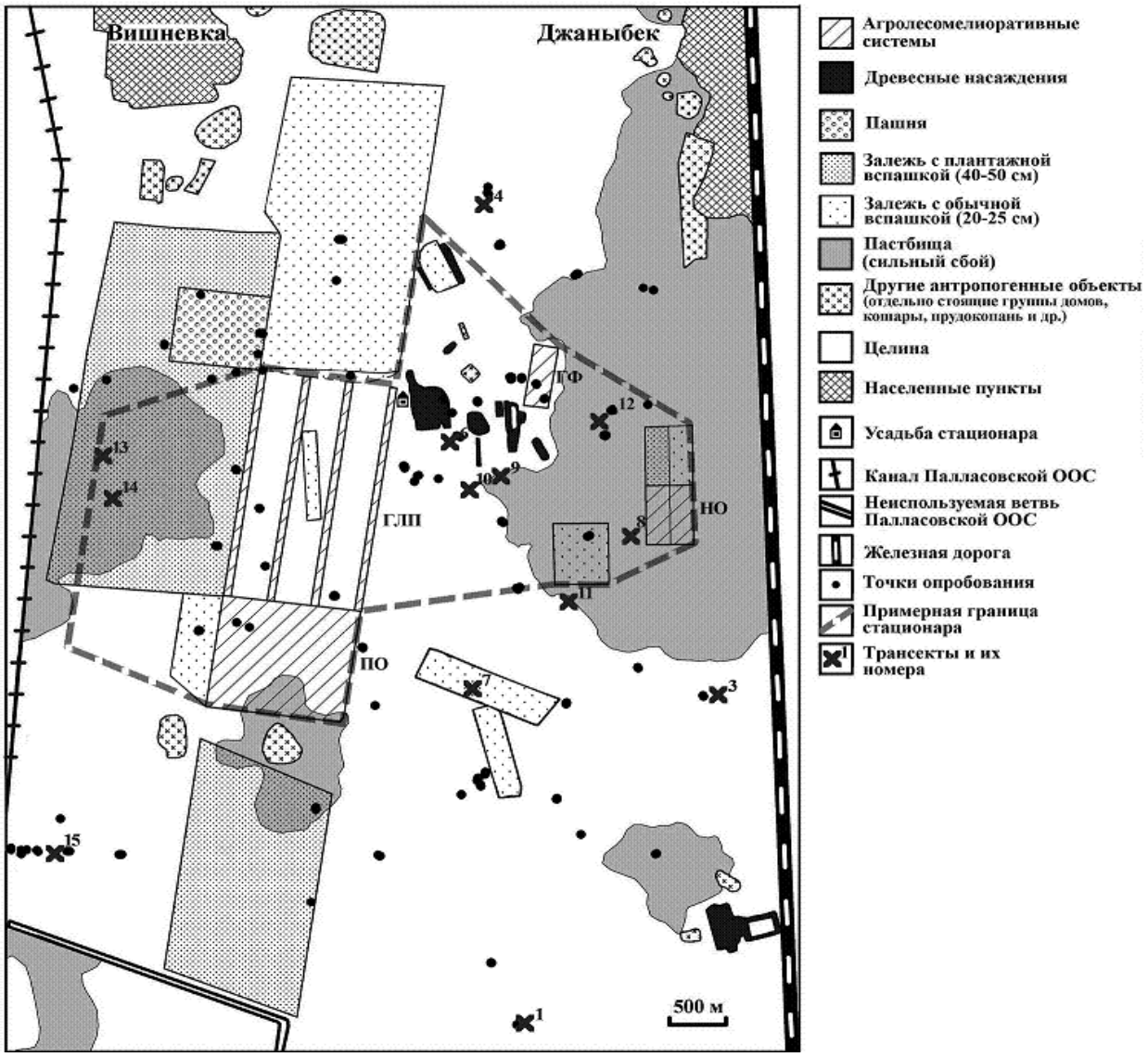


Рис. 8. Карта видов антропогенного воздействия в районе Джаныбекского стационара (по состоянию на 2006 г.). Условные обозначения: ГЛП – «Гослесополоса»; ПО – «Производственный опыт»; ГФ – «Госфонд»; НО – «Новый опыт». **Fig. 9.** The map of anthropogenic influence types in the Zhanybek station (in 2006). Legend: GLP – Goslesopolosa, PO – Proizvodstvenny opyt, GF – Gosfond, NO – Novyi opyt.

В результате проведенных работ и сопоставления данных дистанционного зондирования с полевыми исследованиями было доказано, что наиболее точно на снимках выделяются темноцветные почвы западин (по значениям NDVI), а классификация снимков на базе коэффициентов дискриминантного анализа позволяет создать карту неоднородности изображения для выделения других типов почв.

В заключение следует отметить, что разработанные подходы к цифровому картографированию почвенного покрова солонцовых комплексов Прикаспия, основанные на

анализе детальных космических снимков, проверяются на других объектах Прикаспийской низменности. Проводятся также работы по созданию методики картографирования по материалам космической съемки орошаемых почв.

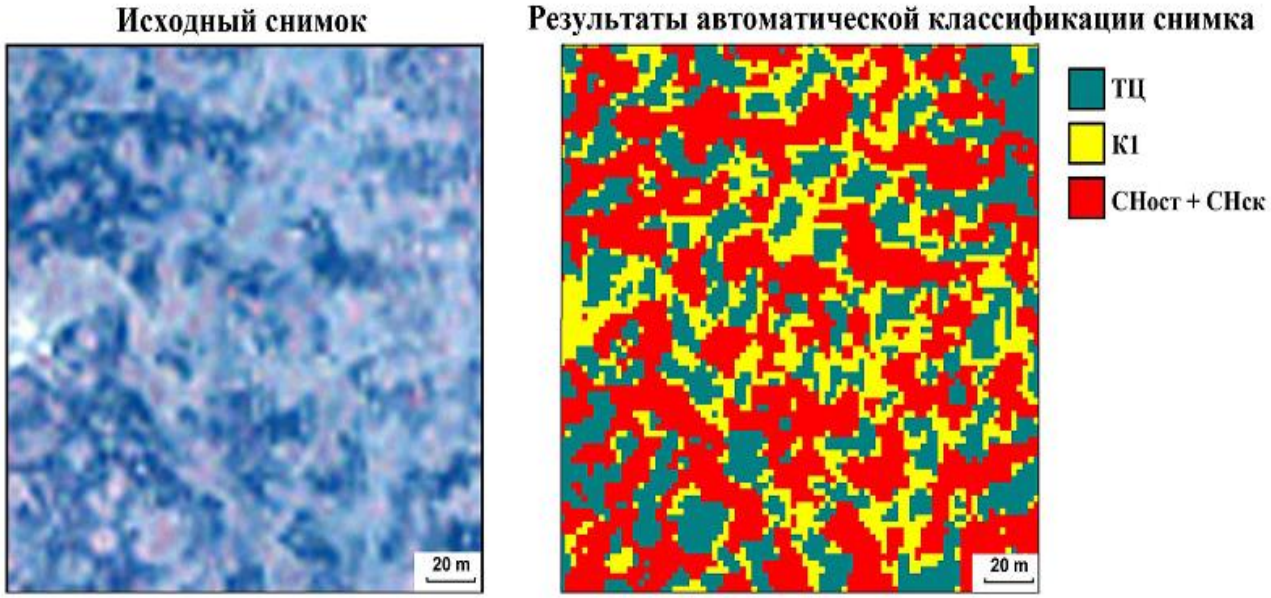


Рис. 9. Пример целины без перевыпаса и результатов классификации снимка (фрагмент). Условные обозначения: ТЦ – темноцветные незасоленные почвы; К1 – светло-каштановые почвы; СНост+СНск – остаточные (переходные к светло-каштановым солонцеватым почвам) солонцы и солонцы солончаковые. **Fig. 9.** An example of virgin soils without overgrazing and results of image's (fragment) classification. Legend: green – dark colored un-saline soils; yellow – light-chestnut soils; red – residual (transitioning to the light-chestnut solonetz soils) solonetzes and saliniferous solonetzes.

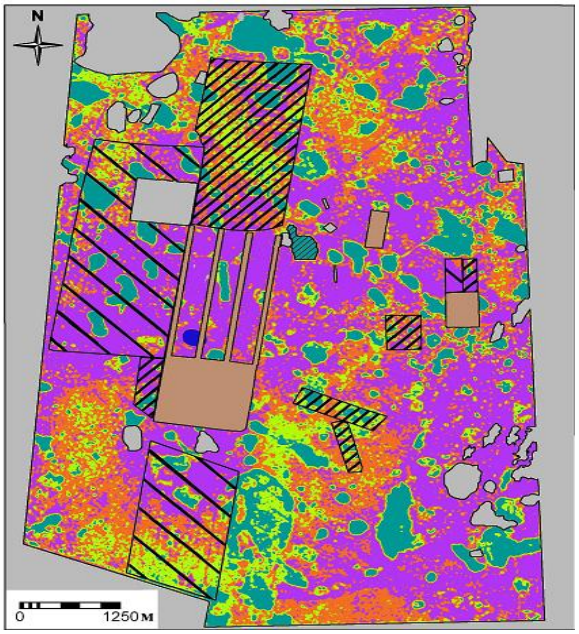


Рис. 10. Почвенно-солевая карта Джаныбекского стационара и его окрестностей. Условные обозначения к рисунку 10 смотри на следующей странице. **Fig. 10.** The map of soils and salinity of the Zhanybek station and its region. Legend to figure 10 see on the next page.

Продолжение подписи к рисунку 10. Условные обозначения.

Условные обозначения к почвенно-солевой карте района Джаныбекского стационара

(карта составлена на основе космического снимка Quickbird)

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ[1]:

Элементарные почвенные ареалы:

- **ТЦ[2]**
- **Солодь**
- **Не определялось**

Почвенные комплексы:

- **ТЦ 50%, К1 10%, СН 40%**
- **ТЦ 25%, К1 25%, СН 50%**
- **ТЦ 10%, К1 40%, СН 50%**
- **Почвы без разделения (АЛМС)**

АГРОГЕННЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ:

- **Обычная вспашка (залежь)**
- **Плантажная вспашка (залежь)**
- **Агролесомелиоративные системы**

СТЕПЕНЬ ЗАСОЛЕНИЯ ВЕРХНЕГО МЕТРА ПОЧВ
(оцененная по медианным запасам токсичных солей; градации приведены в табл. 3.2 диссертации):

НЕКОМПЛЕКСНОЕ ЗАСОЛЕНИЕ:				ЗАПАСЫ[3]
	НЕЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ			0.4
	НЕЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ (СЛАБОЗАСОЛЕННЫЕ ВО ВТОРОМ МЕТРЕ) (ДЕНДРОПАРК, ЛИМАН СТАЦИОНАРА)			
КОМПЛЕКСНОЕ ЗАСОЛЕНИЕ С УЧАСТИЕМ СИЛЬНОЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ:				
	Процент участия почв разной степени засоления			
	НЕЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ	СЛАБОЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ	СРЕДНЕ- И СИЛЬНО-ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ	
	10	40	50	7.6
	25	25	50	7.4
	50	10	40	5.8
КОМПЛЕКСНОЕ ЗАСОЛЕНИЕ БЕЗ УЧАСТИЯ СИЛЬНОЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ:				
	10	90	-	2.4
	25	75	-	2.2
	50	50	-	1.6
	Без разделения по степени засоления (АЛМС)			<1.8

[1] Сокращения названий почв согласно табл. 2.3 диссертации.

[2] Практически все крупные ЭПА темноцветных почв были распаханы до 1950 г., затем заброшены (Роде, Польский, 1961).

[3] Средние (медианные) запасы токсичных солей в верхнем метре комплекса (или ЭПА) в целом, кг/м^2.

Заключение

1. Широкое развитие засоленных, в том числе засоленно-солонцовых почв юга Европейской России, а также активно протекающие процессы засоления-рассоления почв на фоне изменения климатических условий и антропогенного воздействия требуют обновления имеющихся данных о распространении и свойствах засоленных почв на основе современных методов исследования, в том числе основанных на материалах космической съемки. Эти сведения необходимы для учета площадей засоленных почв, а также проведения мониторинга, кадастровой и мелиоративной оценки засоленных почв.

2. Приведенный в статье обзор литературы показал, что проблема изучения засоленных почв крайне актуальна, о чем свидетельствуют многочисленные публикации, цитируемые в данной статье.

3. В методических рекомендациях, которые разрабатывают в Почвенном институте, усовершенствованы подходы и более четко изложены современные методы по оценке засоленности почв, а также рассмотрен пример картографирования засоленных почв на основе материалов космических съемок.

4. Рекомендации предназначены для специалистов, работающих в зоне распространения засоленных и солонцовых почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Базилевич Н.И., Панкова Е.И. 1968. Методические указания по учету засоленных почв. М.: Гипроводхоз. 91 с.

Базилевич Н.И., Панкова Е.И. 1972. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 5 С. 36-49.

Воробьева Л.А. 1998. Химический анализ почв. Издательство МГУ. 272 с.

Воробьева Л.А., Замана С.П. 1984. Природа щелочности и методы ее определения // Почвоведение. № 5. С. 134-139.

Горохова И.Н. 1992. Оценка засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья с использованием аэрофотоснимков. Автореферат диссертации на соискание … к.т.н. М.: Гипроводхоз. 25 с.

Горохова И.Н., Гаврилов В.И., Харитонов В.А. 1999. Многопараметрический компьютерный анализ в оценке засоления орошаемых почв на примере Волгоградской области // Почвоведение. № 5. С. 626-633.

Единый государственный реестр почвенных ресурсов России (версия 1). 2014. М.: Минсельхоз, Академия сельскохозяйственных наук. 759 с.

Засоленные почвы России. 2006. М.: ИКЦ «Академкнига». 854 с.

Карта типов химизма засоления почв СССР масштаба 1: 2500000. 1976. М.: ГУГК.

Карта засоления почв России (авторский макет). 2003.

Качественная характеристика и культуртехническое состояние земель Российской Федерации на 01.01.1996. 1980. М.: Наука. 262 с.

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

Классификация и диагностика почв России. 2004. Смоленск: Ойкумена. 342 с.

Ковда В.А. 1946. Происхождение и режим засоленных почв. М.-Л.: Издательство АН СССР. Т. 1. 568 с.

Козловский Ф.И., Королюк Т.В. 1980. Применение оптико-структурного машинного анализа при детальном почвенно-мелиоративном картографировании // Почвоведение. № 3. С. 145-159.

Кондорская Н.И. 1965. Географическое распространение почв содового засоления в СССР //

Почвоведение. № 9. С. 10-16.

Конюшкова М.В. 2010. Картографирование почвенного покрова и засоленности почв солонцового комплекса на основе цифрового анализа космической съемки (на примере района Джаныбекского стационара) // Автореферат диссертации на соискание … к.с/х н. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 24 с.

Конюшкова М.В. 2014. Цифровое картографирование почв солонцовых комплексов Северного Прикаспия. М.: Товарищество научных изданий КМК. 316 с.

Конюшкова М.В, Вышивкин А.А. 2009. Связь изображения на космических снимках Quickbird с растительностью, почвами и их засоленностью (Северный Прикаспий, район Джаныбекского стационара РАН) // Поволжский экологический журнал. № 1. С. 35-46. (доступ по ссылке http://www.sevin.ru/volecomag/issues/2009_1/PEJ_2009_1_35-46.pdf)

Копикова Л.П., Сколкин В.С. 1990. Оценка засоления почв по содержанию данных водных вытяжек и экстратов из водонасыщенных паст // Условия формирования и свойств трудномелиорируемых почв Джизакской степи. Сборник научных трудов. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. С. 74-81.

Ковда В.А. 2008. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира. М.: Наука. 415 с.

Методические рекомендации по использованию аэрофотосъемки для оценки засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий хлопкосеющей зоны. 1985. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 73 с.

Методические рекомендации по мелиорации солонцов и учету засоленных почв. 1970. М.: Колос. 111 с.

Методика составления крупномасштабных почвенно-мелиоративных карт и карт солонцовых территорий. 1985 / Ред. Э.А. Корнблюм. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 95 с.

Минашина Н.Г. 1979. Рекомендации по мелиорации оценки, освоению и использованию гипсоносных почв под орошаемое земледелие. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 42 с.

Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. 1973. М.: Колос. 94 с.

Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А., Новикова А.Ф., Благоволин Н.С. 1996. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 187 с.

Панкова Е.И., Головина Н.Н., Венцкевич С.Д., Панадиади Е.А. 1986. Опыт оценки засоления почв орошаемых территорий Средней Азии по материалам космической съемки // Почвоведение. № 3. С. 138-146.

Панкова Е.И., Соловьев Д.А. 1993. Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 191 с.

Панкова Е.И., Соловьев Д.А., Рухович Д.И., Савин И.Ю. 2016. Организация мониторинга засоления почв орошаемых территорий Центральной Азии с использованием данных дистанционного зондирования // Земельные ресурсы и продовольственная безопасность Центральной Азии и Закавказья / Ред. П.В. Красильников, М.В. Конюшкова, Р. Варгас. Рим: ФАО. С. 309-369.

Почвенная карта РСФСР, масштаб 1:2500000. 1988 / Ред. В.М. Фридланд. М.: ГУГК.

Почвенно-мелиоративная карта (авторский макет). Масштаб 1:500000. 1987. Союзводпроект.

Почвенные ресурсы России. 2010. М.: Геос. 122 с.

Руководство по описанию почв. 2012. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. Рим. 101 с.

Сабольч И. 1980. Процессы засоления и осолонцевания // Моделирование процессов

засоления и осолонцевания почв. М.: Наука. С. 9-36.

Симакова М.С. 1959. Методика картирования почв Прикаспийской низменности по материалам аэрофотосъемки // Почвенно-географические исследования и использование аэрофотосъемки в картографировании почв. М.: АН СССР. С. 283-357.

Составление крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова. 1989 / Ред. Л.Л. Шишова // Методические рекомендации. М.: Колос. 56 с.

Хитров Н.Б. 2005. Связь почв солонцовых комплексов Северного Прикаспия с микрорельефом // Почвоведение. № 3. С. 271-284.

Хитров Н.Б. Понизовский А.А. 1990. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 236 с.

Хитров Н.Б., Рухович Д.И., Калинина Н.В., Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. 2009. Оценка площадей засоленных почв на территории Европейской части России (по электронной версии карты засоления почв Масштаба 1: 2500000) // Почвоведение. № 6. С. 27-37.

Хитров Н.Б., Панкова Е.И., Новикова А.Ф., Черноусенко Г.И., Ямнова И.А. 2013. Теоретические и методические основы предотвращения вторичного засоления // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. Т. 1. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН. С. 383-464.

Цифровая почвенная картография: сборник упражнений. 2017. М.: Издательство РУДН. 185 с.

Черноусенко Г.И., Калинина Н.И., Рухович Д.И. 2016. Опыт составления цифровой карты засоленных почв Тувы // Экосистемы центральной Азии: исследование, сохранение, рациональное использование. XIII Убсунурский международный симпозиум, Кызыл, 4-7 июля 2016 г. С. 139-142.

Abbas A., Khan S., Hussain N., Hanjra M.A., Akbar S. 2013. Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach // Physics and Chemistry of the Earth. Parts A/B/C. Vol. 55-57. Pp. 43-52.

Akramkhanov A., Brus D.J., Walvoort D.J.J. 2014. Geostatistical monitoring of soil salinity in Uzbekistan by repeated EMI survey // Geoderma. Vol. 213. Pp. 600-607.

Allbed A., Kumar L., Aldakheel Y.Y. 2014. Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region // Geoderma. Vol. 230-231. Pp. 1-8.

Bouaziz M., Matschullat J., Gloaguen R. 2011. Improved remote sensing detection of soil salinity from a semi-arid climate in Northeast Brazil // Comptes Rendus Geoscience. Vol. 343. № 11-12. Pp. 795-803.

Corwin D.L., Kaffka S.R., Hopmans J.W., Mori Y., van Groenigen J.W., van Kessel C., Lesch S.M., Oster J.D. 2003. Assessment and field-scale mapping of soil quality properties of a saline-sodic soil // Geoderma. Vol. 114. № 3-4. Pp. 231–259.

Corwin D.L., Lesch S.M. 2005. Apparent soil electrical conductivity measure-ments in agriculture // Computers Electronics Agriculture. Vol. 46 № 1-3. Pp. 11-43. (access http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169904001243)

Corwin D.L., Lesch S.M. 2003.Application of soil electrical conductivity to pre-cision agriculture: theory, principles, and guidelines // Agronomy Journal. Vol. 95. № 3. Pp. 455-471.

Csillag F., Pasztor L., Biehl L.L. 1993. Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils // Remote Sensing of Environments. Vol. 43 № 3. Pp. 231-242.

Douaoui A.E.K., Nicolas H., Walter C. 2006. Detecting salinity hazards within a semiarid context

by means of combining soil and remote-sensing data // Geoderma. Vol. 134. № 1-2. Pp. 217-230.

Fernández-Buces N., Siebe C., Cram S., Palacio J.L. 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A case study in the former lake Texcoco, Mexico // Journal of Arid Environments. Vol. 65. № 4. Pp. 644-667.

Guo Y., Shi Z., Zhou L.-Q., Jin X., Tian Y.-F., Teng H.-F. 2013. Integrating remote sensing and proximal sensors for the detection of soil moisture and salinity variability in coastal areas // Journal of Integrative Agriculture. Vol. 12. № 4. Pp. 723-731.

Indo-Dutch Network Project (IDNP). Result #1. 2002. A Methodology for Identification of Waterlogging and Soil Salinity Conditions Using Remote Sensing. CSSRI, Karnal and Alterra, ILRI, Wageningen. Pp. 78.

Metternicht G.I., Zinck J.A. 2003. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints // Remote Sensing Environment. Vol. 85. № 1. Pp. 1-20.

Mougenot B., Pouget M., Eperma G. 1993. Remote sensing of salt-affected soils // Remote Sensing Reviews. Vol. 7. Pp. 241-259.

Pankova Je.I., Aidarov I.P. 2010. Secondary Salinization of Soils in the Aral Basinas a Factor of Anthropogenic Desertification // Nova Science Publishers. Inc. New-York. Vol. 2. Pp. 189-216.

Rao B., Sankar T., Dwivedi R., Thammappa S., Venkataratnam L., Sharma R., Das S. 1995. Spectral behaviour of salt-affected soils // International Journal of Remote Sensing. Vol. 16. Pp. 2125-2136.

Richards L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA. Agriculture Handbook. № 60. 160 p.

Szabolcs I. 1989. Salt affected soils. Florida: CRC Press Inc. 274 p.

Soil salinity assessment methods and interpretation of electrical conductivity measurements. 1999. Rome: FAO. 150 p.

Soil survey investigation for irrigation. 1979 // FAO Soil Bulletin, Rome: FAO. Vol. 42. 188 p.

Soil Survey Laboratory Methods Manual. 2004 // Soil Survey investigation Report. № 42. Version 4.0. November, 2004. 700 p.

Soil salinity assessment: Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. 1999 // FAO Irrigation and Drainage Paper. № 57. Rome: FAO. 150 p.

Toth T., Csillag F., Biehl L.L., Micheli E. 1991. Characterization of semivegetated salt-affected soils by means of field remote sensing // Remote Sensing of Environment. Vol. 37. № 3. Pp. 167-180.

Toth T., Pasztor L. 1996. Field reflectance measurements as means of distinguishing vegetation and different grades of salt concentration in the Hortobagy alkali grassland // Soil Salinization and Alkalization in Europe / Eds.: N. Misopolinos, I. Szabolcs. ESSC Editions, Thessaloniki. Pp. 23-36.

Triantafilis J., Monteiro Santos F.A. 2013. Electromagnetic conductivity imaging (EMCI) of soil using a DUALEM-421 and inversion modeling software (EM4Soil) // Geoderma. Vol. 211-212. Pp. 28-38.

Wiegand C.L., Rhoades J.D., Escobar D.E., Everitt J.H. 1994. Photographic and videographic observations for determining and mapping the response of cotton to soil salinity // Remote Sensing of Environment. Vol. 49. № 3. Pp. 212-223.

Zhang M., Ustin S.L., Rejmankova E., Sanderson E.W. 1997. Monitoring Pacific coast salt marshes using remote sensing // Ecological Applications. Vol. 7. № 3. Pp. 1039-1053.

Zhang T.-T., Zeng S.-L., Gao Y., Ouyang Z.-T., Li B., Fang C.-M., Zhao B. 2011. Using hyperspectral vegetation indices as a proxy to monitor soil salinity // Ecological Indicators. Vol. 11. Pp. 1552-1562.

ON THE PROBLEM OF SOIL SALINITY'S EVALUATION AND METHOD OF LARGE-SCALE DIGITAL MAPPING OF SALINE SOILS

© 2017. E.I. Pankova, M.V. Konyushkova, I.N. Gorokhova

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute
Russia, 119017, Moscow, Pyzhevskiy Lane, 7, Building 2. E-mail: pankova_ei@esoil.ru

The article presents the problem of soils salinity's evaluation and mapping. The salinity is a parameter, which limits soils' richness and determines their ecological condition. The saline soils and saline solonetzes occupy about 20% of Russian agricultural grounds' area, and more than 40-50% in some regions, such as Kalmykia, Novosibirsk Oblast and Dagestan. It's a dynamical process which requires constant control and record. There are presented the list of literature, related to soil salinity's evaluation, to the methods, which are used in Russia and some other countries, and to the soils' mapping with usage of satellite imagery and its digital processing. We have explored the foreign practices of field diagnostic of soil salinity and digital mapping, as well as the Russian scientist's experience of creating a large-scale map of soil-salinity, based on the satellite imagery of high quality (Zhanybek station in the Caspian Depression is taken as an example). We are showing some possibilities of modern mapping of solonetz complexes. The work's aim is to improve the methods of assessment and mapping in order to calculate the area of saline soils extension.
Keywords: saline soils, solonetz and solonetz complexes, mapping of soils, evaluation of soil salinity.

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2017, том 1, № 1, с. 55-73

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 595.95

ВОЗМОЖНОСТИ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ОБОБЩЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ И ЧИСЛЕННОСТИ ЖИВОТНОГО НАСЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО НИЖНЕ-ЗЕЙСКОГО ГИДРОУЗЛА[1]

© 2017 г. С.А. Подольский*, В.А. Кастрикин, М.П. Парилов**, К.П. Павлова***, Л.Ю. Левик******

**Институт водных проблем РАН*
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: sergpod@mail.ru
***Хинганский государственный природный заповедник*
Россия, 676740, Амурская обл., Архаринский р-он, п. Архара, пер. Дорожный, д. 6
E-mail: apodemus@mail.ru, mparilov@mail.ru
****Зейский государственный природный заповедник*
Россия, 676246, Амурская обл., Зейский р-он, г. Зея, ул. Строительная, д. 71
E-mail: pavlova_klara@mail.ru
*****Московский государственный университет им М.В. Ломоносова, географический факультет*
Россия, 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 1. E-mail: lilia-levik@yandex.ru

При разработке стратегии щадящего природопользования в зонах влияния существующих и перспективных водохранилищ возникают задачи сравнительной оценки природоохранной значимости различных участков побережий. Для зоны ожидаемого влияния проектируемого Нижне-Зейского гидроузла разработаны интегральные индексы биоразнообразия, учитывающие как видовое богатство, так и показатели обилия каждого отмеченного вида животных. В статье приведены: списки отмеченных видов млекопитающих, пресмыкающихся и земноводных; градации балльных оценок обилия видов и экологических групп наземных позвоночных; перечень основных биотопов; принципы районирования зоны влияния водохранилища; формулы расчета интегральных показателей видового разнообразия и численности животного населения; картосхемы пространственного распределение современных и прогнозируемых значений интегральных индексов богатства и природоохранной значимости животного населения. Даны конкретные рекомендации по укреплению сети ООПТ. Сделано заключение о том, что создание Нижне-Зейской ГЭС будет сопряжено со значительным риском потери биоразнообразия и экологической устойчивости не только на локальном, но и на региональном уровне.
Ключевые слова: видовое разнообразие, животное население, природоохранная значимость, ООПТ, Нижне-Зейская ГЭС.

Гидроэнергетика стала одним из ведущих факторов антропогенного воздействия на биоразнообразие. Это особенно актуально для Приамурья, где последние десятилетия ведется активное строительство и эксплуатация ГЭС с крупными водохранилищами: функционирует Зейская ГЭС, введена в строй Бурейская ГЭС, строится Нижне-Бурейская ГЭС, проектируется Нижне-Зейская ГЭС. Основным инструментом для определения

[1] Исследования проведены при поддержке Проекта ПРООН/ГЭФ – Минприроды России «Организация и выполнение мониторинга (включая предпроектный мониторинг) состояния биоразнообразия в зонах воздействия проектируемых, строящихся и эксплуатируемых гидроэнергетических объектов в Амурской области» (договор № 01/К/2015), а также в рамках темы НИР Института водных проблем РАН: «Разработка оценочных показателей и критериев трансформации наземных экосистем при изменении водного режима территории под влиянием природных и антропогенных факторов».

допустимых антропогенных нагрузок и поиска путей сохранения биоразнообразия является мониторинг окружающей среды. При разработке стратегии щадящего природопользования в зонах влияния существующих и перспективных водохранилищ часто возникают задачи сравнительной оценки природоохранной значимости различных участков побережий. Одним из наиболее объективных критериев могут служить интегральные индексы биоразнообразия, учитывающие как видовое богатство, так и показатели обилия каждого отмеченного вида животных. Такие индексы были разработаны для зоны ожидаемого влияния проектируемого Нижне-Зейского гидроузла на основании данных полученных в 2014-2016 гг. при организации экологического мониторинга в рамках проекта ПРООН/ГЭФ.

Материалы и методы

Исследования проведены во все сезоны. Получена и проанализирована информация о видовом составе, обилии, пространственном и биотопическом распределении млекопитающих, земноводных и пресмыкающихся (Подольский и др., 2016). Для характеристики фауны и населения наземных позвоночных использовали преимущественно стандартные методики: зимний маршрутный учет – ЗМУ (Кузякин и др., 1990), учет на площадках многодневным окладом (Русанов, 1986), учет изюбрей по реву (Поярков, 1986), учет мелких млекопитающих на линиях ловушек Геро (Новиков, 1953). Отработано: 4 площадки многодневного оклада общей площадью 55 км^2; 755 км маршрутов ЗМУ; 12 пунктов учета изюбрей по реву на общей площади 118 км^2 (учтено 35 ревущих самцов); 48 линий по учету мышевидных грызунов, 1710 л-с (отловлено 140 зверьков 9 видов). При организации работ и анализе полученных результатов использованы данные многолетних наблюдений в зонах влияния Зейского и Бурейского водохранилищ (Колобаев и др., 2000; Подольский и др., 2004).

Фауна млекопитающих в бассейне проектируемого Нижне-Зейского водохранилища и в зоне ожидаемого влияния гидроузла включает 57 видов зверей: бурозубка средняя (*Sorex caecutiens*), бурозубка бурая (*Sorex roboratus*), бурозубка равнозубая (*Sorex isodon*), бурозубка крошечная (*Sorex minutissimus*), бурозубка крупнозубая (*Sorex daphaenodon*), бурозубка дальневосточная (*Sorex gracillimus*), белозубка уссурийская (*Crocidura lasiura*), кутора обыкновенная (*Neomys fodiens*), еж амурский (*Erinaceus amurensis*), ночница Водяная (*Myotis daubentonii*), ночница Иконникова (*Myotis ikonnikovi*), бурый ушан (*Plekotus auritus*), двухцветный кожан (*Vespertilio murinus*), заяц-беляк (*Lepus timidus*), заяц маньчжурский (*Lepus mandshuricus*), пищуха северная (*Ochotona hyperborean*), летяга обыкновенная (*Pteromys volans*), белка обыкновенная (*Sciurus vulgaris*), бурундук азиатский (*Tamias sibiricus*), длиннохвостый суслик (*Citellus undulates*), лемминг амурский (*Lemmus amurensis*), полевка красно-серая (*Clethrionomys rufocanus*), полевка красная (*Clethrionomys rutilus*), полевка дальневосточная (*Microtus fortis*), полевка Максимовича (*Microtus maximoviczii*), полевка-экономка (*Microtus oeconomus*), хомячок барабинский (*Cricetulus barabensis*), ондатра (*Ondatra zibethica*), мышь полевая (*Apodemus agrarius*), мышь восточноазиатская (*Apodemus peninsulae*), мышь-малютка (*Micromys minutes*), мышь домовая (*Mus musculus*), крыса серая (*Rattus norvegicus*), лисица обыкновенная (*Vulpes vulpes*), волк (*Canis lupus*), собака домашняя (*Canis familiaris*), волк красный (*Cuon alpinus*), енотовидная собака (*Nictererеutes procyonoides*), медведь бурый (*Ursus arctos*), рысь обыкновенная (*Lynx lynx*), амурский лесной кот (*Felis bengalensis*), кошка домашняя (*Felis catus*), амурский тигр (*Pantera tigris*), росомаха (*Gulo gulo*), барсук амурский (*Meles meles leucurus*), горностай (*Mustela erminea*), солонгой (*Mustela altaica*), ласка (*Mustela nivalis*), колонок (*Mustela sibirica*), хорь степной (*Mustela eversmanii*), соболь (*Martes zibellina*), норка американская (*Mustela vison*), выдра речная (*Lutra lutra*), кабан (*Sus scrofa*), косуля сибирская (*Capreolus*

pygargus), изюбрь (*Cervus elaphus*), лось (*Alces alces*). На рассматриваемой территории встречается больше видов зверей, чем в ближайших заповедниках: Зейском – 54 вида (Колобаев и др., 2000) и Хинганском – 45 видов (Дарман, 1990).

Фауна земноводных и пресмыкающихся включает 6 видов рептилий: живородящая ящерица (*Zootoca vivipara*), узорчатый полоз (*Elaphe dione*), амурский полоз (*Elaphe schrenckii*), Палласов щитомордник (*Gloydius halys*), восточный щитомордник (*Agkistrodon blomhoffii*), сахалинская гадюка (*Vipera sachalinensis*) – и 6 видов амфибий: сибирский углозуб (*Salamandrella keyserlingii*), дальневосточная квакша (*Hyla japonica*), сибирская лягушка (*Rana amurensis*), дальневосточная лягушка (*Rana dybowskii*), монгольская жаба (*Bufo raddei*), дальневосточная жаба (*Bufo gargarizans*).

Непосредственно в зоне влияния проектируемого гидроузла отмечено 9 видов зверей: обыкновенная кутора, уссурийская белозубка, амурский еж, двухцветный кожан, красный волк, амурский тигр, амурский лесной кот, солонгой, степной хорь – и 2 вида рептилий: сахалинская гадюка и амурский полоз, – занесенных в Красную книгу Амурской области (2009). Весьма вероятно обнаружение амурского лемминга и дальневосточной бурозубки. Столь высокое для севера Амурской области видовое богатство и природоохранная значимость фауны наземных позвоночных можно объяснить пограничным зоогеографическим положением рассматриваемой территории (Ильяшенко и др., 1982) и большим разнообразием типов местообитаний.

Обязательным условием сравнительной оценки обобщенных показателей биоразнообразия является выделение и пространственная дифференциация зоны влияния гидросооружения. При этом использован комплексный подход, учитывающий: особенности рельефа, ожидаемые и наблюдаемые явления, формирование экотонов «вода-суша», факторы и интенсивность антропогенных воздействий. Заложено и отработано 15 стационаров: 11 из них, «опытные», характеризуют различные подзоны зоны влияния проектируемого водохранилища; 4 же, «контрольные», характеризуют территории, не подверженные непосредственному влиянию гидростроительства (рис. 1).

Рассмотрим критерии выделения каждой подзоны, их основные особенности и ожидаемые явления.

I. Подзона затопления включает акваторию проектируемого водохранилища при нормальном подпорном уровне (НПУ) и зону осушения при регулировании уровня водохранилища. Верхняя граница данной подзоны соответствует форсированному подпорному уровню (ФПУ). В период обследования подзона включала русло, пойму и нижние части склонов долины р. Зея. Ее площадь составляет 415.5 км^2. Характерны: гибель множества мелких наземных животных при затоплении ложа водохранилища; деградация речных экосистем верхнего бьефа и преобразование их в озерные; разрыв связей между речными экосистемами, расположенными выше и ниже плотины; нарушение связей между наземными экосистемами разных берегов водохранилища. В частности, ожидаются нарушения сезонных миграций и массовая гибель косуль при преодолении водохранилища.

II. Подзона существенного влияния на побережья водохранилища (ПСВ) включает прибрежные склоны, экспонированные непосредственно к проектируемому водохранилищу, прилегающие водоразделы и долины малых рек на расстоянии не менее 1.5 км и не более 5 км от НПУ. Внешнюю границу этой подзоны проводят по вершинам и гребням ближайших к водохранилищу сопок и хребтов. Ее площадь составляет 2530 км^2. Характерно: наличие прибрежной полосы подтопления с кардинально меняющимися фитоценозами; усиление эрозионных процессов (оползни, обвалы, сели); существенное микроклиматическое влияние водохранилища (увеличение влажности воздуха, снижение весенне-летних температур, вызывающее замедление феноявлений у растений и беспозвоночных животных); интенсивное браконьерство и пресс охоты хищников. На склонах побережья водохранилища

для многих видов и экологических групп наземных позвоночных происходит значительное снижение показателей численности (мышевидные грызуны, насекомоядные, соболь, копытные, мелкие воробьиные птицы).

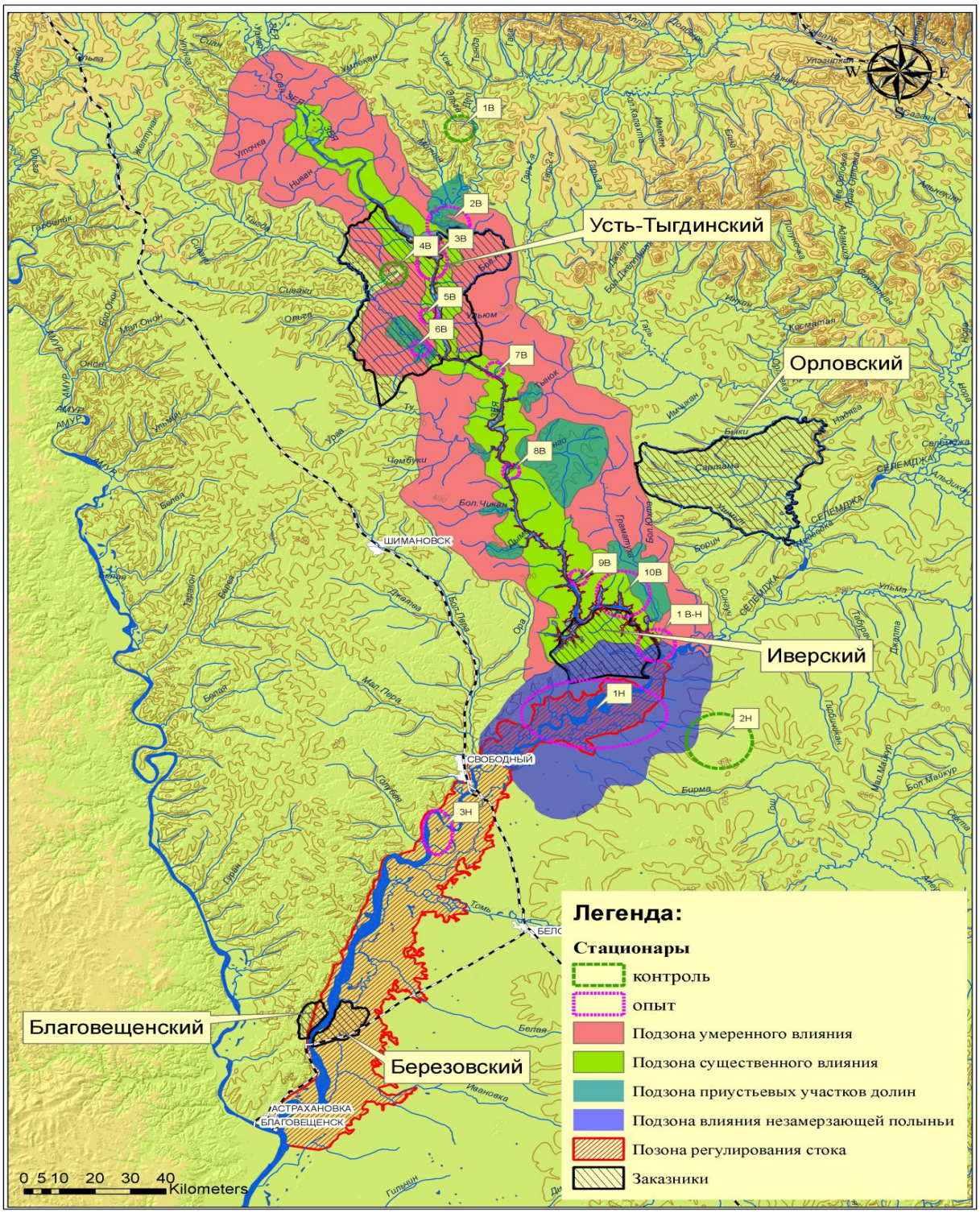


Рис. 1. Зона влияния проектируемого Нижне-Зейского гидроузла и расположение стационаров мониторинга населения наземных позвоночных. **Fig. 1.** The area, affected by projected Lower Zeya hydroscheme, and the stations for terrestrial vertebrates monitoring.

III. Подзона умеренного влияния на побережья водохранилища (ПУВ) включает территории, относящиеся к водосборному бассейну водохранилища и расположенные вне ПСВ. Внешнюю границу рекомендуется проводить по контурам водосбора водохранилища, однако она не должна быть удалена от НПУ более чем на 20-30 км. Характерно: некоторое усиление воздействия факторов беспокойства и браконьерства; увеличение частоты антропогенных лесных пожаров; временное увеличение численности наземных животных покидающих зону затопления; изменения в структуре сообществ и в системах «хищник-жертва». Помимо влияния гидростроительства на миграции косули, имеющего региональный характер, косвенное воздействие водохранилища на экосистемы в результате нарушений системы «хищник-жертва» распространяется дальше всего от его побережий. Поэтому для уточнения внешних границ целесообразно использовать сведения об охотничьих участках наиболее распространенных крупных плотоядных. На рассматриваемой территории это волк и рысь. Ожидаемая площадь данной подзоны составляет не менее 6070 км^2.

IV. Подзона приустьевых участков водотоков, условно называемых «живыми» долинами (ПЖД) включает поймы и прилегающие части склонов приустьевых участков долин крупных и средних притоков водохранилища. Для средних притоков водохранилищ длина участков «живых долин» составляет около 3 км; для крупных притоков водохранилищ – 10-20 км. Формируются экотонные сообщества с повышенной численностью и миграционной активностью многих видов животных: копытных, хищных, мышевидных грызунов, рыб-реофилов. Это явление было отмечено нами в зонах влияния Зейского и Бурейского водохранилищ. Площадь подзоны составляет 1070 км^2.

V. Подзона влияния незамерзающей полыньи включает русло реки, долину и прилегающие склоны на участке максимального распространения незамерзающей полыньи. Характерны следующие явления: увеличение частоты туманов, особенно в зимний период; гибель наземных животных при преодолении полыньи или тонкого льда по ее закрайкам; концентрации многих видов рыб в периоды нерестовых и нагульных миграций. В зоне влияния незамерзающей полыньи экосистемы в полной мере испытывают последствия зарегулирования стока, общие для нижнего бьефа гидроузла.

VI. Подзона влияния регулирования стока включает русло реки и ее долину на участке ощутимого регулирования стока ниже границы незамерзающей полыньи. Конфигурация подзоны уточняется в процессе мониторинга по данным о снижении частоты, продолжительности и высоты паводков. Отмечаются: уменьшение расходов в периоды паводков; изменение площади, продолжительности, календарных сроков и глубины затопления пойм; снижение среднего уровня и амплитуды колебания уровня грунтовых вод; осуходоливание части пойменных земель; заиливание пойменных озер; снижение рыбопродуктивности пойменных водоемов; снижение значимости поймы для нереста рыб; снижение успеха гнездования птиц (журавли, аисты и др.), выкармливающих птенцов мелкой рыбой.

Для выявления особенностей пространственного и биотопического распределения диких животных в пределах каждого природного участка выделены основные типы местообитаний. Для удобства обработки и анализа информации территориально и экологически близкие местообитания объединены в 17 типов местообитаний (биотопов): 1) русла и берега рек, лишенные сплошного растительного покрова или с пионерной околоводной растительностью (песчаные и галечниковые косы и пляжи); 2) акватории и берега озер, лишенные сплошного растительного покрова или с пионерной околоводной растительностью (прибрежные полосы ила, песка, гальки); 3) уремные леса из тополя, ольхи, черемухи и прибрежные заросли ивняка с участием других кустарников. 4) полидоминантные долинные широкотравные леса; 5) переувлажненные закочкаренные луга с куртинами ивняка, местами с зарослями ерника; 6) влажные вейниково-осоковые и

осоково-вейниковые луга с участием разнотравья; 7) злаково-разнотравные суходольные луга; 8) сосновые леса, местами с примесью лиственницы и мелколиственных пород; 9) светлохвойные сосново-лиственничные и лиственнично-сосновые леса, местами с участием березы белой и других мелколиственных пород; 10) мелколиственные (березовые, осиновые, осиново-березовые) широкотравно-луготравяные леса, местами с участием лиственницы; 11) смешанные неморальные леса с участием черной березы, дуба и других широколиственных пород, местами – с участием сосны и лиственницы; 12) сухие ксерофито-разнотравные редколесья с участием дуба, черной березы, белой березы и сосны на крутых склонах; 13) зарастающие вырубки и гари; 14) поля и сеяные луга; 15) полынные и разнотравно-полынные залежи, рудеральные сообщества; 16) земли поселений сельского и городского типа; 17) пустоши на месте карьеров и полигонов золотодобычи.

Результаты и обсуждение

Для каждого обследованного биотопа (1-17), каждой единицы районирования (I-VI) получена информация о видовом составе наземных позвоночных, а также о показателях численности каждого вида. Учитывая разнородность данных об обилии различных видов и групп наземных животных, для сравнения биоразнообразия различных участков, помимо фиксированных показателей численности и плотности населения, использованы также балльные оценки обилия. На основании данных наших учетов и анализа литературных источников разработана пятибалльная шкала показателей численности, «привязанная» к количественным результатам учетов, дифференцированная для различных таксономических и экологических групп наземных позвоночных рассматриваемой территории (табл. 1 и 2).

Для определения и сравнения обобщенных показателей видового разнообразия и численности зоокомплексов различных биотопов разработан «индекс богатства животного населения» (Иб). Иб=N·5+S, где N – количество видов, отмеченных в пределах биотопа; S – сумма балльных оценок обилия всех видов, отмеченных в пределах биотопа. Фактически данный индекс представляет сумму балльных оценок потенциального и реального обилия всех отмеченных видов. Он позволяет паритетно учитывать как видовое разнообразие, так и обилие каждого вида наземных позвоночных в каждом биотопе в пределах конкретной подзоны влияния водохранилища.

Для рассчитанных значений индексов (Иб), разработана шкала градаций, выраженная в баллах: (менее 80) – 1 балл; (80-99) – 2 балла; (100-119) – 3 балла; (120-139) – 4 балла; (140-159) – 5 баллов; (160-179) – 6 баллов; (180-199) – 7 баллов; (200-219) – 8 баллов; (220-239) – 9 баллов; (240-259) – 10 баллов; (260-279) – 11 баллов; (280-299) – 12 баллов; (300-319) – 13 баллов; (320-339) – 14 баллов; (340-359) – 15 баллов; (>359) – 16 баллов. В соответствии с приведенной шкалой градаций результаты расчетов Иб нанесены на соответствующие контуры местообитаний наземных позвоночных (1-17). Таким образом, создана аналитическая карта богатства животного населения наземных позвоночных, отражающая пространственное распределение обобщенных показателей разнообразия и численности (рис. 2).

Анализ полученной карты позволяет выделить несколько основных закономерностей в пространственном распределении интегральных показателей того биоразнообразия, которое найдено в зоне влияния проектируемого гидроузла 1) долина р. Зеи (включая расчетную зону затопления) представляет собой область максимального биоразнообразия на всем протяжении зоны влияния гидроузла; 2) показатели биоразнообразия постепенно увеличиваются с севера на юг; 3) по мере удаления от долины р. Зея показатели в зоне влияния верхнего бьефа постепенно снижаются; 4) для этой зоны характерна предельная контрастность в пространственном распределении показателей: участки с максимальными

Таблица 1. Градации показателей численности для основных экологических и таксономических групп млекопитающих, соответствующие балльным оценкам обилия. **Table 1.** Population indices' gradation, corresponding to the score of richness, for the main ecological and taxonomic groups of mammals.

Виды и экологические группы	**Показатели численности**	**Балльные оценки обилия видов**				
		1 балл (очень редкий вид)	**2 балла (редкий вид)**	**3 балла (обычный вид)**	**4 балла (много-числен-ный вид)**	**5 баллов (массовый вид)**
Бурозубки	Особей на 100 конусо-суток (к-с)	<1	1-5	6-10	11-20	>20
	Особей на 100 ловушко-суток (л-с)	<0.5	0.6-2	2.1-6	6.1-10	>10
Летучие мыши	Встреч на 1 км	<1	1-5	6-10	11-15	>15
Волк	Особей на 100 км^2	<0.1	0.2-0.3	0.4-0.5	0.5-0.7	>0.7
Обыкновенная лисица	Особей на 10 км^2	<0.1	0.2-0.5	0.6-1	1.1-2	>2
Енотовидная собака	Присутствие	<0.1	0.2-0.5	0.6-1	1.1-2	>2
Барсук	Присутствие	<0.1	0.2-0.5	0.6-1	1.1-2	>2
Росомаха	Особей на 100 км^2	<0.05	0.05-0.1	0.2-0.3	0.4-0.5	>0.5
Соболь	Особей на 10 км^2	<0.5	0.6-1.5	1.6-3	3.1-6	>6
Колонок	Особей на 10 км^2	<0.5	0.6-1.5	1.6-3	3.1-6	>6
Американская норка	Особей на 10 км берега	<0.5	0.5-1.5	1-3	3.1-6	>6
Горностай	Особей на 10 км^2	<1	1-1.5	1.5-3	3-4	>4
Ласка	Особей на 10 км^2	<1	1-1.5	1.5-3	3-4	>4
Выдра	Присутствие	+				
Бурый медведь	Особей на 100 км^2	<0.4	0.4-0.8	0.8-1.6	1.7-2	>2
Рысь	Особей на 100 км^2	<0.05	0.05-0.1	0.2-0.3	0.4-0.5	>0.5
Амурский тигр	Присутствие	+				
Мышевидные грызуны	Особей на 100 л-с	<1	1.1-2	2.1-7	7.1-15	>15
Ондатра	Особей на 1 га	<0.5	0.6-1	1.1-3	3.1-6	>6
Длиннохвостый суслик	Присутствие	+				
Бурундук	Особей на 100 л-с	<0.1	0.1-0.3	0.4-1	2-3	>3
Белка	Особей на 10 км^2	<2	2.1-5	5.1-10	10.1-15	>15
Летяга	Особей на 10 км^2	<0.5	0.6-1	1.1-4	4-6	>6
Заяц-беляк	Особей на 10 км^2	<1	1-2	3-6	7-10	>10
Северная пищуха	Особей на 100 л-с	<0.05	0.06-0.1	0.2-0.5	0.6-1	>1
Лось	Особей на 10 км^2	<0.2	0.2-0.5	0.6-1	1.1-3	>3
Изюбрь	Особей на 10 км^2	<0.5	0.5-1	1.1-2	2.1-5	>5
Косуля	Особей на 10 км^2	<0.5	0.5-3	3.1-6	6.1-12	>12
Кабарга	Особей на 10 км^2	<0.5	0.5-2	2.1-4	4.1-8	>8
Кабан	Особей на 10 км^2	<0.5	0.5-3	3.1-6	6.1-12	>12

показателями соседствуют и перемежаются с «обедненными» антропогенно-нарушенными территориями (сельхозугодья, пустоши, земли населенных пунктов и т.д.).

Для сравнительной оценки природоохранной значимости различных биотопов разработан оригинальный обобщенный «индекс природоохранной значимости» (Из). Из=Иб+5·(No·5+So), где Иб – «обобщенный индекс разнообразия и численности (богатства) животного населения»; No – количество редких охраняемых видов, занесенных в Красную книгу Амурской области (2009), отмеченных в пределах биотопа; So – сумма балльных оценок обилия всех редких охраняемых видов, отмеченных в пределах биотопа. Данный коэффициент позволяет учитывать, как общее видовое богатство и обилие фоновых видов, так и приоритетное природоохранное значение редких охраняемых видов. Для сравнения природоохранной значимости различных подзон зоны влияния гидроузла разработан индекс «природоохранной значимости подзоны» (Изп) представляющей среднее арифметическое из всех обследованных биотопов.

Таблица 2. Градации показателей численности земноводных и пресмыкающихся, соответствующие балльным оценкам обилия. **Table 2.** Population indices' gradation, corresponding to the score of richness, for the amphibians and the reptiles.

Виды и экологические группы	**Показатели численности**	**Бальные оценки обилия видов**				
		1 балл (очень редкий вид)	**2 балла (редкий вид)**	**3 балла (обычный вид)**	**4 балла (многочисленный вид)**	**5 баллов (массовый вид)**
Сибирский углозуб	Особей на 1 га	<2	2-5	5-10	10-20	>20
Бурые лягушки (дальневосточная и сибирская)	Особей на 1 га	<5	5-10	10-20	20-50	>50
Дальневосточная квакша	Особей на 1 га	<2	2-5	5-10	10-20	>20
Живородящая ящерица	Особей на 1 га	<1	1-2	2-5	5-10	>10
Обыкновенный щитомордник	Особей на 1 га	<0.1	0.1-0.5	0.5-1.0	1-2	>2
Сахалинская гадюка	Особей на 1 га	<0.1	0.1-0.5	0.5-1	1-2	>2
Узорчатый полоз	Особей на 1 га	<0.1	0.1-0.5	0.5-1	1-2	>2
Амурский полоз	Присутствие					

На основании данных о современном состоянии животного населения, и результатах многолетних наблюдений в зонах влияния Зейского и Бурейского водохранилищ (Колобаев и др., 2000; Подольский и др., 2004) разработана серия картосхем, отражающих современное состояние и ожидаемые изменения интегральных показателей биоразнообразия (Изп) в пределах выделенных подзон зоны влияния Нижне-Зейской ГЭС (рис. 3-7).

На рисунке 3 показана исходная картина распределения индексов «природоохранной значимости» подзон (Изп) полученная по расчетам, сделанным на основании натурных наблюдений 2015-2016 гг. Наибольшие значения характерны для подзон затопления проектируемого водохранилища и подзон влияния нижнего бьефа. Кроме того, повышенные показатели биоразнообразия отмечены для Зейской долины, включая прибрежные склоны. Разнообразие, продуктивность и «природоохранная значимость» остальных зоокомплексов верхнего бьефа проектируемой ГЭС существенно ниже.

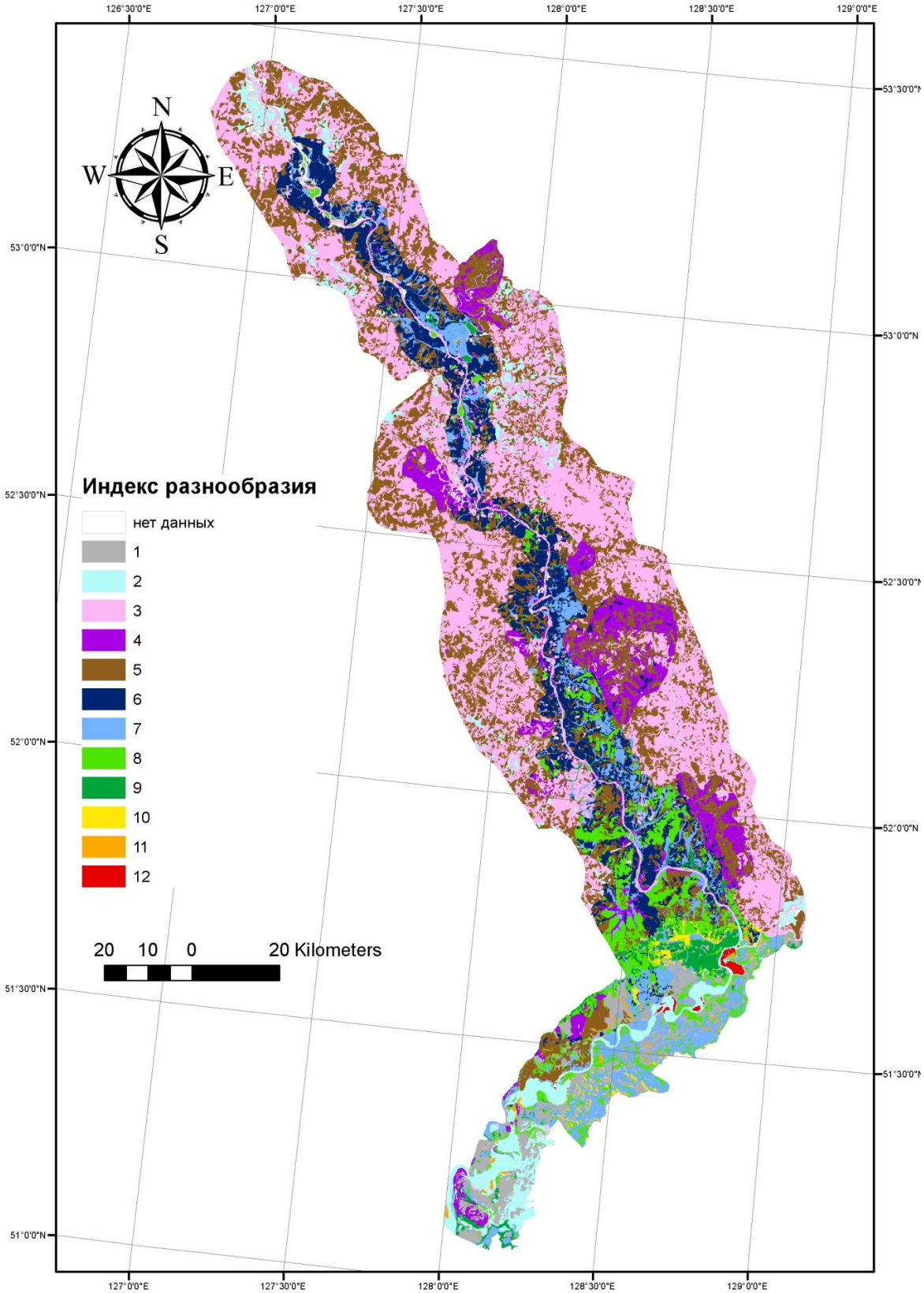


Рис. 2. Карта богатства животного населения (пространственное распределение различных значений обобщенного индекса разнообразия и численности (богатства) животного населения (Иб)). **Fig. 2.** The map of animals population's gradation (spatial distribution of different values of animals diversity and abundance's generalized index).

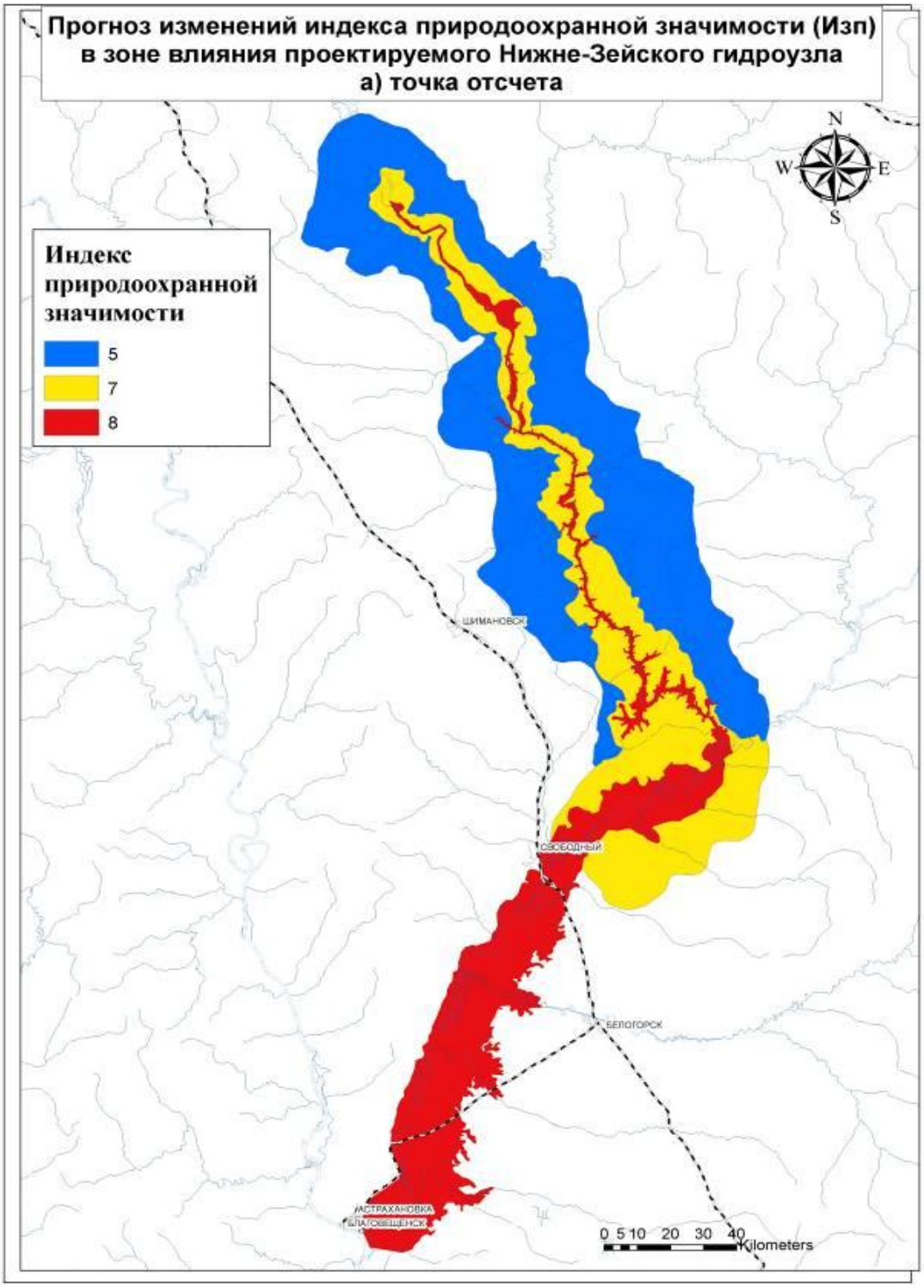


Рис. 3. Прогноз изменений индекса природоохранной значимости (Изп) в зоне влияния проектируемого Нижне-Зейского водохранилища. Точка отсчета. Условные обозначения к рис. 3-7. Градации расчетных показателей индекса (Изп): 1 – менее 80; 2 – 80-99; 3 – 100-119; 4 – 120-139; 5 – 140-159; 6 – 160-179; 7 – 180-199; 8 – 200-219. **Fig. 3.** The prognosis of changes in the environmental value index in the area, affected by projected Lower Zeya reservoir. Starting point. Legend to fig. 3-7. Gradations of index's estimates: 1 – below 80; 2 – 80-99; 3 – 100-119; 4 – 120-139; 5 – 140-159; 6 – 160-179; 7 – 180-199; 8 – 200-219.

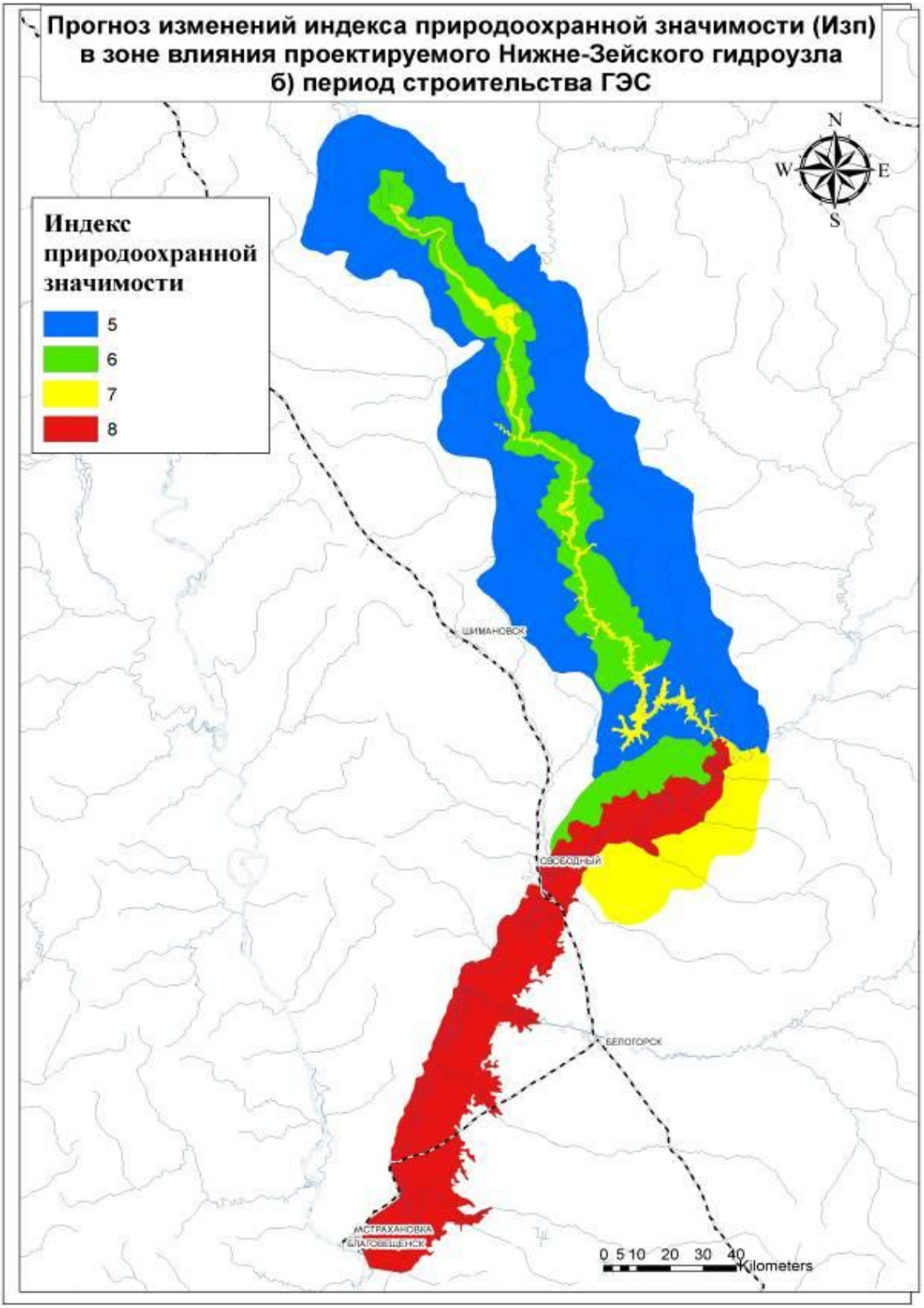


Рис. 4. Прогноз изменений индекса природоохранной значимости (Изп) в зоне влияния проектируемого Нижне-Зейского водохранилища. Период строительства ГЭС.
Fig. 4. The prognosis of changes in the environmental value index in the area, affected by projected Lower Zeya reservoir. The period of hydroscheme building.

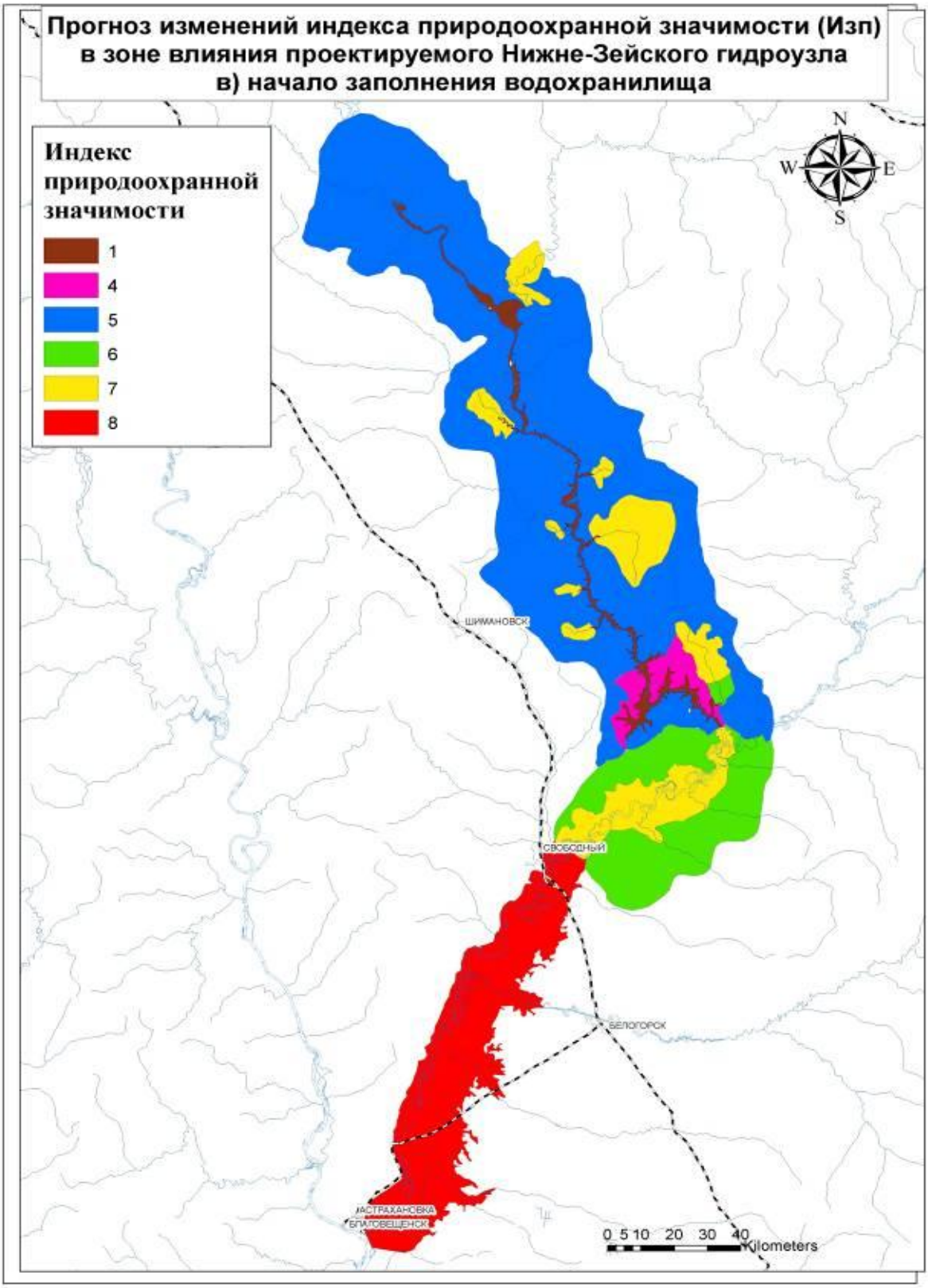


Рис. 5. Прогноз изменений индекса природоохранной значимости (Изп) в зоне влияния проектируемого Нижне-Зейского водохранилища. Начало заполнения водохранилища.
Fig. 5. The prognosis of changes in the environmental value index in the area, affected by projected Lower Zeya reservoir. The start of reservoir's filling.

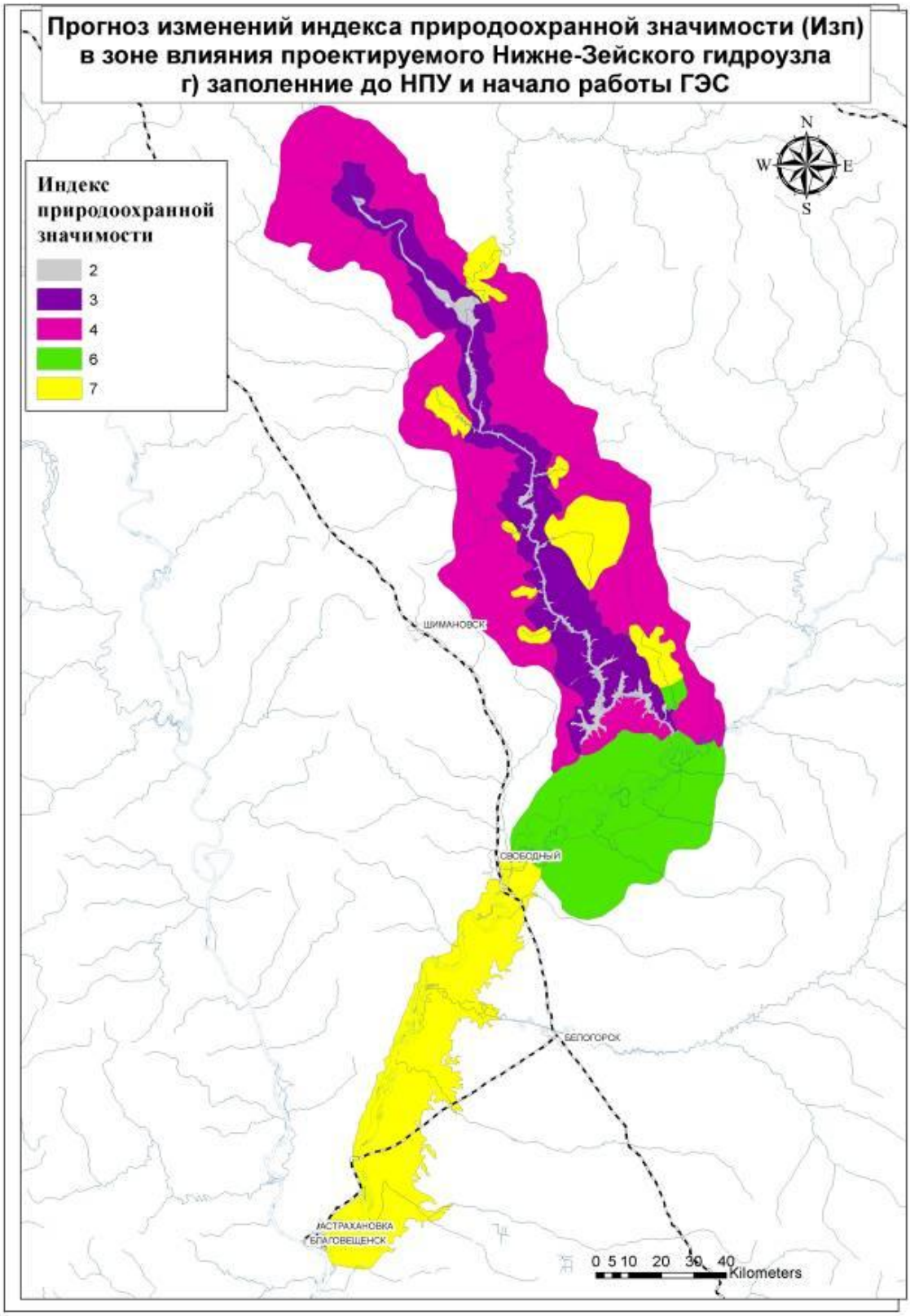


Рис. 6. Прогноз изменений индекса природоохранной значимости (Изп) в зоне влияния проектируемого Нижне-Зейского водохранилища. Заполнение до НПУ и начало работы ГЭС.
Fig. 6. The prognosis of changes in the environmental value index in the area, affected by projected Lower Zeya reservoir. The filling to the normal water level and the start of hydroscheme work.

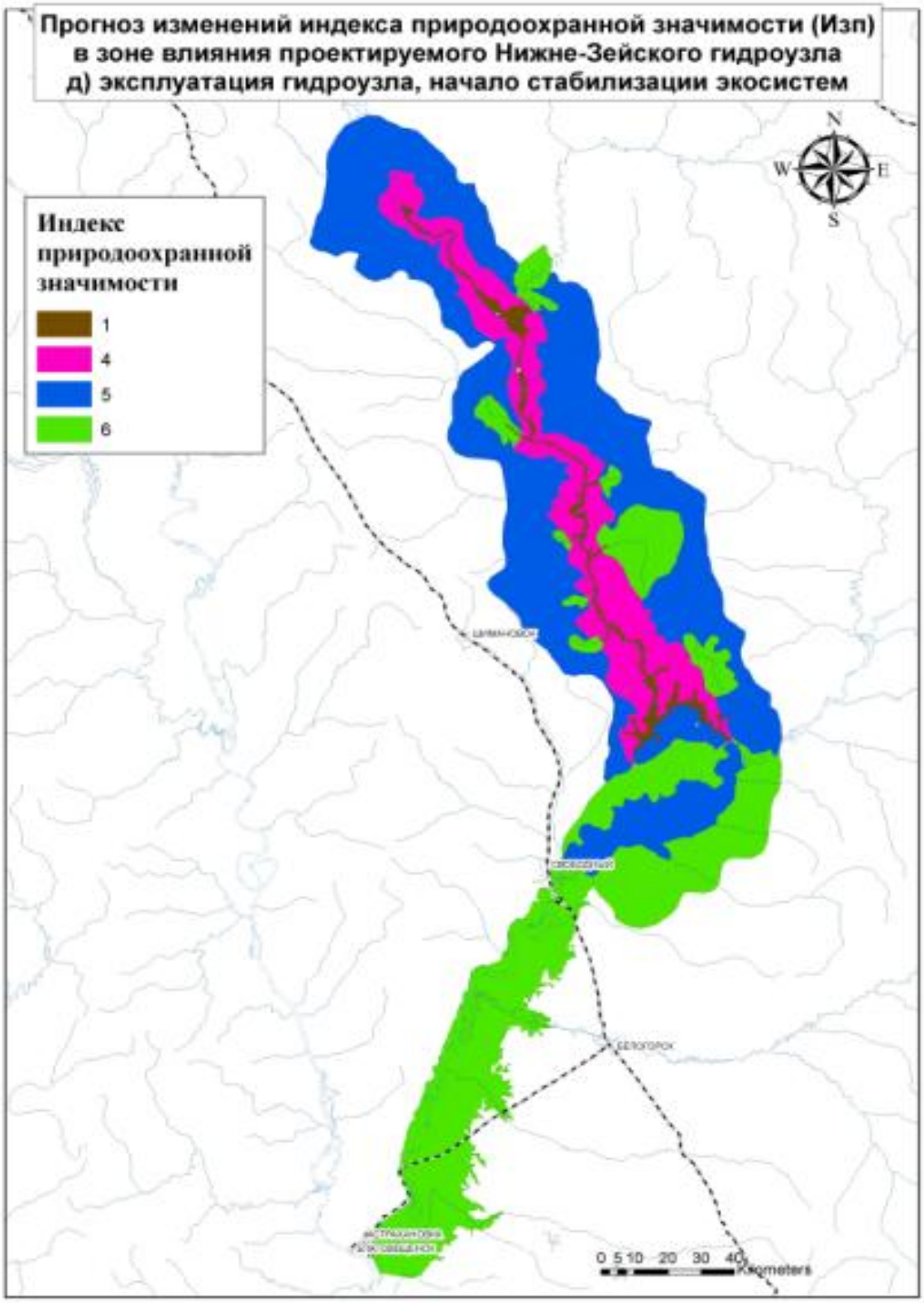


Рис. 7. Прогноз изменений индекса природоохранной значимости (Изп) в зоне влияния проектируемого Нижне-Зейского водохранилища. Начало стабилизации экосистемы.
Fig. 7. The prognosis of changes in the environmental value index in the area, affected by projected Lower Zeya reservoir. The start of system's stabilizing.

В период строительства плотины и подготовки ложа водохранилища (рис. 4) ожидается снижение интегральных показателей биоразнообразия в зоне лесосводки и лесоочистки. Оно будет наиболее ощутимо в радиусе 20-30 км от стройплощадки.

В нижнем бьефе снижение рассматриваемых индексов будет характерно для правобережья Зеи на участке от федеральной трассы до створа строящейся ГЭС, где начнется интенсивное движение транспорта. На данном этапе негативному воздействию подвергнутся, в первую очередь, промысловые животные, редкие виды, наиболее чувствительные к воздействию фактора беспокойства.

С начала заполнения водохранилища (рис. 5) зона затопления станет областью минимальных показателей биоразнообразия. Понизятся аналогичные характеристики и на прибрежных склонах (подзона «существенного влияния водохранилища»). В наибольшей степени пострадают облигатные долинные виды и виды, совершающие сезонные миграции (косуля, водоплавающие птицы и др.). Негативные тенденции будут в максимальной степени выражены на участке долины Зеи вблизи плотины ГЭС. На приустьевых участках долин крупных и средних притоков водохранилищ начнется формирование «живых долин» – экотонных сообществ с повышенными показателями разнообразия, численности и миграционной активности животных (Дэп-Дутэ, Тыгда, Граматуха и др.).

В период медленного заполнения водохранилища до НПУ и начала работы ГЭС (рис. 6) продолжится снижение интегральных показателей биоразнообразия Зейской долины (зона «существенного влияния водохранилища»). Эта тенденция распространится далеко за пределы прибрежных склонов на расстояние до 20-30 км от берегов искусственного водоема (зона «умеренного влияния водохранилища»). Существенно снизится численность многих видов с «южным» типом ареала (дальневосточная квакша, дальневосточная лягушка, узорчатый полоз, дальневосточная полевка, азиатская лесная (восточноазиатская) мышь, амурский барсук, енотовидная собака, кабан, унгурская полевка, длиннохвостый суслик, солонгой, степной хорь и др.). Некоторые из них могут исчезнуть с побережий водохранилища. За счет поступления в водные экосистемы значительного объема органики с затопляемых территорий временно увеличится численность рыб озерного комплекса, а также рыбоядных видов птиц и млекопитающих. В результате несколько повысится индекс природоохранной значимости акватории водохранилища.

В период эксплуатации гидроузла (рис. 7), в случае полномасштабной реализации комплекса копенсационных мероприятий, через 20-25 лет после перекрытия плотины, следует ожидать начала стабилизации экосистем и частичного восстановления наземных зоокомплексов зоны влияния верхнего бьефа. Интегральные показатели биоразнообразия прибрежных склонов (зона существенного влияния водохранилища) заметно повысятся, хотя и не достигнут исходного уровня. Показатели продуктивности природных комплексов будут значительно (по некоторым параметрам – многократно) ниже исходных. «Живые долины» продолжат оставаться зонами повышенной численности многих видов животных, но уровень их концентрации снизится. Понизится продуктивность гидробиоценозов водохранилища, а вместе с ним – численность рыбоядных наземных позвоночных и индекс природоохранной значимости акватории. В зоне влияния нижнего бьефа гидроузла продолжится постепенное, но неуклонное снижение интегральных показателей биоразнообразия.

Создание подобных карт имеет как научное, так и практическое природоохранное значение. На основании их анализа можно объективно выделить самые уязвимые территории, а также участки наиболее значимые в природоохранном и хозяйственном отношении. Это помогает оптимально спланировать системы ООПТ и организовать щадящее природопользование в условиях гидростроительства. Так, для зоны влияния проектируемого Нижне-Зейского гидроузла разработаны предложения по созданию кластерного природного парка «Нижне-Зейский» (рис. 8).

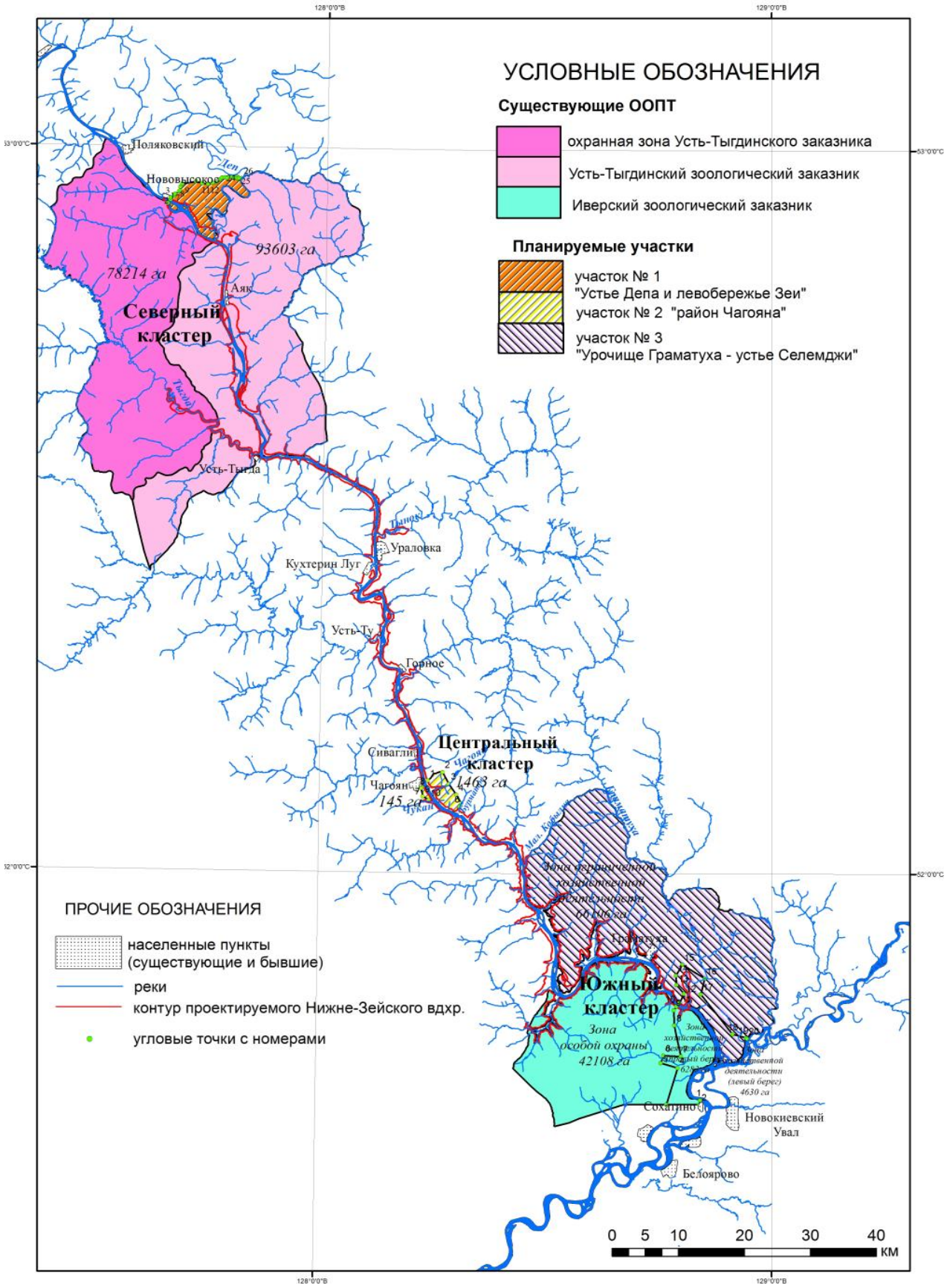


Рис. 8. Картосхема кластерного природного парка «Нижне-Зейский». **Fig. 8.** The schematic map of “Nizhne-Zeyskiy” cluster natural park.

Основу проектируемой ООПТ составят участки, выделяющиеся повышенными показателями «богатства» животного населения (Иб) среди окружающих территорий: район устья р. Деп; район от урочища Граматуха до устья р. Селемджа (рис. 2). Кроме того использование разработанных индексов позволяет более четко оценивать основные угрозы экосистемам во времени и пространстве (рис. 7).

Заключение

Приведенные аналитические и прогнозные карты показывают, что для экологической устойчивости региона, наиболее опасно нарушение Зейского экологического коридора, представляющего зону максимального биразнообразия на всем своем протяжении (рис. 2). В бассейне Амура поймы и долины крупных рек представляют собой систему магистральных экологических коридоров, по которым идет межрегиональный обмен видами животных и растений. Один из них связан с долиной реки Зея. Сложное сочетание интра- и экстразональных долинных биотопов обеспечивает проникновение маньчжурских видов (дальневосточная квакша, дальневосточная лягушка, амурский и узорчатый полозы, фазан, мандаринка, амурский еж, уссурийская белозубка, дальневосточная полевка, азиатская лесная (восточноазиатская) мышь, амурский барсук, енотовидная собака, дальневосточный лесой кот, кабан и др.) далеко к северо-западу, а даурско-монгольских видов (монгольская жаба, унгурская полевка, барабинский хомячок, длиннохвостый суслик, солонгой, степной хорь) – к северо-востоку от основных ареалов. До создания Зейского водохранилища некоторые виды с «южным» типом ареала проникали на север вплоть до Верхнезейской низменности и предгорий Станового хребта. После завершения строительства плотины Зейской ГЭС в 1974 г. длина Зейского экологического коридора значительно сократилась. Распространение многих «южных» видов на север стало четко ограничиваться южными предгорьями хребтов Тукурингра и Соктахан. В случае создания Нижне-Зейской ГЭС, рассматриваемый экологический коридор сократится еще почти на триста километров и будет ограничен районом устья р. Граматуха. Многие из наземных животных (дальневосточная квакша, дальневосточная лягушка, узорчатый полоз, дальневосточная полевка, длиннохвостый суслик, солонгой, степной хорь) могут практически выпасть из состава фауны побережья Нижне-Зейского водохранилища.

Кроме того, русло р. Зея играет важную роль в сезонных миграциях копытных, водоплавающих птиц и некоторых видов рыб. В многоснежные зимы через реку Зею переправляются тысячи косуль. При появлении на их пути водохранилища единовременная гибель, по разным оценкам, составит от 3 до 10 тысяч особей. Массовая гибель косуль может повторяться неоднократно. В результате Верхне-Депской, Норской и, возможно, Альдиконской популяционным группировкам косули будет нанесен невосполнимый ущерб. Из-за более поздних сроков вскрытия искусственного водоема ото льда прекратится массовая весенняя миграция водоплавающих птиц по долине реки Зеи. После завершения строительства ГЭС, с началом заполнения водохранилища полностью прекратятся миграции рыб через створ плотины.

В нижнем бьефе об угрозе экологической устойчивости природных комплексов говорит резкая неравномерность пространственного распределения показателей биоразнообразия: участки с максимальными показателями соседствуют и перемежаются с «обедненными» антропогенно-измененными территориями (рис. 2). Достаточно нарушить незначительные по площади участки с «богатой» биотой, чтобы инициировать резкое региональное снижение биоразнообразия, такие нарушения неизбежны. В результате зарегулирования стока и изменения режима колебаний уровня грунтовых вод начнется деградация пойменных лугов и пойменных лесов. Наблюдения в зонах влияния нижних бьефов Бурейского и Зейского

гидроузлов и литературные данные говорят о том, что при регулировании стока в поймах рек понижаются показатели численности и успешность размножения многих видов и групп наземных животных. Наиболее значима угроза снижения успешности гнездования дальневосточного аиста, японского и даурского журавлей (Парилов и др., 2006).

Интенсивность некоторых факторов антропогенных воздействий (браконьерство, техногенные палы, массовая гибель животных на дорогах, нерегулируемая рекреация и др.) может быть существенно снижена за счет реализации комплекса компенсационных и охранных мероприятий. Однако, невозможно эффективно компенсировать такие кардинальные изменения окружающей среды как: нарушение трансрегионального Зейского экологического коридора, нарушение путей сезонных миграций косуль и нерестовых миграций рыб, уничтожение большей части долинных местообитаний редких охраняемых видов (черный аист, касатка, нырок, Бэра, сахалинская гадюка, кутора и др.), уничтожение мест концентраций фоновых промысловых видов (косуля, гуменник, кряква и др.), деградация пойменных экосистем нижнего бьефа, сопряженная со значительным ухудшением условий обитания охраняемых видов птиц (дальневосточный аист, японский и даурский журавли и др.).

Анализ всего комплекса имеющихся данных, с использованием разработанных критериев сравнительной оценки животного населения, убедительно показывает, что создание Нижне-Зейской ГЭС связано со значительным риском потери биоразнообразия и экологической устойчивости не только на локальном, но и на региональном уровне. Негативные изменения могут в той или иной степени коснуться природных комплексов северной и центральной частей Амурской области. В настоящее время, при отсутствии острой хозяйственной необходимости в получении дополнительной электроэнергии, реализация проекта Нижне-Зейского гидроузла не отвечает потребностям устойчивого развития Дальнего Востока России, имеющим в качестве основного приоритета сохранение биоразнообразия и окружающей среды, благоприятной для проживания населения.

Авторы выражают благодарность директору Зейского заповедника С.Ю. Игнатенко и его сотрудникам за неоценимую помощь в организации и проведении полевых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дарман Ю.А. 1990. Млекопитающие Хинганского заповедника. Благовещенск: АмупКНИИ ДВО АН СССР. 163 с.

Ильяшенко В.Ю., Костенко В.А., Родионов С.П., Юдин В.Г. 1982. Хребет Тукурингра как зоогеографический рубеж // Млекопитающие СССР. Тезисы Доклада III съезда Всесоюзного териологического общества. Т. 1. М. С. 115-116.

Колобаев Н.Н., Подольский С.А., Дарман Ю.А. 2000. Влияние Зейского водохранилища на наземных позвоночных (амфибии, рептилии, млекопитающие). Благовещенск. 216 с.

Красная книга Амурской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов: официальное издание. 2009. Благовещенск: Издательство БГПУ. 446 с.

Кузякин В.А., Челинцев Н.Г., Ломанов И.К. 1990. Методические указания по организации, проведению и обработке данных зимнего маршрутного учета охотничьих животных в РСФСР. М.: ЦНИЛ Главохоты РСФСР. 51 с.

Новиков Г.А. 1953. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных. М.: Советская Наука. 503 с.

Парилов М.П., Игнатенко С.Ю., Кастрикин В.А. 2006. Гипотеза влияния многолетних гидрологических циклов и глобального изменения климата на динамику численности японского, даурского журавлей и дальневосточного аиста в бассейне реки Амур //

Влияние изменения климата на экосистемы бассейна реки Амур. М.: WWF России. С. 92-110.

Подольский С.А., Игнатенко С.Ю., Дарман Ю.А., Антонов А.И., ИгнатенкоЕ.*В., Кастрикин В.А., Былков А.Ф., Парилов М.П.* 2004. Проблемы охраны и изучения диких животных при создании горных водохранилищ на примере Бурейского гидроузла / Ред. С.А. Подольский. М.: РАСХН. 132 с.

Подольский С.А., Игнатенко С.Ю., Игнатенко Е.В., Тиунова Т.М., Павлова К.П., Коцюк Д.В., Антонов А.И., Михеев П.Б., Шмигирилов А.П., Борисова И.Г., Старченко В.М. 2016. Методология организации и ведения мониторинга биоразнообразия в зонах влияния ГЭС на примере крупных гидроузлов Приамурья // Вестник Дальневосточного отделения РАН. № 1 (185). С. 15-25.

Поярков В.С. 1986. Методика количественного учета изюбрей во время гона // Вопросы учета охотничьих животных. М.: ЦНИЛ охотничьего хозяйства и заповедников. С. 120-123.

Русанов Я.С. 1986. Основы охотоведения. М.: Издательство МГУ. 160 с.

THE POSSIBILITIES OF COMPARATIVE ESTIMATION OF COMPOSITE INDICES OF SPECIES DIVERSITY AND ANIMAL POPULATION'S ABUNDANCE: CASE STUDY OF THE AREA, AFFECTED BY PROJECTED LOWER ZEYA HYDROSCHEME

© 2017. S.A. Podolskiy*, V.A. Kastrikin, M.P. Parilov**, K.P. Pavlova***, L.U. Levik******

**Water Problems Institute RAS*
Russia, 119333, Moscow, Gubkina Str., 3. E-mail: sergpod@mail.ru
***Khingan Nature Reserve*
Russia, 676740, Amur Region, Arkharinskiy District, Arkhara, Dorozhnyy Per., 6
E-mail: apodemus@mail.ru, mparilov@mail.ru
****Zeya Nature Reserve*
Russia, 676246, Amur Region, Zeya District, Zeya, Stroitelnaya Str., 71
E-mail: pavlova_klara@mail.ru
*****M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography*
Russia, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory, 1, Building 1. E-mail: lilia-levik@yandex.ru

The comparative estimation of different littoral zones' environmental importance is necessary for the developing strategy of gentle nature management in the areas, where the present and planned reservoirs are. The integral indices of biodiversity were made for the area, which is, presumably, under the influence of the projected Lower Zeya Hydroscheme. They consider the species richness and the abundance indices for every recorded animal species. This article shows the lists of the recorded mammals, reptiles and amphibians species; the scores' gradations of the species' abundance as well as the ecological groups of terrestrial vertebrate's abundance; the list of the main biotopes; the principles of zoning in the reservoir's influenced areas; the formulas of evaluation of the species diversity's integral indices and the animal's population abundance; the schematic maps of spatial distribution of the present and predictable values of richness and conservative meaning of animal species' integral indices. Also the article contains some specific recommendations for strengthening Special Protected Natural Areas system. It shows that creating of Lower Zeya hydropower plant's will cause great losses in biodiversity and ecological stability at the local and regional levels.

Keywords: species diversity, animal population, conservative meaning, Protected Areas of Russia, Lower Zeya hydropower plant.

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2017, том 1, № 1, с.74-92

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 551.58

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ АГРОЦЕНОЗОВ

© 2017 г. Н.А. Шумова

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

Выполнено обобщение литературных данных по биометрическим характеристикам растений агроценозов. В качестве основного показателя растений рассматривается относительная площадь листьев. Подробно изложена методика и результаты определения относительной площади листьев агроценозов. Изложен метод расчета динамики относительной площади листьев злаковых культур, основанный на использовании стандартной гидрометеорологической информации. Приведены типичные периоды вегетации (начало и продолжительность) и максимальные значения относительной площади листьев как для отдельных видов растений, так и для растительных сообществ в целом.
Ключевые слова: относительная площадь листьев, растения, агроценозы, деятельный слой.

При моделировании процесса тепло- и влагообмена подстилающей поверхности с атмосферой растительность рассматривается в качестве деятельного слоя. Одним из важнейших модельных параметров растительности является относительная площадь листьев, которая изменяется в течение вегетационного периода практически непрерывно (Ничипорович, 1956, 1961). Относительная площадь листьев представляет собой величину эффективной поверхности растительного покрова на единице его площади. Существует детальная методика исследований биометрической структуры растительности (Росс, 1975), которая позволяет получить довольно полную информацию, включающую характеристики пространственной ориентации листьев. Однако к точности сведений об относительной площади листьев, необходимой для моделирования процесса тепло- и влагообмена подстилающей поверхности с атмосферой, не предъявляется особо высоких требований. В большинстве моделей временной ход относительной площади листьев обычно задается некоторой типичной функцией времени, не зависящей от конкретных гидрометеорологических условий и не учитывающей высокую изменчивость относительной площади листьев от года к году (Гусев, Бусарова, 1998). Цель настоящей работы – обобщить данные из литературных источников по биометрическим характеристикам отдельных растений и сообществ в целом.

Наиболее разработанными (и простыми) являются методы биометрических исследований агроценозов. На сети агрометеорологических станций состояние растительности отмечается средней высотой и густотой стояния растений в основные фазы их развития (Руководство …, 1955).

В основе методики определения относительной площади листьев агроценозов лежит экспериментально установленный факт 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). Площадь листьев отдельного растения определяется по формуле (Росс, 1975):

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

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 у верхушки соответственно; h_c − длина стебля; $l_к$ и $d_к$ − длина и диаметр колоса соответственно.

Измерение биометрических параметров растений яровой и озимой пшеницы и ячменя, проведенные в Целиноградской области в 1971 году и в Куйбышевской области в 1974 году (Бусарова, Шумова, 1987), позволили оценить величины коэффициентов для перехода от линейных размеров листа в его площади $k_л$ (табл. 1). Полученные значения коэффициентов $k_л$ хорошо согласуются с результатами, приведенными в работах (Самарина, 1969; Тертерян, 1971) для аналогичных культур, что свидетельствует о его устойчивости.

Таблица 1. Коэффициенты для перехода от линейных размеров листа к его площади.
Table 1. The coefficients to make conversion from leaf's linear dimensions to its area.

Культура	**Сорт**	**Число случаев**	$k_л$
Целиноградская область, 1971 год			
Яровая пшеница	Саратовская 29	54	0.74
	Перотрикс 28	51	0.74
	Безенчукская 98	64	0.75
Куйбышевская область, 1974 год			
	Харьковская 46	43	0.80
	Саратовская 36	44	0.83
	Саратовская 210	43	0.80
Озимая пшеница	Мироновская 808	43	0.77
	Альбидум 114	43	0.80
Яровой ячмень	−	37	0.70

Зависимости относительной площади листьев растений от их высоты не являются универсальными для различных культур, но в то же время, как показано в работе Н.Н. Самариной (1969), они довольно хорошо аппроксимируются степенной функцией:

$$\omega_p = a_p h_p^g \quad (2),$$

где ω_p − площадь листьев отдельного растения, см^2; h_p − высота растения по вытянутому листу, см; a_p и g − эмпирические параметры, изменяющиеся в зависимости от вида культуры и фазы её развития.

Значения параметра a_p для различных культур приведены в таблице 2 (Бусарова, Шумова, 1987). Таблица составлена по результатам обработки биометрических измерений. Параметр g в формуле (2) принимается равным 1.5 для всех культур (Бусарова, Шумова, 1987).

В основе определения эмпирических параметров a_p и g лежат результаты биометрических измерений, выполненных на посевах различных сельскохозяйственных культур по основным фазам развития растений для разных регионов (Будаговский, 1964; Самарина, 1969; Муминов, 1970; Тертерян, 1971; Минаева, 1975; Бусарова, Шумова, 1987). Измеренные значения высоты растений h_p и соответствующие им рассчитанные по формуле (1) значения площади листьев ω_p легли в основу эмпирических зависимостей $\omega_p=f(h_p)$, построенных для различных культур в основные фазы их развития. В результате

аппроксимации полученных эмпирических зависимостей площади листьев от высоты для различных сельскохозяйственных культур и фаз их развития были получены численные значения параметров a_p и g. В качестве иллюстрации на рисунке 1 показана эмпирическая зависимость площади листьев растений яровой пшеницы от их высоты в фазы: третьего листа, выхода в трубку, колошения и цветения. Из рисунка видно, что эмпирическая зависимость удовлетворительно описывается степенной функцией. Значения параметра a_p приведены в таблице 2, а параметр g в формуле (2) может быть принят равным 1.5 для всех культур и фаз развития, поскольку его численные значения оказались близки.

Таблица 2. Значение параметра a_p для различных сельскохозяйственных культур (Бусарова, Шумова, 1987). **Table 2.** The parameter's a_p value for the different crops (Бусарова, Шумова, 1987).

Культура	**Фаза развития**	a_p
Яровая пшеница	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
Озимая пшеница	Кущение	0.20
	Выход в трубку	0.18
	Колошение	0.12
	Цветение	0.08
	Молочная спелость	0.07
	Восковая спелость	0.06
	Уборка	0.05
Ячмень	Выход в трубку	0.15
	Колошение	0.13
	Цветение	0.11
Овес	Листообразование	0.25
	Колошение	0.12
	Молочная спелость	0.10
Гречиха	От бутонизации до начала цветения	0.60
	Полное цветение – начало созревания	0.30
Кукуруза	От всходов до молочной спелости	1.70
Хлопчатник	От всходов до начала дефолиации	4.0

В своей работе А.И. Будаговский (1964) построил зависимости площади листьев кукурузы ВИР 42 от их высоты по материалам наблюдений в Ростовской области в 1959-1960 гг. и в Краснодарском крае в 1960 году. Посевы, на которых проводились работы в 1959 году, были крайне неравномерными, а в 1960 году – нормальными.

Н.Н. Самарина (1969) измерила эффективную поверхность растений на посевах овса в Эстонской ССР в 1963 году и в Молдавской ССР в 1964 году. В Курской области были

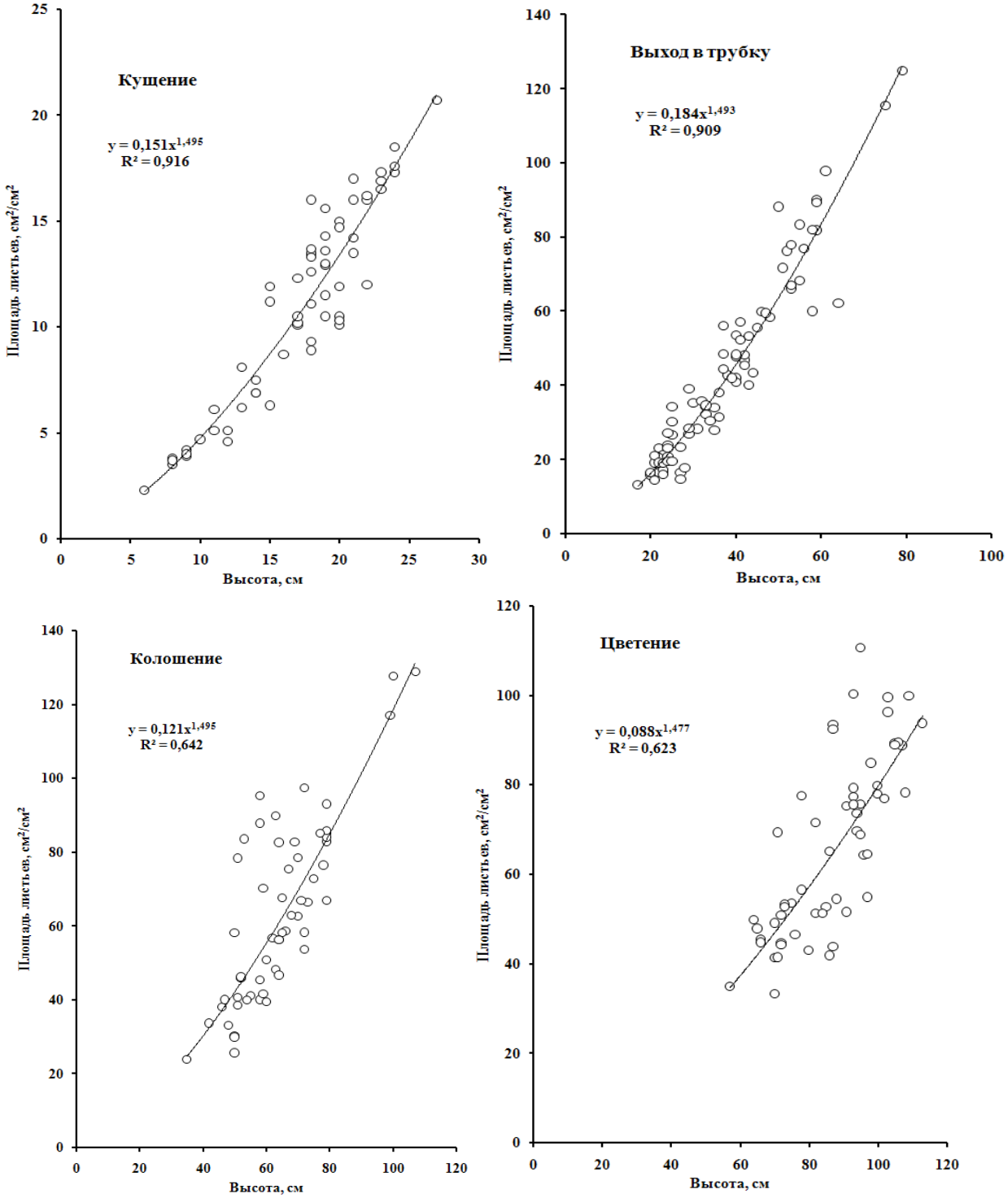


Рис. 1. Зависимость площади листьев растений яровой пшеницы ω_p от высоты h_p в различные фазы развития растений: третьего листа (кущение), выхода в трубку, колошения и цветения. Условные обозначения: во всех формула $y=a_p \cdot x^g$, показатель a_p для различных фаз равен: 0.151, 0.184, 0.121, 0.088; g – степенной показатель – во всех формулах принимает значения близкие 1.5 (1.495, 1.493, 1.495, 1.477). **Fig. 1.** Spring wheat leaves area ω_p dependence of plants height h_p during different phases: phase of the third leaf, phase of leaf-tube formation, earing and flowering. Legend: a_p=0.151, 0.184, 0.121, 0.088; for different phases; g=1.5 (1.495, 1.493, 1.495, 1.477) in every formula.

проведены биометрические измерения на посевах гречихи.

Ф.А. Муминовым (1970) и Е.Н. Минаевой (1975) проведены биометрические измерения на посевах тонковолокнистого и средневолокнистого хлопчатника на агрометеорологических станциях в различных районах Средней Азии в течение 4 лет (1965-1967, 1969 годы).

Б.А. Тертерян (1971) проводил наблюдения в Араратской долине на посевах озимой пшеницы сортов Егварди 4 и Арташат 42, а также в Мартунинском районе на местности высотой порядка 2000 м н.у.м. на посевах озимой пшеницы сорта Безостая 1.

О.Е. Бусарова и Н.А. Шумова (1987) в 1971 году в Целиноградской области провели биометрические измерения на посевах яровой пшеницы Безенчукская 98, Саратовская 29, Перотрикс 28. Посевы были равномерные, малозасоренные, растения нормально развивались в течение всего вегетационного периода. Аналогичные измерения были выполнены в 1974 году в Куйбышевской области на посевах яровой пшеницы Саратовская 210, Саратовская 36, Харьковская 46, озимой пшеницы Мироновская 808, Альбидум 114 и на посевах ячменя. Посевы пшеницы сорта Саратовская 210 были неоднородны. Это позволило провести измерения эффективной поверхности растений на различных участках с сильно разреженным *($\omega_{макс}\leq 1$)*, средним *($\omega_{макс}=2-3$)* и относительно густым посевом *($\omega_{макс}\geq 5$)*.

Из таблицы 3 видно, что для растений, габитус которых не изменяется в течение вегетационного периода, параметр a_p в формуле (2) сохраняет практически постоянное значение до начала существенного подсыхания и опадения нижних листьев. В частности, для кукурузы принятие этого постоянства вполне допустимо по крайней мере до наступления фазы молочной спелости. Далее a_p может несколько снижаться, но материалы, показывающие степень такого снижения, пока отсутствуют. Для хлопчатника параметр a_p сохраняет постоянное значение до начала дефолиации, после чего очень быстро снижается. У растений пшеницы, ячменя, овса и других колосовых культур, габитус которых существенно изменяется в течение вегетационного периода, величина a_p довольно существенно различается по фазам развития.

Таблица 3. Соотношение между высотой растения, измеренной «до отгиба листа» (h_1, см), и «по вытянутому листу» (h_2, см; Бусарова, Шумова, 1987). **Table 3.** The ratio between plant's height, measured in cm, "to the leaf's limb" (h_1, cm), and "along the stretched leaf" (h_2, cm; Бусарова, Шумова, 1987).

h_1	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
h_2	10	19	30	45	56	66	75	84	93	102	111	120

В случаях, когда в материалах наблюдений агрометеорологических станций для начальных фаз развития растений приводятся данные по высоте, измеренной «до отгиба листа», что практически является высотой стебля, можно воспользоваться таблицей 3, в которой приводятся соответствующие им данные о высоте, измеренной «по вытянутому листу» (Бусарова, Шумова, 1987).

Относительная площадь листьев посева определяется по соотношению:

$$\omega=\frac{\omega_P n_P}{S_n} \quad (3),$$

где ω – относительная площадь листьев посева; n_p – число растений на единице площади посева; S_n – площадь посева. Относительная площадь листьев отдельного растения ω_p в соотношении (3) определяется по зависимости (2) по данным агрометеорологических станций о высоте растений в основные фазы развития.

Следовательно, зная фазу развития, среднюю высоту и густоту растений, можно

определить относительную площадь листьев посева.

С момента начала массового подсыхания и опадения нижних листьев, наступающих после фазы цветения, величину относительной площади листьев определяют косвенным методом, который основан на наличии зависимости между относительной площадью листьев и долей прямой радиации, достигшей поверхности почвы (Лопухин, 1948). Зависимость между долей прямой радиации, достигшей поверхности почвы, и относительной площадью листьев имеет вид:

$$N=e^{-\alpha\omega} \quad (4),$$

где N − доля прямой радиации, достигшей поверхности почвы; α − коэффициент, зависящий от высоты Солнца; ω – относительная площадь листьев посева. Коэффициент α выражается зависимостью:

$$\alpha=a_{\circ}+\frac{b_{\mathrm{O}}}{\sinh_{\mathrm{O}}} \quad (5),$$

где $h_{\circ}$ − высота Солнца в градусах; $a_{\circ}$ и $b_{\circ}$ − эмпирические коэффициенты, определяемые на основе аппроксимации графически представленных фактических данных измерений доли прямой радиации и относительной площади листьев.

Для измерения доли прямой радиации, достигшей поверхности почвы, используют рейку Е.А. Лопухина (1948). Рейка для наблюдений на посевах зерновых колосовых культур представляет собой линейку длиной 50 см, с 10 черными метками диаметром 2.5 мм. Ее помещают на поверхность почвы под прямым углом к рядам при рядовом посеве и подсчитывают число освещенных меток. В каждой серии опытов отсчеты проводят при 10 положениях рейки. Отношение числа освещенных меток во всех положениях к общему их числу равно доле прямой радиации, достигшей поверхности почвы N. Поскольку величина N зависит от высоты Солнца, измерения проводят в различные часы суток.

Измерения параметра N проводятся при различных значениях относительной площади листьев в фазы выхода в трубку, колошения и цветения, когда величина относительной площади листьев определяется прямым методом. По результатам измерений из выражения (5) определяется коэффициент α:

$$\alpha=\frac{\ln N}{\omega} \quad (6),$$

Для определения численных значений коэффициентов $a_{\circ}$ и $b_{\circ}$ и в формуле (5) используется эмпирическая зависимость:

$$\alpha=f\left(\frac{1}{\sinh_{\mathrm{O}}}\right) \quad (7),$$

в которой коэффициент α рассчитывается на основе измеренных в посеве значений параметра N и соответствующих им рассчитанных значений относительной площади листьев посева ω. Высота Солнца $h_{\circ}$ определяется по таблицам в зависимости от географической широты и времени.

Таким образом, используя измеренные значения параметра N и зная высоту Солнца $h_{\circ}$, можно получить величины относительной площади листьев ω в поздние фазы развития растений из соотношения (4):

$$\omega=-\frac{\ln N}{\alpha} \quad (8).$$

Описанная методика была использована при проведении биометрических исследований в 1971 году в Целиноградской области на посевах яровой пшеницы Саратовская 29, Перотрикс 28, Безенчукская 98 и в 1974 году в Куйбышевской области на посевах яровой

пшеницы Саратовская 210, Харьковская 46 и орошаемой озимой пшеницы Мироновская 808. В результате были получены координаты зависимости коэффициента α от высоты Солнца $h_\circ$ (табл. 4), которые позволяют оценить величину относительной площади листьев косвенным путем. Проведенные наблюдения и последующие расчеты позволили получить обобщенную биометрическую кривую для периода массового опадения листьев.

Таблица 4. Координаты зависимости коэффициента α от высоты Солнца $h_\circ$.
Table 4. The coordinates of α coefficient dependence of the solar altitude $h_\circ$.

$h_\circ$, град	70	60	50	40	30	20	15
α	0.20	0.22	0.25	0.31	0.40	0.60	0.81

Следовательно, зная фазу развития, среднюю высоту и густоту растений, можно определить относительную площадь листьев посева.

В тех случаях, когда на агрометеорологических станциях фиксируют лишь даты прохождения фаз развития растений, можно использовать нормированные кривые изменения относительной площади листьев по фазам развития растений или во времени (Бусарова, Шумова, 1987). При построении нормированных кривых изменения относительной площади листьев яровой пшеницы были обработаны материалы наблюдений, проведенных в общей сложности за 110 лет на 10 агрометеорологических станциях и расположенных в лесостепной и степной зонах. Эти материалы отражают широкий диапазон условий произрастания пшеницы и разнообразие ее сортов. Величины относительной площади листьев изменялись как по максимальным значениям (от 1 до 10), так и по времени прохождения фаз развития растений.

Обычно в сухие годы яровая пшеница проходит все фазы развития на одну-две декады быстрее, чем во влажные. Но, несмотря на это, очертания кривых изменения относительной площади листьев во времени не обнаруживают существенных различий: изменяются лишь величины максимальных значений относительной площади листьев. В сухие годы максимальное значение относительной площади листьев, как правило, ниже 3, а в годы достаточного увлажнения растения развиты лучше и величина относительной площади листьев заметно выше.

Величины относительной площади листьев были пронормированы по их максимальному значению, которое обычно достигается при прекращении вегетативного роста. Для пшеницы и ячменя это наблюдается в фазу цветения. Нормирование величин относительной площади листьев выполнено для основных фаз развития растений, вычислены средние даты их прохождения.

По материалам индивидуальных нормированных кривых изменений относительной площади листьев во времени были построены соответствующие обобщенные кривые. На рисунке 2 представлена обобщенная нормированная зависимость $\omega/\omega_{макс}=f(\tau)$ для яровой пшеницы в течение вегетационного периода. Здесь время также представлено в относительных единицах введением безразмерной величины $\tau=(t-t_g)/(t_ц-t_в)$, где t − время, отсчитываемое от даты всходов $t_в$, а $t_ц$ − время прохождения фазы цветения, когда наблюдается максимальная величина относительной площади листьев $\omega_{макс}$. Изменчивость времени прохождения фаз развития растений, отсчитываемого от даты появления всходов, характеризуется средним квадратическим отклонением, равным 3-5 дням.

Ось времени можно представить в виде суммы суточных температур воздуха, о чем свидетельствует график, приведенный на рисунке 3, где по оси абсцисс представлено время τ, а по оси ординат – сумма температур воздуха в относительных единицах $\theta=\Sigma T/\Sigma T_{макс}$, где

ΣT − сумма суточных температур воздуха с момента всходов за время $(t–t_в)$, $\Sigma T_{макс}$ − сумма суточных температур воздуха за время $(t_ц–t_в)$, то есть от всходов до цветения. Однако это требует дополнительной информации о температуре воздуха и не дает никаких преимуществ. Средние квадратические отклонения величины $\omega/\omega_{макс}$ посевов яровой пшеницы изменяются от 0.04 до 0.14 по мере возрастания самой величины.

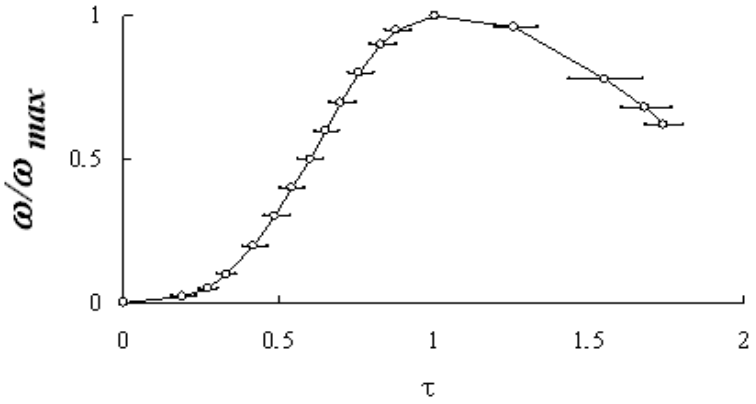


Рис. 2. Обобщенная нормированная кривая изменения относительной площади листьев яровой пшеницы во времени (Шумова, 2010). **Fig. 2.** The generalized and normalized curve of summer wheat leaves' relative area temporal changing (Шумова, 2010).

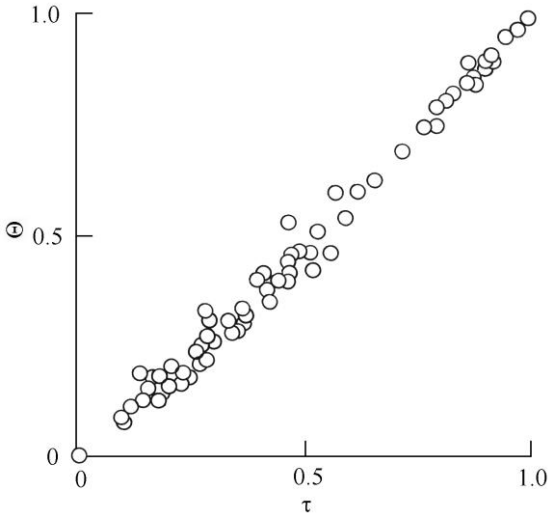


Рис. 3. Зависимость сумм суточных температур воздуха Θ от времени τ (в относительных единицах; Шумова, 2010). **Fig. 3.** The daily air temperatures' sums (Θ) dependence of time τ (measured in relative units; Шумова, 2010).

Аналогичные построения были выполнены также для озимой пшеницы и ячменя. Координаты осредненных нормированных кривых для яровой и озимой пшеницы и ячменя приведены в таблице 5.

В таблице 6, составленной по данным из литературных источников (Джоган, Лозинская, 1993), представлены нормированные величины относительной площади листьев в зависимости от времени, нормированного по длине вегетационного периода. Обобщенные данные по относительной площади листьев для отдельных видов растений, приведенные в

таблице 6, имеют разную надежность. Так, значения относительной площади листьев посевов яровой пшеницы (Бусарова, Шумова, 1987) отражают широкий диапазон условий произрастания данной культуры и разнообразия ее сортов. Значения относительной площади листьев для викоовсяной смеси, капусты, подсолнечника, сорго и сосны взяты по индивидуальным зависимостям относительной площади листьев от времени. Но, несмотря на указанную неоднородность данных, таблица 6 дает возможность оценить изменение относительной площади в течение вегетационного периода для различных культур.

Таблица 5. Координаты обобщенных нормированных зависимостей относительной площади листьев $\omega/\omega_{макс}$ от фаз развития растений и времени (Бусарова, Шумова, 1987).
Table 5. The coordinates of generalized and normalized leaves' relative area ($\omega/\omega_{макс}$) dependences of plant's growth phases and time (Бусарова, Шумова, 1987).

Культура	**Фаза развития**	**Время**		$\omega/\omega_{макс}$
		сутки	$\tau/\tau_{вег}$	
Яровая пшеница	Всходы	0	0	0
	Третий лист	10	0.11	0.07
	Кущение	17	0.18	0.22
	Выход в трубку	26	0.28	0.43
	Колошение	44	0.48	1.00
	Цветение	53	0.58	1.00
	Молочная спелость	66	0.72	0.90
	Восковая спелость	77	0.84	0.74
	Уборка	92	1.00	0.62
Озимая пшеница	Возобновление вегетации	0	0	0.10
	Выход в трубку	34	0.32	0.20
	Колошение	61	0.58	1.00
	Цветение	68	0.65	1.00
	Молочная спелость	80	0.76	0.90
	Восковая спелость	95	0.90	0.74
	Уборка	105	1.00	0.62
Ячмень	Всходы	0	0	0
	Третий лист	8	0.09	0.06
	Кущение	15	0.18	0.15
	Выход в трубку	20	0.24	0.26
	Колошение	46	0.54	1.00
	Молочная спелость	58	0.68	0.97
	Восковая Спелость	73	0.86	0.81
	Уборка	85	1.00	0.62

Представление о том, каковы типичные максимальные значения относительной площади листьев, дает таблица 7 (Раунер, 1972; Лархер, 1978; Джоган, Лозинская, 1993), дополнением к которой может служить таблица 8 (Джоган, Лозинская, 1993), где приведены данные о

Таблица 6. Нормированные величины относительной площади листьев $\omega/\omega_{макс}$ в зависимости от времени, нормированного по длине вегетационного периода $\tau/\tau_{вег}$ (Джоган, Лозинская, 1993). **Table 6.** The normalized values of leaves' relative area $\omega/\omega_{макс}$, depending on time, normalized to the length of the vegetation period $\tau/\tau_{вег}$ (Джоган, Лозинская, 1993).

Элементарная геосистема	**Время, $\tau/\tau_{вег}$**						**Литературный источник**
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	
Викоовсяная смесь	0	1.00	0.54	0.10	0.02	0	(Тумас, 1989)
Виноградник	0.02	0.19	0.71	1.00	0.95	0.77	(Тертерян, 1975)
Зерновые	0	0.21	0.51	0.99	0.81	0.27	(Раунер, 1972)
Капуста поздняя	0	0.24	0.50	1.00	0.66	0.55	(Тумас, 1989)
Картофель	0	0.36	0.78	0.98	0.76	0.26	(Ничипорович, 1956; Гэлстон, Девис, Сэттер, 1983)
Ковыльно-прямо-костровая ассоци-ация луговой степи	0	0.31	0.83	0.87	0.27	0	(Утехин, Хоант Тьюинг, 1976)
Кукуруза	0	0.09	0.48	0.96	0.98	0.74	(Бусарова, Шумова, 1987; Тумас, 1989)
Лиственные деревья	0.10	1.00	1.00	1.00	0.88	0.10	(Benetin et al, 1986)
Люцерна между укосами	0.05	0.07	0.23	0.43	0.68	1.00	(Джоган, 1990)
Озимая пшеница	0.10	0.15	0.45	1.00	0.85	0.62	(Бусарова, Шумова, 1987)
Озимые	0.07	0.16	0.60	1.00	0.86	0.50	(Ничипорович, 1956; Гэлстон, Девис, Сэттер, 1983; Бусарова, Шумова, 1987)
Подсолнечник	0	0.03	0.35	0.84	1.00	0.83	(Лархер, 1978)
Рис	0	0.51	0.98	0.81	0.46	0.30	(Yabuki, Ishibashi, 1968; Uchijima, 1976)
Свекла	0	0.22	0.58	0.92	0.99	0.86	(Ничипорович, 1956; Гэлстон, Девис, Сэттер, 1983; Тумас, 1989)
Сорго	0	0.11	0.22	0.47	0.77	1.00	(Takeda, Takami, 1970)
Сосна	0.69	0.68	0.66	0.99	0.81	0.68	(Stewart, 1988)
Хлопчатник	0.04	0.29	0.79	1.00	1.00	0.07	(Муминов, 1970; Минаева, 1975; Джоган, 1990)
Яровая пшеница	0	0.24	0.81	1.00	0.84	0.62	(Бусарова, Шумова, 1987)
Ячмень	0	0.19	0.48	1.00	0.84	0.62	(Ничипорович, 1956; Гэлстон, Девис, Сэттер, 1983; Бусарова, Шумова, 1987; Выгодская, Горшкова, 1987; Тумас, 1989)

средней дате начала периода вегетации, его длительности и типичных максимальных значениях относительной площади листьев разных культур Центральных черноземных областей. Хотя данные таблицы 8 касаются Центральных черноземных областей, их и данные таблиц 6 и 7 без ощутимой ошибки можно распространить на другие регионы, в которых возделывают соответствующие культуры (Шумова, 1994).

Таблица 7. Типичные максимальные значения относительной площади листьев $\omega_{макс}$ для различных видов растений (Раунер, 1972; Лархер, 1978; Джоган, Лозинская, 1993).
Table 7. The typical maximal values of leaves' relative area ω_{msx} for different species. (Раунер, 1972; Лархер, 1978; Джоган, Лозинская, 1993).

Геосистема	$\omega_{макс}$
Болота, марши	7
Бореальные леса	12
Вечнозеленые леса умеренной зоны	12
Заросли сухих кустарников и редколесье из жестколистных деревьев	4
Кустарнички и пустыни	1
Леса, облиственные в период дождей и летнезеленые леса	5
Луга и степи	3.6
Саванны	4
Сухие пустыни и льды	0.5
Тропические леса	8
Тундра и горы	2
Картофель	2.5-3
Кормовая свекла	3
Кормовые травы	3-4
Кукуруза на зерно	2.5-3.5
Кукуруза на силос	3-5
Листовая капуста	3
Овощи	2.5
Огурцы	2.5-3.2
Озимые	3.5
Пастбища и естественные сенокосы	3
Подсолнечник на семена	2.5-3.5
Подсолнечник на силос	2.5-3.5
Поля и плантации	4
Травы многолетние	2.7
Травы однолетние	2.3
Тыква	2.5-3
Яровая пшеница	2-3

Значительные колебания максимальных значений относительной площади листьев также отмечают для полей, занятых одной 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 же агротехники еще сильнее. В одном и том же регионе одновременно можно обнаружить поля с 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.

Таблица 8. Типичные максимальные значения относительной площади листьев $\omega_{макс}$ и периоды вегетации $\tau_{вег}$ (начало и продолжительность, сут) для различных культур Центральных черноземных областей (Джоган, Лозинская, 1993). **Table 8.** The typical maximal values of leaves' relative area ω_{max} and vegetation periods τ_{veg} (their start and duration, days) for different crops of the Central Black Earth Regions (Джоган, Лозинская, 1993).

Геосистема	$\omega_{макс}$	$\tau_{вег}$
Вика на зерно	3	28.04 (120)
Горох	5.6	6.05 (80)
Гречиха	7	1.06 (70)
Капуста	2	17.05 (60)
Картофель	2.5	26.05 (90)
Клевер (возобновление вегетации-1 укос)	3	14.04 (64)
Клевер (1-2 укос)	2.5	16.06 (73)
Клевер после 2 укоса	–	(33)
Конопля	4	15.05 (145)
Кормовая свекла	3	5.05 (95)
Кукуруза на зерно	2.5	20.05 (100)
Кукуруза на силос	4	19.05 (73)
Лиственный лес	8	8.05 (174)
Лиственный лес, $\omega_{макс}$	–	20.05 (131)
Люпин	3	5.05 (150)
Люцерна (возобновление вегетации-1 укос)	4	13.04 (66)
Люцерна (1-2 укос)	3.2	17.06 (52)
Люцерна (2-3 укос)	2.8	7.08 (64)
Овес	4	1.05 (90)
Огурцы	2.5	5.06 (77)
Однолетние травы	2.6	10.05 (110)
Озимая пшеница (от посева до прекращения вегетации)	–	9.09 (49)
Озимая пшеница (от возобновления вегетации до уборки)	3.5	9.04 (109)
Озимая рожь (от посева до прекращения вегетации)	–	13.09 (45)
Озимая рожь (от возобновления вегетации до уборки)	3.5	9.04 (108)
Подсолнечник	3	15.05 (100)
Помидоры	2.5	24.05 (90)
Просо	3	28.05 (90)
Рапс	3	3.05 (63)
Сад	6	18.04 (180)
Сад, $\omega_{макс}$	–	10.05 (150)
Сахарная свекла	8.2	10.05 (110)
Сорго на зерно	3	30.05 (98)
Яровая пшеница	3.5	28.04 (90)
Ячмень	3.5	6.05 (84)

Некоторое представление о межгодовой изменчивости максимальных значений относительной площади листьев $\omega_{макс}$ яровой пшеницы дают кривые обеспеченности,

представленные на рисунке 4, а также их средние значения и статистические характеристики (табл. 9). Обеспеченность определялась по соотношению (Клибашев, Горошков, 1970):

$$P = \frac{m - 0.4}{n + 0.2} 100\% \quad (9),$$

где m − номер члена ряда, расположенного в порядке убывания; n − число членов ряда.

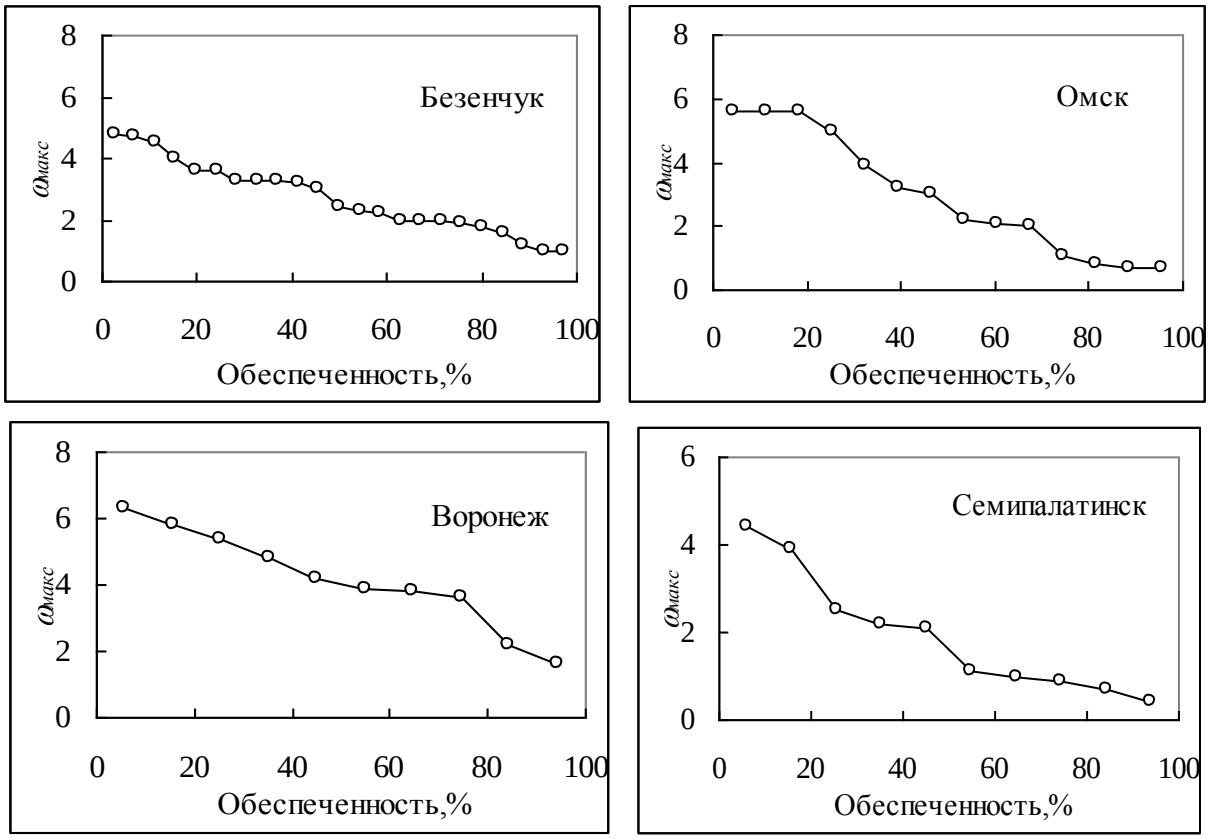


Рис. 4. Кривые обеспеченности максимальных величин относительной площади листьев $\omega_{макс}$ (Шумова, 2010). **Fig. 4.** The curves of security of leaves' relative area maximal values ω_{max} (Шумова, 2010).

Среднее квадратическое отклонение σ и коэффициент вариации C_v, представленные в таблице 9, определяли по стандартным статистическим формулам, принятым в гидрологии (Клибашев, Горошков, 1970).

Средние многолетние значения максимальных величин относительной площади листьев посевов яровой пшеницы для агрометеорологических станций Безенчук, Омск, Воронеж, Семипалатинск изменяются от 4.2 до 1.9 в зависимости от погодных условий и засушливости территории, среднее квадратическое отклонение находится в пределах 1.1-1.9 (Шумова, 2010). По данным А.А. Ничипоровича (1956), оптимальными максимальными значениями относительной площади листьев для сельскохозяйственных культур можно считать 4-5.

Продолжительность вегетационного периода можно оценить, исходя из климатоэкологического принципа классификации растений П.И. Колоскова (1947) и В.Н. Степанова (1957). Согласно этим работам, по продолжительности вегетационного периода растения разделены на семь групп со средней продолжительностью вегетации: 60-80, 80-100, 100-120, 120-140, 140-160, 160-180 и более 180 дней.

Таблица 9. Межгодовая изменчивость максимальных величин относительной площади листьев посевов яровой пшеницы $\omega_{макс}$. **Table 9.** The interannual changes of summer wheat leaves relative area maximal values ω_{max}.

Агрометеорологическая станция	Число случаев	$\overline{\omega}_{макс}$	σ	C_v
Безенчук	23	2.7	1.1	0.41
Омск	14	3.0	1.9	0.63
Воронеж	10	4.2	1.5	0.36
Семипалатинск	10	1.9	1.4	0.74

По потребности в тепле, выраженной в суммах активных температур воздуха (сумма среднесуточных температур воздуха за период с устойчивой температурой воздуха выше 10°С), также выделено семь групп растений с интервалом в 400°С. Растения умеренного пояса разделены на следующие группы: 800-1200°С, 1200-1600°С, 1600-2000°С, 2000-2400°С, 2400-2800°С, 2800-3200°С и более 3200°С. Пользуясь классификацией П.И. Колоскова или В.Н. Степанова, каждую культуру можно характеризовать численными показателями, приведенными в таблице 10 (Шульгин, 1978). Таким образом, оценить продолжительность вегетационного периода можно, ориентируясь на данные по температуре воздуха исследуемого региона и на данные таблицы 10 о потребности в тепле возделываемой культуры.

Кроме того, в агрометеорологии накоплен определенный опыт использования зависимости дат прохождения основных фаз развития растений от суммы активных температур воздуха (Руководство, 1955; Шиголев, Пономарев, 1958; Будаговский, 1960; Шумова, 1994). В таблице 11 приведены средние значения сумм активных температур воздуха в основные фазы развития яровой пшеницы (Шумова, 1994). В работе А.И. Будаговского (1960) приведена аналогичная таблица для озимых и яровых культур. Время и суммы температур для яровых отсчитываются со дня появления всходов, для озимых – со дня возобновления вегетации (табл. 12).

В работе (Гусев, Бусарова, 1998) рассмотрен метод расчета динамики относительной площади листьев злаковых культур, основанный на использовании стандартной гидрометеорологической информации. При этом учтено, что в условиях достаточного увлажнения относительная площадь листьев конкретной культуры в течение периода вегетации изменяется в оптимальном режиме по некоторой заданной «генетической» программе. Темп такой изменчивости определяется биологическим временем, связанным с суммой среднесуточных положительных температур воздуха. Влияние недостаточности увлажнения учитывается введением функции стресса, которая определяется через отношение фактической транспирации к потенциальной.

Вегетационный период условно делится на пять характерных этапов, в пределах каждого из которых можно принять скорость прироста относительной площади листьев постоянной. Временные границы этих этапов лишь приблизительно согласуются с соответствующими фазами развития растений. В таблице 13 представлены величины относительной площади листьев злаковых культур, развивающихся в оптимальных условиях, и суммы среднесуточных положительных температур воздуха, соответствующие этим этапам (Гусев, Бусарова, 1998).

Таблица 10. Потребность основных сельскохозяйственных культур в тепле (в суммах активных температур) за вегетационный период (Степанов, 1957). **Table 10.** The main crops need (presented as the sums of the effective temperatures) for warmth during the vegetation period (Степанов, 1957).

Культура	Сумма температур, °С
Брюква	1600-2800
Виноград	2100-4000
Египетский хлопчатник	5000-6000
Картофель	1200-2400
Конопля южная	2000-2600
Кукуруза на зерно	2000-3200
Лен на волокно	800-1200
Лук на перо	500-700
Подсолнечник	1200-2400
Просо	1200-2400
Редис	500-700
Рис	2000-3600
Салат	500-700
Сахарная свекла	2000-2600
Сахарный тростник	5000-6000
Сорго	2000-3200
Соя	2000-3200
Столовая свекла	1600-2800
Хлопчатник	2800-3600
Цитрусовые	4000-5000
Чай	4000-5000
Яровая пшеница	1200-2000
Ячмень	800-1600

Заключение

Выполненные обобщения экспериментального материала в сочетании с данными стандартных наблюдений агрометеорологических станций, а также материалы из литературных источников, позволяют получить значения относительной площади листьев подстилающей поверхности с различной степенью точности в зависимости от наличия биометрических данных растительности в исследуемом регионе и учитывая конкретные климатические условия.

Наиболее разработанными являются методы оценки относительной площади листьев агроценозов, в основе которых лежат как материалы наблюдений агрометеорологических станций за высотой и густотой посева, так и обобщенные нормированные зависимости относительной площади листьев сельскохозяйственных культур от времени. В случае полного отсутствия информации о динамике развития агроценоза, оценить относительную площадь листьев можно используя данные о температуре воздуха исследуемой территории.

Обобщение литературных данных по биометрическим характеристикам естественной растительности позволяет оценить:

- изменение относительной площади листьев в течение вегетационного периода,
- максимальные значения относительной площади листьев,

- и определить типичные периоды вегетации (начало и продолжительность) как для отдельных видов растений, так и экосистем в целом.

Таблица 11. Суммы активных (выше 5°С) среднесуточных температур воздуха $\Sigma T_{>5}$ и их средние квадратические отклонения в основные фазы развития яровой пшеницы (Шумова, 1994). **Table 11.** The sums of effective (higher than 5°C) average daily air temperatures $\Sigma T_{>5}$ and their average quadratic deviation in the main phases of the summer wheat growth (Шумова, 1994).

Фаза развития	$\Sigma T_{>5}$, °C
Посев	51 ± 73
Всходы	157 ± 84
Третий лист	296 ± 72
Кущение	380 ± 71
Выход в трубку	524 ± 91
Колошение	864 ± 74
Цветение	965 ± 76
Молочная спелость	1261 ± 95
Восковая спелость	1521 ± 96
Полная спелость	1693 ± 213

Таблица 12. Суммы среднесуточных температур воздуха $\Sigma T_{>0}$ в основные фазы роста яровой и озимой пшеницы (Будаговский, 1960). **Table 12.** The average daily air temperatures sums $\Sigma T_{>0}$ during the main growing phases of summer and winter wheat (Будаговский, 1960).

Фаза развития	**Яровые**		**Озимые**	
	Время, сутки	$\Sigma T_{>0}$, °C	**Время, сутки**	$\Sigma T_{>0}$, °C
Всходы	0	0	–	–
Третий лист	11	–	–	140
Кущение	17	240	–	–
Возобновление вегетации	–	–	0	0
Выход в трубку	31	470	32	270
Колошение	47	790	50	540
Цветение	52	880	60	720
Молочная спелость	64	1140	74	1000
Восковая спелость	77	1450	86	1260
Полная спелость	83	1560	92	1400

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Будаговский А.И. 1960. Водопотребление растений и его связь с гидроклиматическими факторами // Гидроклиматический режим лесостепной и степной зон СССР в засушливые и влажные годы. М.: Издательство АН СССР. С. 5-25.

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

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.

Выгодская Н.Н., Горшкова И.И. 1987. Теория и эксперимент в дистанционных исследованиях растительности. М.: Гидрометеоиздат. 248 с.

Гусев Е.М., Бусарова О.Е. 1998. Моделирование динамики относительной площади листьев злаковых культур // Метеорология и гидрология. № 1. С. 100-107.

Гэлстон А., Девис П., Сэттер Р. 1983. Жизнь зеленого растения. М.: Мир. 550 с.

Джоган Л.Я. 1990. Испарение с орошаемых полей Средней Азии. М.: Наука. 88 с.

Джоган Л.Я., Лозинская Е.А. 1993. Способ осреднения относительной площади листьев при мезомасштабной оценке тепло- и влагообмена подстилающей поверхности с атмосферой // Водные ресурсы. Т. 20. № 6. С. 693-700.

Таблица 13. Суммы среднесуточных положительных температур воздуха ($\Sigma T_{>0}$) с их средними квадратическими отклонениями и относительная площадь листьев (ω) для характерных этапов развития злаковых культур, не испытывающих стресса (Гусев, Бусарова, 1998). **Table 13.** The sums of the average daily positive air temperatures ($\Sigma T_{>0}$) with their average quadratic deviation, and leaves relative area (ω) for specific growth phases of crops, which are not under the influence of any stress (Гусев, Бусарова, 1998).

Культура	**Этап развития**	$\Sigma T_{>0}$	ω
Яровая пшеница	Всходы	300 ± 70	0
	I	670 ± 90	1.2
	II	980 ± 90	4.5
	III	1160 ± 80	5.1
	IV	1340 ± 80	5.1
	V (уборка)	1930 ± 100	3.1
Озимая пшеница	Всходы	50 ± 30	0
	I	400 ± 110	1.3
	II	720 ± 140	4.7
	III	930 ± 160	5.3
	IV	1070 ± 160	5.3
	V (уборка)	1610 ± 240	3.2
Ячмень	Всходы	340 ± 90	0
	I	710 ± 140	1.0
	II	970 ± 110	4.6
	III	1140 ± 100	5.4
	IV	1270 ± 130	5.4
	V (уборка)	1820 ± 130	3.2
Кукуруза	Всходы	620 ± 140	0
	I	1230 ± 190	0.7
	II	1650 ± 230	2.1
	III	2050 ± 230	2.5
	IV	2220 ± 220	2.5
	V (уборка)	2640 ± 220	1.5

Клибашев К.П., Горошков И.Ф. 1970. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеорологическое издательство. 460 с.

Колосков П.И. 1947. Биоклиматическая классификация сельскохозяйственных культур // Агроклиматическое районирование Казахстана. Т. 1. М.-Л.: Издательство Академии наук СССР. С. 91-98.

Лархер В. 1978. Экология растений. М.: Мир. 384 с.

Лопухин Е.А. 1948. О спектральном поглощении радиации хлопчатником // Доклады АН УзбССР. № 9. С. 13-18.

Минаева Е.Н. 1975. Биологические характеристики хлопчатника // Мелиорация земель в Туркменистане. Вып. 2. Ташкент. С. 27-37.

Муминов Ф.А. 1970. Тепловой баланс и формирование урожая хлопчатника // Труды САНИГМИ. Вып. 50 (65). 247 с.

Ничипорович А.А. 1961. О свойствах посевов растений как оптической системы // Физиология растений. Вып. 5. С. 536-546.

Ничипорович А.А. 1956. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев // Тимирязевские чтения. Т. XI. М.: Издательство АН СССР. 94 с.

Раунер Ю.Л. 1972. Тепловой баланс растительного покрова. Л.: Гидрометеоиздат. 206 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 контролю и обработке наблюдений над фазами развития сельскохозяйственных культур. 1955. Л.: Гидрометеоиздат. 108 с.

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.

Степанов В.Н. 1957. Биологическая классификация сельскохозяйственных растений полевой культуры // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. Вып. 2. С. 5-29.

Тертерян Б.А. 1975. Испарение с орошаемых и неорошаемых полей Армянской ССР. Автореферат диссертации на соискание … к.г.н. Баку: ИГ АН АзССР. 21 с.

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.

Тумас Р.А. 1989. Прогнозирование суммарного испарения. Научно-техническая информация. Мелиорация и водное хозяйство // Министерство мелиорации и водного хозяйства БССР. С. 13-19.

Утехин В.Д., Хоант Тьюинг. 1976. Структура и продуктивность фитомассы луговой степи // Биота основных геосистем Центральной лесостепи. М.: Институт географии АН СССР. С. 7-24.

Чирков Ю.И. 1965. Основы долгосрочного агрометеорологического прогноза урожая зерна кукурузы // Метеорология и гидрология. № 9. С. 3-7.

Шиголев А.А., Пономарев Б.П. 1958. О связи числа колосков в колосе яровой пшеницы с агрометеорологическими условиями // Труды ЦИП. Вып. 72. Л. С. 3-11.

Шульгин А.М. 1978. Агрометеорология и агроклиматология. Л.: Гидрометеоиздат. 200 с.

Шумова Н.А. 2010. Закономерности формирования водопотребления и водообеспеченности агроценозов в условиях юга Русской равнины. М.: Наука. 239 с.

Шумова Н.А. 1994. Относительная площадь листьев в расчетах суммарного испарения посевов яровой пшеницы // Водные ресурсы. Т. 21. № 6. С. 697-703.

Benetin J., Novak V., Soltesz A., Steukauerova V. 1986. Intercepcia a jej vplyv na vodnu bilanciu vegetacnej pokryvky // Vodohosp. Roč. Vol. 34. № 1. Pp. 3-24.

Stewart J.B. 1988. Modelling surface conductance of pine forest // Agricultural and Forest Meteorology. Vol. 43. Pp. 19-35.

Takeda K., Takami S. 1970. Radiation regime of sorgo canopy // Photosynthesis and utilization of solar energy. Tokyo. Pp. 22-23.

Uchijima Z. 1976. Microclimate of the rice crop // International Rice Research Institute. Los Banos Philippines. Pp. 115-140.

Yabuki K., Ishibashi A. 1968. Seasonal change of photosynthesis in rice field // Photosynthesis and utilization of solar energy. Tokyo. Pp. 7-10.

THE METHODICAL APPROACHES TO EVALUATION OF THE PLANTS LEAVES' COVER RELATIVE AREA IN AGROCENOSES

© 2017. N.A. Shumova

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

In this article the generalization of the published data of the plants leaves' cover biometrical parameters in agrocenoses is presented. The main index of the plants cover is the leaves' relative area. The method and results of the agrocenosis leaves' relative area measuring are put here in detail. The method of calculating the relative area of the grain crops' leaves, which is based on the usage of standard hydro-meteorological data, is developed. The common vegetation periods (their beginning and duration) and the maximal values of leaves' relative area (for species and geosystems, as well) are presented.

Keywords: leaves' relative area, plants, agrocenoses, active layer.

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2017, том 1, № 1, с. 93-118

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОХРАНА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 574.502.58.470:582.29

СОВРЕМЕННОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ ЛИШАЙНИКОВ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2017 г. Е.Г. Суслова*, Т.Ю. Толпышева, А.В. Русанов***, В.Ю. Румянцев***

**Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет*
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 1
E-mail: lena_susl@mail.ru, vyurum@biogeo.ru
***Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет*
Россия, 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12. E-mail: tolpysheva@mail.ru
****Природоохранный фонд «Верховье»*
Россия, 143026, Московская обл., Одинцовский р-он, п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, д. 6
E-mail: av_rusanov@verhovye.ru

Работы по мониторингу видов лишайников, занесенных в Красную книгу Московской области, поиску их новых местонахождений, а также по выявлению редко встречающихся видов на территории области продолжились сразу после выхода в свет второго издания региональной Красной книги (2008) в целях ее дальнейшего ведения. Мониторинг велся по всей области, в том числе на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), как рефугиумах сохранения биологического разнообразия. За 2010-2016 гг. нами были обследованы практически все действующие, двадцать проектируемых ООПТ областного значения Московской области, а также несколько ООПТ местного значения. В программе Mapinfo составлена база данных (более 400 образцов) и картосхемы находок редких видов лишайников. Анализ картосхем позволил оценить современное распространение ряда видов, их приуроченность к определенным типам растительных сообществ. Самыми распространенными в области оказались виды родов *Usnea* и *Bryoria*. Наиболее часто эти редкие эпифитные лишайники встречаются в пределах Смоленской, Московской и Верхневолжской физико-географических провинций, в западной, северо-западной и северной частях области в Лотошинско-Талдомском и Можайско-Загорском геоботанических округах, где по площади преобладают еловые леса субнеморального (южнотаежного) типа с вкраплением заболоченных хвойных и мелколиственных лесов, переходных и верховых болот. Необходимо продолжить мониторинг наиболее редко встречающихся видов в области для уточнения их статуса или решения вопроса о необходимости включении некоторых редких видов в следующее издание Красной книги Московской области.

Ключевые слова: редкие и охраняемые лишайники, мониторинг, картосхемы находок, охраняемые природные территории (ООПТ), современное распространение, Красная книга Московской области.

Работы по мониторингу редких видов кустистых и листоватых лишайников, которые занесены в Красную книгу Московской области, поиску их новых местонахождений, а также по выявлению видов, которые редко встречаются на территории области, продолжились сразу после выхода в свет второго издания региональной Красной книги Московской области (2008) в целях ее дальнейшего ведения.

Работу вели силами Природоохранного фонда «Верховье» в рамках областных целевых и ведомственных программ Московской области во всех районах области, в том числе на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Эти территории со старовозрастными

насаждениями, ценными природными экосистемами и минимальными нарушениями растительного покрова выступают своеобразными рефугиумами сохранения биологического разнообразия.

Сборы осуществляли разные специалисты, включая Е.Г. Суслову, Т.Ю. Толпышеву, А.В. Русанова, Т.И. Варлыгину, П.В. Воеводина, Н.В. Кондратьеву, Н.В. Пожидаеву, М.В. Парамонову, Н.Г. Кадетова и М.В. Бочарникова.

Помимо натурных обследований и лабораторной обработки сборов были проанализированы образцы гербария биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (MW) и публикации о находках последних десятилетий (Нотов, 2010).

По состоянию на 15 января 2017 года на территории области расположены четыре ООПТ федерального и 234 ООПТ областного значения, в настоящее время продолжается работа по реорганизации действующих и организации новых ООПТ областного значения.

За 2010-2016 гг. нами были обследованы практически все действующие, 20 проектируемых ООПТ областного значения Московской области, а также несколько ООПТ местного значения. Для всех находок фиксировались географические координаты при помощи GPS. Было собрано более 400 особей редких лишайников, все определения которых сделаны Т.Ю. Толпышевой, а несколько образцов определили Е.Э. Мучник и А.А. Заварзин.

Для составления картосхем кроме наших данных были использованы сведения о сборах А.А. Нотова (2010), данные образцов лишайников из гербария МГУ имени М.В. Ломоносова, включая лишайники, собранные в Московской области Л.Г. Бязровым (частично определенные и переопределенные Т.Ю. Толпышевой).

Основными местами большинства находок редких лишайников оказались северные, западные и северо-западные районы: Клинский, Можайский, Волоколамский, Истринский, Лотошинский, Рузский, Сергиево-Посадский, Талдомский, Дмитровский, а также городской округ (г.о.) Шаховская.

Результаты были внесены в компьютерную базу данных (БД) посредством СУБД MS Visual FoxPro 9.0. На основе БД в среде ГИС MapInfo Professional 12.5 составлена серия цифровых карт, чтобы анализировать распространение в Московской области редких видов родов *Usnea, Bryoria, Ramalina, Peltigera* и некоторых других (рис. 1, 3, 4, 6, 8), их приуроченности к определенным типам сообществ и разным древесным породам в различных ООПТ и физико-географических провинциях.

Виды, занесенные в Красную книгу Московской области (2008)

Флавопармелия морщинистая (1)[1] – *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale – с середины 50-х годов XX века была известна в Дмитровском (долина р. Яхромы) и Подольском районах, а в Можайском обнаружена в 2014 г. в осиново-еловых субнеморальных лесах заказника «Леса и болота Ваулинского лесничества» (кварталы 14-16 Тропарёвского участкового лесничества) на старых осинах.

Имшаугия бледнеющая (1) – *Imshaugia aleurites* (Ach.) Fricke – встречается очень редко. В середине XX в. подтверждено нахождение вида в Можайском (д. Починки) и Серпуховском районах в Приокско-Террасном государственном заповеднике (ПТЗ), а в конце XX века вид найден в Луховицком районе (окрестности п. Белоомут). Собран в 2008 г. А.А. Нотовым (2010) на стволах сосен в Госкомплексе «Завидово» на территории Лотошинского района (д. Андрейково – д. Грибаново). Нами обнаружен только однажды на

[1] Здесь и далее в тексте в скобках после названия вида указана категория статуса в Красной книге Московской области (2008). Категории статуса: 1 – виды, находящиеся под угрозой исчезновения, 2 – виды, сокращающиеся в численности, 3 – редкие виды, 4 – виды, неопределенные по статусу.

верховом болоте в Глазовском участковом лесничестве Бородинского лесничества к северу от д. Батынки на стволе сосны: от основания до высоты 1.5 м, на древесине сучка. Вероятно, вид распространен несколько шире, но из-за мелких размеров слоевища некоторые коллекторы (не лихенологи) могут его пропустить.

Плеуростикта блюдчатая (1) – *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Ellis. – в 70-х годах прошлого века вид зарегистрирован в Одинцовском районе на территории Звенигородской биостанции (ЗБС) МГУ, а в 80-90-х гг. найден в Можайском (музей-заповедник «Бородино») и Серебряно-Прудском (ныне – городской округ) между с. Мягкое и п. Серебряные Пруды. За последнее десятилетие обнаружен только у д. Большие Парфёнки Можайского района на старой липе, на высоте около 2.5 м. Поиск этого вида необходим на стволах старых деревьев в южной части Московской области.

Гипогимния трубчатая (3) – *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Hav. – с 1990-х годов вид находили в Истринском, Рузском, Красногорском и Одинцовском районах, а также на территории городов Ивантеевки, Бронниц и Звенигорода (Красная книга …, 2008). В последнее десятилетие лишайник довольно часто встречали на веточках елей и берез в еловых, березово-еловых лесах и по окраинам верховых и переходных болот большинства обследованных заказников и памятников природы западной, северной и восточной частей области. Однако больших скоплений вид не образует, встречаясь единичными экземплярами, и редко представлен 3-5 особями, а еще реже 10 особями на одной ветке. Произрастает чаще в еловых лесах и по окраинам верховых и переходных болот Клинского (Нотов, 2010), Рузского (д. Ивойлово), Можайского (д. Починки, д. Аксентьево, с. Поречье, д. Батынки), Лотошинского и Волоколамского (д. Харланиха) районов. В городском округе Шаховская в окрестностях д. Игнатково вид найден в сфагновом березняке на ветвях елей и сосен. Встречается в ООПТ Талдомского («Маклаковский заказник»), Лотошинского (реорганизуемый заказник «Аринкинский» («Болото Святище») и целого ряда других районов.

Таким образом, по результатам мониторинга в 2010-2016 гг. выявлено, что лишайник в области распространен достаточно широко и потому должен быть переведен в 5-ю категорию редкости, а в будущем, возможно, и вовсе исключен из Красной книги области.

Анаптихия реснитчатая (3) – *Anaptychia ciliaris* (L.) Koerb – ранее встречалась в области довольно широко: по данным Красной книги Московской области (2008), известно около 25 находок в 11 районах и в ряде городов с конца XVIII – начала XIX в. В 1990-х этот лишайник собирали в Истринском, Можайском, Одинцовском, Рузском районах. Нами в последнее десятилетие *Anaptychia* была найдена только в пяти пунктах в старовозрастных сырых разреженных лесах с участием осины, в том числе у д. Большие Парфёнки Можайского района (2014 г.) на старой осине на высоте 1.5 м (около 30 слоевищ небольшого размера). В последние годы (2015 г.) вид отмечен в Можайском районе в сырых и заболоченных лесах заказника «Смешанный лес с преобладанием дуба» на старых осинах на высоте 2.5-10 м, а в Лотошинском обнаружен в сырых и заболоченных лесах реорганизуемого заказника «Аринкинский» («Болото Святище») на стволах старых осин. В 2016 г. вид зарегистрирован в сырых и заболоченных лесах заказника «Комплекс старых ельников с переходным болотом» в Клинском районе, а также на старых осинах на территории зубрового питомника в ПТЗ.

Уснея рыжеющая (1) – *Usnea fulvoreagens* (Räs.) Räs – в 1995 г. найдена только в окрестностях д. Маклаково (Талдомский район) и в Истринском районе (д. Лукино и д. Вельяминово; Красная книга …, 2008). За последние семь лет нашего мониторинга на территории области вид обнаружен только в 2015 г. в Щёлковском районе, в 1.3 км на северо-восток от д. Хлепетово (21 квартал Фряновского участкового лесничества Московского учебно-опытного лесничества) в елово-березово-сосновом лесу. Однако не все

лихенологии считают этот лишайник самостоятельным видом. Если в Атласе макролишайников Финляндии его выделяют как самостоятельный вид (Stenroos et al., 2011), то во флоре лишайников Скандинавии он – синоним *U. glabrescens* (Nyl. ex Vain.) Vain. ex Räsänen, хотя и под вопросом (Thell, Moberg, 2011). Если признать *U. fulvoreagens* самостоятельным видом, то его можно будет считать одним из наиболее редких среди усней в области.

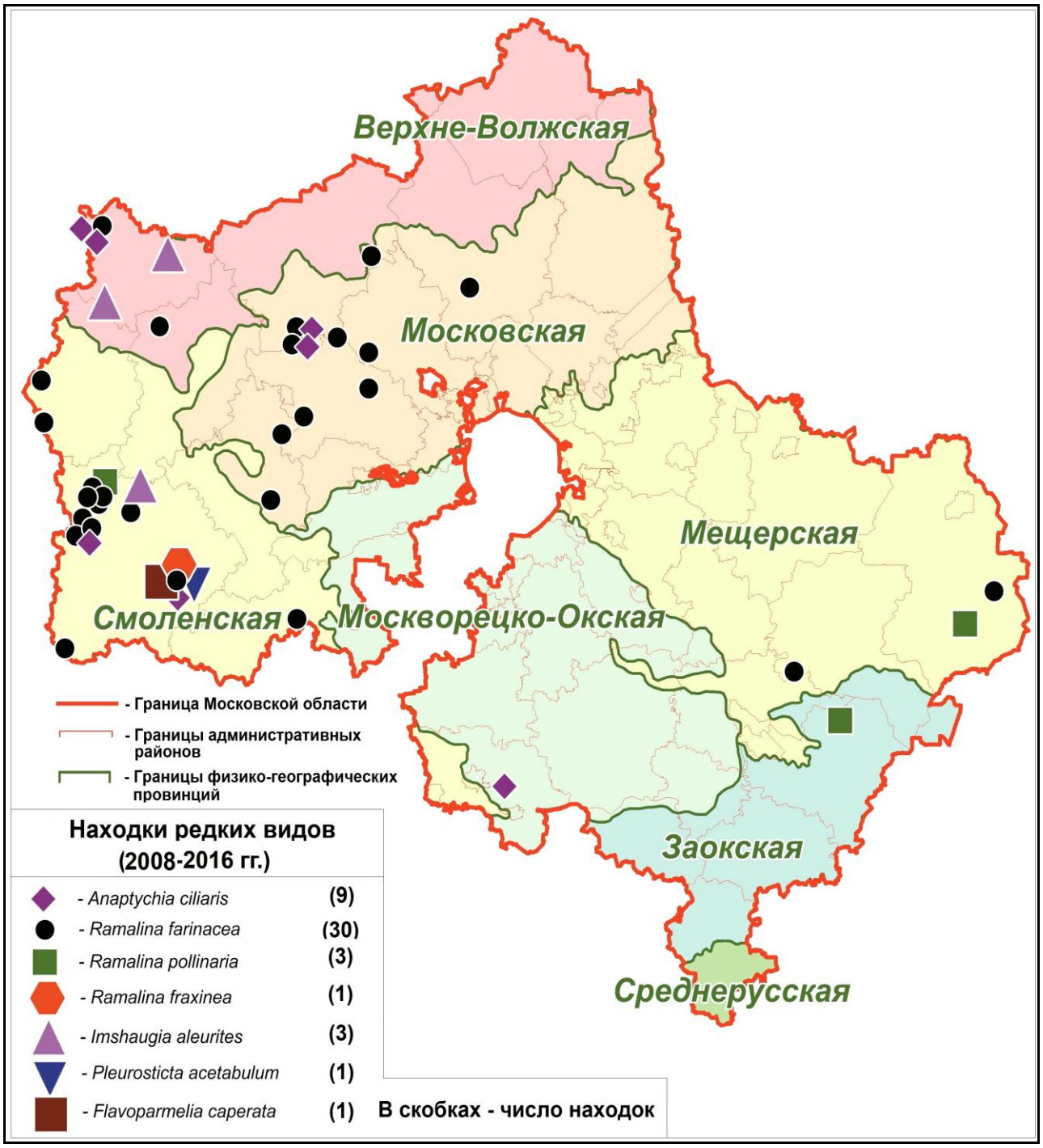


Рис. 1. Точки находок некоторых редких видов лишайников в Московской области за 2008-2016 гг. **Fig. 1.** Places of some rare lichens findings in Moscow region in the period of 2008-2016.

Уснея оголенная (1) – *Usnea glabrata* (Ach.) Vain. – в 1995 г. была найдена в Московской области Л.Г. Бязровым (MW) в окрестностях оз. Глубокое (Рузский район). В сборах последних 10 лет отсутствует.

Уснея жестковолосатая (2) – *Usnea hirta* (L.) Wigg. – по данным Красной книги Московской области (2008), этот вид был распространен достаточно широко, но с середины XX века стал встречаться всё реже. Ранее был указан для Можайского, Талдомского, Дмитровского, Истринского, Одинцовского, Ногинского, Пушкинского, Наро-Фоминского, Серпуховского, Щёлковского районов. А.А. Нотов (2010) находил этот вид лишайника в Клинском и Лотошинском районах на территории Госкомплекса «Завидово» (Грибановское, Александровское, Ошейкинское участковые лесничества).

В настоящее время лишайник встречается в области чаще других видов этого рода (рис. 2). Растет обычно на веточках елей, реже – берез и сосен в лесах таежного типа, в березово-еловых субнеморальных лесах, сырых и заболоченных березовых, осиновых, елово-сосновых и сосновых лесах, на переходных и верховых болотах в основном в западных и северных районах области (Смоленская, Московская, Верхневолжская физико-географические провинции). Отмечен также в некоторых сообществах Мещёрской и Москворецко-Окской провинций. Обычно приурочен к более открытым местообитаниям, в отличие от других видов этого рода, на что обращали внимание и другие исследователи (Thell, Moberg, 2011).

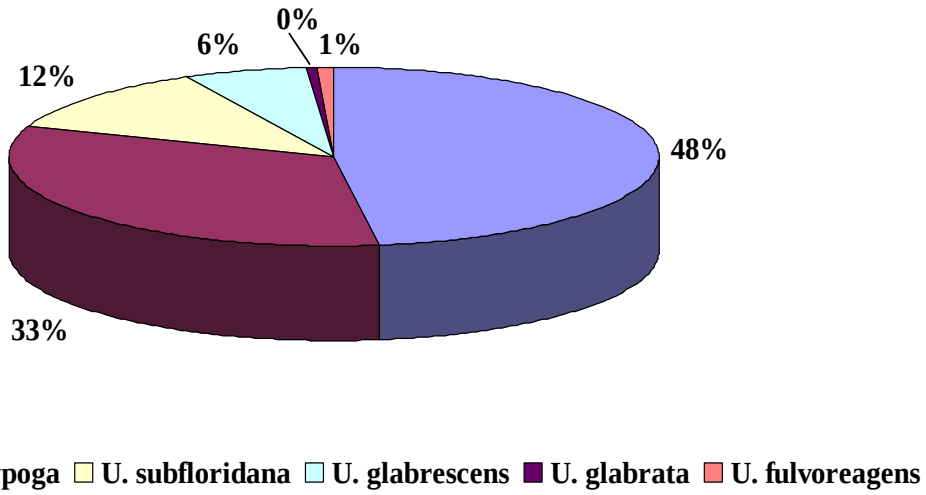


Рис. 2. Соотношение (%) числа находок разных видов рода *Usnea* **Fig. 2.** The ratio (%) of different *Usnea* species findings.

В Одинцовском районе найден нами в 2010 г. в квартале 6 Звенигородского участкового лесничества Звенигородского лесничества. Произрастание этого вида подтверждено в лесах на территории Звенигородской биостанции МГУ (ЗБС), где он представлен небольшими единичными экземплярами.

В Можайском районе в 2010-2013 гг. вид находили в основном в лесах Бородинского лесничества (Дровнинского, Порецкого, Глазовского, Дровнинского, Мокровского и Ново-Покровского участковых лесничеств). В окрестностях с. Поречье лишайник нередок на территории заказника «Лиственничные насаждения в Порецком лесничестве» в кварталах со старыми Тюрмеровскими лесокультурами и по краю лесокультур в сероольшанике с елью по берегу р. Песочни. Собран в парке «Поречье» на сухой черёмухе в пойме р. Иночь. В окрестностях д. Астафьево и д. Махово отмечен на березах в сосново-еловых лесах,

окружающих переходные и верховые болота, кроме того найден в лесном массиве к северу от д. Кубаревка.

Впервые в эти годы вид был отмечен для городского округа Шаховская (Ново-Александровское и Красногорское участковое лесничество Волоколамского лесничества) на елях и березах, причем здесь он встречался заметно чаще, чем другие виды этого рода. В Волоколамском районе *U. hirta* встречен в лесах Осташевского участкового лесничества Волоколамского лесничества (квартал 38) вокруг сфагнового болота в 2 км к югу от д. Середниково. Были найдены новые местонахождения и в Клинском районе недалеко от д. Семенково (окрестности п. Нудоль) на верховом болоте на стволах сосен, на болотах в заказнике «Леса западной части Борщевского лесничества».

Лишайник встречен нами в елово-березовом лесу в окрестностях д. Ивойлово Рузского района. В городском округе Шаховская в окрестностях д. Игнатково растет в сфагновом березняке, на ветвях елей и сосен, а в Волоколамском – в квартале 43 Спасского участкового лесничества Волоколамского лесничества у д. Ивановское – на верховом болоте.

В Лотошинском районе в 2013-2014 гг. обитает на соснах верховых болот у д. Хилово и д. Рождество у оз. Алпатово, в окрестностях д.д. Введенское и Хранево, а также в заболоченных лесах и на верховых болотах Микулинского участкового лесничества и у д. Харланиха в елово-березовом лесу на веточках ели и березы. В Волоколамском районе вид найден в Кузьминском комплексном заказнике в лесах и на верховом болоте на веточках ели и сосны.

В Дмитровском районе были только редкие находки этого вида в квартале 19 Гарского участкового лесничества Дмитровского лесничества к юго-востоку от д. Быково.

В 2015 г. обнаружен в окрестностях д.д. Золотьково и Мерчалово Наро-Фоминского района (проектируемая ООПТ «Семь ключей») и на ветвях елей на крутом склоне к р. Протве у с. Вышгород, а также в Лотошинском районе в заказнике «Болото Святище» (Аринкинский), в Госкомплексе «Завидово» (часто), в Порецком и Глазовском участковых лесничествах Бородинского лесничества на территории Можайского района, в Маклаковском заказнике на территории Талдомского района, в нескольких заказниках на территории Истринского района («Елово-широколиственный лес на левом берегу реки Болденки», «Елово-широколиственный лес с участием ясеня»), в Клинском районе в заказнике «Комплекс старых ельников с переходным болотом», в Можайском («Сложные ельники Москворецкого лесничества», «Смешанный лес с преобладанием дуба») и в Сергиево-Посадском районе («Переходное болото в Торгашинском лесничестве и прилегающие леса»).

В 2016 г. собрана на ООПТ на территории Можайского, Истринского, Рузского, Одинцовского, Волоколамского, Клинского, Дмитровского, Сергиево-Посадского, Орехово-Зуевского, Шатурского, Серпуховского районов, а также в городских округах Шаховская, Черноголовка, Егорьевск (табл. 1). Возможно изменение категории статуса этого вида в Красной книге со 2-ой на 3-ю.

Уснея почтицветущая (2) – *Usnea subfloridana* Stirt. – в середине XX века была широко распространена на территории области (Голубкова, 1966), сейчас встречается реже. Найдена Л.Г. Бязровым (сборы 1994-1995 гг., MW) у г.п. Решетниково и г.п. Высоковска Клинского района. Приводится в публикации А.А. Нотова (2010) для еловых с сосной и березой и еловых с липой и черной ольхой лесов территорий Госкомплекса «Завидово» в Клинском и Лотошинском районах.

В 2012 году найдена на территории Можайского района в Ново-Покровском участковом лесничестве Бородинского лесничества к юго-западу от д. Татариново и в квартале 92 Можайского участкового лесничества на сухой рябине на опушке дубово-елово-ольхового леса. Размеры слоевищ – от 4 до 6 см. Выявлена в этом же районе на веточках елей на верховых болотах в 27-28 кварталах Глазовского участкового лесничества к северу от

д. Батынки и в лесах парка «Поречье».

Этот вид встречен в 2014 г. на просеке в елово-березовом лесу с кленом и дубом на стволе ивы козьей в Дмитровском районе к юго-западу от д. Дьяково. В конце 2015 г. собран в еловых лесах памятника природы «Озеро Нерское, Долгое, Круглое и их ближайшее окружение».

В 2015-2016 гг. вид найден на веточках елей на опушке сосново-елового лещинового леса в Клинском районе в окрестностях п. Нудоль («Комплекс старых ельников с переходным болотом»), а также в Можайском районе в памятнике природы «Истоки Москвы-реки» не стволе молодой березы на Старьковом болоте. Найден в пределах реорганизуемого заказника «Аринкинский» («Болото Святище») в Лотошинском районе на низинном болоте с отмершими елями и берёзами серовейниково-тростниковом, на ветвях сухой ели.

Таблица 1. Места находок *Usnea hirta* за полевой сезон 2016 года. **Table 1.** The places of *Usnea hirta* findings during the period of field studies in 2016.

Государственные природные заказники и памятники природы	**Районы и городские округа**
Леса Теряевского лесничества	Волоколамский
Еловые и смешанные леса Полевщинского лесничества	Истринский
Озеро Тростенское и его окружение	Истринский, Рузский
Комплекс старых ельников с переходным болотом	Клинский
Люльковский комплексный природный заказник (охранная зона)	Можайский
Черноголовский заказник	г.о. Черноголовка
Верховое болото с клюквой в кв. № 31 Доваторского лесничества	Рузский
Озеро Глубокое с прилегающими к нему массивами леса	Рузский, Истринский, Одинцовский
Древняя озерная котловина у села Орешки	Рузский
Озеро Заболотское и его окрестности	Сергиево-Посадский
Комплекс сырых лесов и лесных болот	Сергиево-Посадский
Долина реки Поля с прилегающими лесами	Шатурский, г.о. Егорьевск
Черустинский лес	Шатурский
Истоки р. Иночь	г.о. Шаховская
Долина р. Волгуша и Парамоновский овраг (проектируемый)	Дмитровский
Арюшина гора (проектируемый)	Орехово-Зуевский
Смешанно-широколиственные леса в окрестностях р. Сушка (проектируемый)	Серпуховской

В 2016 г. вид отмечен нами на веточках елей в заказниках и памятниках природы: «Верховое болото с клюквой в квартале 31 Доваторского лесничества», «Истоки р. Иночи»,

«Переходное болото в кварталах 1-3 Большедворского лесничества», «Люльковский комплексный природный заказник» (охранная зона), «Еловые и смешанные леса Полевщинского лесничества». Найден в пределах проектируемых заказников «Арюшина Гора» (Орехово-Зуевский район), «Дубровицкий лес» (городской округ Подольск) и «Смешанно-широколиственные леса в окрестностях р. Сушка» (Серпуховской район). По сведениям Е.Э. Мучник и Д.А. Черепениной (отчет о работе и личное сообщение), растет на старых березах в с. Абрамцево к юго-западу от п. Хотьково.

Уснея нитчатая, или густобородая (1) – *Usnea filipendula* Stirt. [современное название – *Usnea dasypoga* Ach. (Nyl.)] – распространена в области так же широко, как и *U. hirta*. С середины 50-х годов прошлого столетия указана для окрестностей Маклаково (Талдомский район), лесов ЗБС и в районе оз. Глубокое Рузского района (Красная книга Московской …, 2008). В 1995 г. найдена у д. Степаньково городского округа Мытищи и на оз. Глубокое (сборы Л.Г. Бязрова, MW). В 2007-2009 гг. собиралась А.А. Нотовым (2010) в хвойных таежных и сырых черноольховых лесах Госкомплекса «Завидово» в Клинском и Лотошинском районах.

Вид зарегистрирован нами в 2010 г. в Одинцовском районе к западу от д. Фуньково на старой ели в еловом субнеморальном лесу. В 2011 г. найден в окрестностях д. Гальчино на границе Можайского и Наро-Фоминского районов на упавшей ели.

В 2012-2013 гг. вид отмечен в Можайском районе в лесах Можайского участкового лесничества Бородинского лесничества (квартал 83), а также в субнеморальных лесах в окрестностях д. Люльки и Кусково и в квартале 119 Порецкого участкового лесничества того же лесничества. Слоевища найденных лишайников хорошо развиты, но мельче, чем отмечалось у представителей этого вида в 50-х годах XX в. В Можайском районе отмечен в парке «Поречье» на веточках березы в склоновом сыром лесу в долине р. Иночь, в березово-еловых лесах Ново-Покровского участкового лесничества Бородинского лесничества в окрестностях д. Михалево.

В Волоколамском районе к югу от д. Середниково обнаружен на верховом болоте на ветвях берез (слоевища небольшие). Зарегистрирован в 2013 г. в окрестностях д. Ивойлово Рузского района и у д. Кушелево в березово-еловом лесу по краю заболоченного, в прошлом горевшего соснового леса в Лотошинском районе. В Дмитровском районе в эти годы встречен в квартале 43 Рогачевского участкового лесничества Дмитровского лесничества к северу от д. Говейново в сосново-еловом лесу. В Наро-Фоминском районе растет на ветвях елей на крутом склоне к р. Протве у с. Вышгород и у д. Золотьково (проектируемая ООПТ «Семь ключей»).

В 2014-2015 гг. вид собран в Дмитровском районе у д. Дьяково на стволе клена на просеке в елово-березовом лесу с кленом и дубом лещиновом, а также в березово-еловом с сосной лесу в Щёлковском районе северо-восточнее д. Хлепетово (квартал 21 Фряновского участкового лесничества Московского учебно-опытного лесничества) в заказнике «Кварталы 4, 5, 6 и 21 Фряновского лесничества».

В Сергиево-Посадском районе растет на стволе ольхи черной в заказнике «Дубненский левобережный» недалеко от д.д. Горы и Окаёмово, а также в заказнике «Озеро Заболотское и его окрестности», а в Талдомском районе найден в Маклаковском заказнике у д. Юрино в еловом лесу и на сплавине оз. Сальковского на стволах сосны и ольхи черной.

В 2016 г. вид выявлен на ООПТ Истринского, Рузского, Одинцовского, Клинского, Солнечногорского, Дмитровского, Павлово-Посадского, Сергиево-Посадского, Орехово-Зуевского, Шатурского районов, а также в городских округах Шаховская, Черноголовка (табл. 2). По сведениям Е.Э. Мучник и Д.А. Черепениной (отчет о работе и личное сообщение), также растет на старых липах в парке у с. Абрамцево к юго-западу от п. Хотьково. Таким образом, в настоящее время известно не менее 50 населенных пунктов, в

окрестностях которых встречается этот лишайник.

Уснея лапландская (1) – *Usnea lapponica* Vain. – ранее было известно семь местонахождений этого вида в области: в 1995 году была собрана Л.Г. Бязровым в Истринском районе (д. Лукино) и в Одинцовском районе в окрестностях с. Шарапово. Также вид отмечен в Истринском районе (д. Лукино) и в г. Бронницы (Красная книга Московской …, 2008). В последние годы найден нами только однажды на веточках довольно молодой березы, растущей на обширной поляне в заказнике «Леса и болота Ваулинского лесничества» в Можайском районе к западу от д. Починки.

Таблица 2. Места находок *Usnea dasypoga* за полевой сезон 2016 года. **Table 2.** The places of *Usnea dasypoga* findings during the period of field studies in 2016.

Государственные природные заказники и памятники природы	**Районы и городские округа**
Еловые и смешанные леса Полевщинского лесничества	Истринский
Тростенское озеро и его окружение в радиусе 3 км	Истринский, Рузский
Комплекс старых ельников с переходным болотом	Клинский
Черноголовский заказник	г.о. Черноголовка
Переходное болото в кв. №1-3 лесничества Большедворское	Павлово-Посадский
Верховое болото с клюквой в кв. №31 лесничества Доваторское	Рузский
Озеро Глубокое с прилегающими к нему массивами леса	Рузский, Истринский, Одинцовский
Древняя озерная котловина у села Орешки	Рузский
Озеро Заболотское и его окрестности	Сергиево-Посадский
Парк Середниково	Солнечногорский
Черустинский лес	Шатурский
Истоки р. Иночь	г.о. Шаховская
Долина р. Волгуша и Парамоновский овраг (проектируемый заказник)	Дмитровский
Арюшина гора (проектируемый заказник)	Орехово-Зуевский

Уснея оголяющаяся (1) – *Usnea glabrescens* (Nyl. ex Vain.) Vain. – встречается в области довольно редко. По сведениям А.А. Нотова (2010), обитает в Лотошинском районе в черте Госкомплекса «Завидово» на ветвях липы в ельнике с ольхой черной и липой. Найден в Можайском районе в сосново-березовом лесу в квартале 119 Порецкого участкового лесничества Бородинского лесничества на ели. В 2013 г. обнаружен на ветвях старой сосны на высокой пойме р. Москвы в Рузском районе напротив д. Красный стан, а в Волоколамском районе в Кузьминском комплексном заказнике собран в сосново-елово-березовом лесу на веточках ели.

Осенью 2014 г. зарегистрирован в березово-еловом с сосной лесу в Щелковском районе, в 1.3 км на северо-восток от д. Хлепетово (квартал 21 Фряновского участкового лесничества Московского учебно-опытного лесничества) в заказнике «Кварталы 4, 5, 6 и 21 Фряновского

лесничества», в 2015 г. в ельнике с березой, осиной и ивой козьей на стволе ивы козьей в заказнике «Комплекс старых ельников с переходным болотом» на территории Клинского района (п.п. Нудоль и Нарынка), а также в еловом лесу в Сергиево-Посадском районе у д. Новиково. В Истринском районе обнаружен в еловом лесу на сухой ели в заказнике «Долина р. Малая Истра» в окрестностях д. Котово, в 2016 г. отмечен в ельнике с березой, осиной и ивой козьей на стволе ивы козьей в лесах на территории Клинского района (Нудольское участковое лесничество), а также в заказнике «Черноголовский заказник».

В настоящее время известно не менее девяти населенных пунктов, для окрестностей которых указан этот лишайник; а охраняется он на семи ООПТ Московской области.

Рамалина мучнистая (2) – *Ramalina farinacea* (L.) Ach. – по данным Красной книги Московской области (2008), известно 15 точек находок этого вида в нескольких районах области. Большинство из них приурочено к юго-западной части Подмосковья. В 2008 г. вид найден А.А. Нотовым (2010) на стволе старой березы в березняке вейниково-черничном с елью и осиной в Лотошинском районе на территории Госкомплекса «Завидово».

В настоящее время лишайник отмечен нами (34 пункта сбора) как периодически встречающийся в различных районах области на старых дубах, осинах (группами на стволах на высоте от 2 м и выше), иве козьей (ветви и стволы), реже – единично на веточках ели.

Обнаружен в 2010 г. на стволе старого дуба в окрестностях д. Порядино (Ташировское с.п.) на территории Наро-Фоминского района. Этот вид в 2011 г. впервые отмечен для Шаховского района (ныне городской округ Шаховская) на территории заказника «Коренные ельники с клюквенными сфагновыми болотами» в елово-сероольховом лесу на ольхе и соснах, а также во влажном елово-березовом лесу с участием сосны на березах и елях.

В 2012 году этот вид рамалины собран в Можайском районе на окраине лесного массива, в двух километрах к юго-западу от д. Стеблево на старых липах с диаметром стволов более 1 м. Нередко встречается в окрестностях с. Поречье на старых дубах и липах в парке «Поречье» и к западу от д. Глядково на территории заказника «Лиственничные насаждения в Порецком лесничестве» в кварталах со старыми Тюрмеровскими лесокультурами и по краю лесокультур – в сероольшанике с елью на берегу р. Песочни (на ветвях елей). Найден в Можайском районе – также в еловом субнеморальном лесу в окрестностях д. Аксентьево и в квартале 28 Колоцкого участкового лесничества к северо-западу от д. Антоново в старовозрастных сосново-еловых с участием дуба кислично-черничных зеленомошных лесокультурах и на старых липах, клёнах и осинах у д. Большие Парфёнки. Размеры всех особей – средние для этого вида.

Отмечен в 2014-2015 гг. в Можайском районе в квартале 1 Дровнинского участкового лесничества Бородинского лесничества в сырых лесах заказника «Смешанный лес с преобладанием дуба» на старых осинах и дубах. Редко встречается на старых дубах на поляне у д.д. Троица и Бутово в городском округе Егорьевск. Обнаружен на стволе молодого клёна на просеке в елово-березовом лесу с дубом и кленом у д. Дьяково Дмитровского района. Нередко вид встречался в сырых лесах Лотошинского района на осинах в реорганизуемом заказнике Аринкинский («Болото Святище»). По сведениям Е.Э. Мучник и Д.А. Черепениной (отчет о работе 2016 г. и личное сообщение), также произрастает на старых липах и березах у с. Абрамцево к юго-западу от п. Хотьково.

В 2016 г. собрана на ООПТ на территории Истринского, Рузского, Клинского, Шатурского районов, а также в городском округе Шаховская (табл. 3).

Рамалина ясеневая (2) – *Ramalina fraxinea* (L.) Ach. – была известна из Можайского и Дмитровского районов и городского округа Подольский (Красная книга …, 2008). В настоящее время растет на старых березах у д. Большие Парфёнки Можайского района (сборы 2013 г., MW).

Рамалина опыленная (2) – *Ramalina pollinaria* Ach. – ранее встречалась довольно широко, в Красной книге Московской области (2008) приводится около 10 местонахождений вида (Можайский, Рузский, Одинцовский, Подольский районы). В настоящее время встречается в области очень редко. В 2013 г. вид обнаружен нами в парке «Поречье» Можайского района на стволах старых (около 200 лет) дубов, а в 2016 г. – на стволах старых дубов и клёнов в заказнике «Урочище Верёвкин бугор» в Луховицком районе и на стволе старого дуба в заказнике «Леса в пойме реки Ялма» на территории Шатурского района на самой восточной границе области и на липах в старом парке с. Абрамцево (отчет о работе и личное сообщение Е.Э. Мучник и Д.А. Черепениной). Приводится также А.А. Нотовым (2010) для Госкомплекса «Завидово» на территории Лотошинского и Клинского районов, где обитает на стволах старых лип, тополей или осин.

Таблица 3. Места находок *Ramalina farinacea* за полевой сезон 2016 года.
Table 3. *Ramalina farinacea* findings during the period of field studies in 2016.

Государственные природные заказники	Районы и городские округа
Еловые и смешанные леса Полевщинского лесничества	Истринский
Тростенское озеро и его окружение в радиусе 3 км	Истринский, Рузский
Комплекс старых ельников с переходным болотом	Клинский
Люльковский комплексный природный заказник (охранная зона)	Можайский
Древняя озерная котловина у села Орешки	Рузский
Леса в пойме реки Ялма	Шатурский
Черустинский лес	Шатурский
Истоки р. Иночь	г.о. Шаховская

Пельтигера пупырчатая (1) – *Peltigera aphthosa* (L.) Willd. – со второй половины XX в. указывался для Талдомского, Можайского, Клинского, Мытищинского, Одинцовского районов и городских округов Подольск и Мытищи. Обследования этих районов в 1990-х и 2005-2007 гг. не подтвердили наличия вида в ранее известных местообитаниях. В последние два года подтверждено нахождение этого вида в Одинцовском районе на территории ЗБС МГУ и у с. Луцино (MW). В других районах в настоящее время пока не найден.

Виды, занесенные в Список охраняемых таксонов Московской области в 2016 году (О внесении изменений …, 2016)

Бриория волосовидная (3) – *Bryoria capillaris* (Ach.) Brodo et D. Hawksw. – встречается изредка на ветвях елей, стволах ивы козьей. В 2014 г. лишайник найден на ветвях ели в квартале 6 Борщевского участкового лесничества Клинского лесничества в заказнике «Леса западной части Борщёвского лесничества»; в окрестностях с. Введенское и д. Хранево Клинского района, в заболоченных лесах и на верховых болотах Микулинского участкового лесничества Волоколамского лесничества; в Волоколамском районе в Кузьминском комплексном заказнике, на верховом болоте в кварталах 13 и 19 на веточках ели и сосны. В Сергиево-Посадском районе найден на елях в сыром березово-сосново-еловом лесу Торгашинского участкового лесничества у д. Скорынино. В Дмитровском районе обнаружен

в квартале 43 Рогачевского участкового лесничества Дмитровского лесничества к северу от д. Говейново в сосново-еловом лесу. Растет на веточках елей по краю верховых болот в 28 квартале Глазовского участкового лесничества Бородинского лесничества к северу от д. Батынки в Можайском районе. В 2015 г. отмечен в нескольких участках еловых и сосново-еловых сырых и заболоченных лесов Госкомплекса «Завидово», где ранее указывался А.А. Нотовым (2010).

B. capillaris растет на ветвях елей в Одинцовском районе в лесах ЗБС МГУ, Клинском районе в окрестностях п. Нудоль (д.д. Денисово, Никольское, Скрепящево) в заказнике «Комплекс старых ельников с переходным болотом» в кварталах 27, 35 и 37 Нудольского участкового лесничества Клинского лесничества. В Можайском районе лишайник встречается в осиново-еловых сырых лесах в квартале 1 Дровнинского участкового лесничества Бородинского лесничества в заказнике «Смешанный лес с преобладанием дуба» и в еловых старых, поврежденных короедом лесах у д. Поминово в памятнике природы «Земский пруд», в лесах у д. Кубаревка в заказнике «Сложные ельники Москворецкого лесничества».

Вид найден в 2016 г. в Дмитровском районе на стволе старой березы на склоне долины р. Волгуши напротив д. Парамоново, у д. Дьяково на просеке в старом еловом лещиновом лесу, поврежденном короедом-типографом (проектируемый заказник «Долина р. Волгуша и Парамоновский овраг»). Обнаружен также в сырых лесах около оз. Тростенское в заказнике «Тростенское озеро и его окружение…», где достигает длины 25 см. Зарегистрирован в заказниках и памятниках природы «Озеро Глубокое с прилегающими к нему массивами леса», «Еловые и смешанные леса Полевщинского лесничества», около охранной зоны ООПТ «Люльковский комплексный природный заказник». В Сергиево-Посадском районе на территории заказника «Озеро Заболотское и его окрестности» встречается на веточках елей. Этот вид бриории охраняется на территории области как минимум на 33 ООПТ.

Бриория буроватая (3) – *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. [синоним – Бриория сивоватая – *Bryoria subcana* (Nyl. ex Stizenb.) Brodo et D. Hawksw.] – найдена на окраине верхового болота с сосной и елью к северу и в елово-березовом лесу к северо-востоку от д. Ивойлово Рузского района; в Лотошинском районе у д. Харланиха в березово-еловом лесу на веточках ели и березы.

В городском округе Шаховская в окрестностях д. Игнатково растет в сфагновом березняке, на ветвях елей и сосен, а в заказнике «Истоки р. Иночь» у д. Малое Крутое – на ветвях старой лиственницы.

Вид отмечен на веточках елей на верховых болотах в 28 квартале Глазовского участкового лесничества Бородинского лесничества к северу от д. Батынки, в лесах заказника «Участки лесов Глазовского лесничества» в Можайском районе. В том же районе вид найден в заказнике «Сложные ельники Москворецкого лесничества» у д. Кубаревка в ельнике с осиной и в еловых старых, поврежденных короедом лесах у д. Поминово в памятнике природы «Земский пруд». Собран в лесах заказника «Долина Москвы-реки между дер. Красный Стан и Старо-Николаево» в Можайском и Рузском районах. По-прежнему сохраняется в лесах на территории ЗБС МГУ.

В Клинском районе довольно часто растет на елях по окраинам верховых и переходных болот в лесах заказника «Комплекс старых ельников с переходным болотом», а также в лесах Госкомплекса «Завидово», где ранее отмечалась А.А. Нотовым (2010). В 2015-2016 гг. в Клинском районе найден нами на нескольких участках еловых, сосново-еловых сырых и заболоченных лесов Госкомплекса «Завидово», а также на окраине верхового болота с сосной и елью и в елово-березовом лесу на ветвях елей в окрестностях п. Нудоль (д.д. Денисово, Никольское, Скрепящево) в заказнике «Комплекс старых ельников с переходным болотом».

В Лотошинском районе обитает в елово-осиновых сырых лесах на ветвях елей в заказнике «Болото Святище» (Аринкинский) у д.д. Аринькино, Себудово, Канищево. В Сергиево-Посадском районе на территории заказника «Озеро Заболотское и его окрестности» встречается на веточках елей.

В Истринском районе в 2015-2016 гг. найден на сухих и живых елях в еловых с осиной и дубом лесах у п. Котово в заказнике «Долина р. Малая Истра» и заказнике «Елово-широколиственный лес с участием ясеня», а также в заказнике «Еловые и смешанные леса Полевщинского лесничества». В 2016 г. на границе Истринского и Рузского районов обнаружен у д.д. Сафониха и Шебаново на сухих и живых елях в еловых с осиной и дубом лесах на территории заказника «Озеро Тростенское и его окружение …». В Рузском районе встречен в нескольких местообитаниях в заказнике «Озеро Глубокое с прилегающими к нему массивами леса». Собран в 2016 г. в Можайском районе в окрестностях д. Кусково на территории охранной зоны заказника «Люльковский комплексный природный заказник», а в Дмитровском районе – на стволе старой березы на склоне долины р. Волгуши напротив д. Парамоново, в ельниках у д. Дьяково, по краю верхового болота у д. Степаново, у д. Горки 25-е в склоновом еловом лесу на территории проектируемого заказника «Долина р. Волгуша и Парамоновский овраг».

На территории Мещерской физико-географической провинции в Шатурском районе обнаружен в 2016 г. в заказнике «Озеро Белое близ д. Дубасово, кварталы 56 и 61» Белозёрского лесничества на переходном болоте с участками верхового. Охраняется на территории области как минимум в 30 ООПТ.

Бриория пепельная (4) – *Bryoria osteola* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. – встречается только на территории проектируемого природного парка «Верхнерузско-Москворецкий», в том числе в государственном природном заказнике «Хвойные леса в верховьях реки Москвы». Вид найден также на осине во влажном березово-осиново-еловом лесу в городском округе Шаховская, в 6 км к западу от д. Малинки, в Красногорском участковом лесничестве Волоколамского лесничества.

Пельтигера Дегена (4) *Peltigera degenii* Gyeln. – впервые найдена в 2014 г. на мшистых стволах в городском округе Шаховская районе в окрестностях с. Большое Сытьково к западу от д. Неданово. Обнаружена в 2016 г. в Клинском районе в окрестностях п. Нудоль в квартале 35 Нудольского участкового лесничества Клинского лесничества в лесах заказника «Комплекс старых ельников с переходным болотом», в Можайском районе в квартале 126 Колоцкого участкового лесничества Бородинского лесничества.

Пельтигера новомногопалая (4) *Peltigera neopolydactyla* (Gyeln.) Gyeln. – найдена в лесах заказника «Леса западной части Борщевского лесничества» у д.д. М. Борщёвка и Захарово Клинского района в елово-осиново-сосновом лесу на валеже осины, поверх мохового покрова. В Можайском районе растет в березово-еловых лесах заказника «Леса и болота Ваулинского лесничества» и в квартале 28 Глазовского участкового лесничества Бородинского лесничества к северу от д. Батынки. В городском округе Шаховская в окрестностях с. Большое Сытьково, к западу от д. Неданово, в памятнике природы «Коренной ельник Рузского лесничества» найдена на мшистых стволах осин. На востоке области зарегистрирована только в Орехово-Зуевском районе в окрестностях д. Тепёрки на песчаной почве у карьера в елово-сосновом лесу.

В 2015-2016 гг. в Сергиево-Посадском районе обнаружены новые местообитания этого вида – к западу от д. Веригино в заказнике «Озеро Заболотское и его окрестности» и к югу от д. Новиково. В Дмитровском районе этот лишайник в окрестности д. Семенково (проектируемый заказник «Долина р. Волгуша и Парамоновский овраг») рос в мшистом субнеморальном еловом лесу.

Новые редкие виды лишайников

Бриория Фремонти – *Bryoria fremontii* (Tuck.) Brodo et D. Hawksw. – вид занесен в Красную книгу Российской Федерации (3). На территории Московской области отмечен Л.Г. Бязровым в 1994-1995 гг. в «хвойных лесах на левом берегу р. Иночь у с. Поречье» (MW), но нами здесь ни разу не найден. Учитывая, что вид занесен в Красную книгу РФ и редок на территории Подмосковья, его необходимо включить его в Красную книгу Московской области.

Бриория переплетенная – *Bryoria implexa* (Hoffm.) Brodo et D.Hawksw. – встречается довольно редко. В 1976 г. была указана для д. Чашниково Солнечногорского района, но уже в конце 80-х годов там не найдена (Толпышева, 1993). Обнаружена на окраине верхового болота с сосной и елью к северу от д. Ивойлово и в елово-березовом лесу в Волоколамском районе в Кузьминском комплексном заказнике (в лесах и на верховом болоте в кварталах 4, 13, 19 и 21), а также в лесах заказника «Верховья реки Большой Сестры». В квартале 43 Спасского участкового лесничества у д. Ивановское Волоколамского района растет на верховом болоте в квартале 17 Деньковского участкового лесничества Волоколамского лесничества и к северу от д. Шаблыкино. Встречается на веточках елей в квартале 28 Глазовского участкового лесничества Бородинского лесничества к северу от д. Батынки Можайского района, а также в квартале 16 Нестеровского участкового лесничества Звенигородского лесничества в елово-березовом лесу на ели.

В 2015 г. вид найден на нескольких участках еловых и сосново-еловых сырых и заболоченных лесов Госкомплекса «Завидово», где ранее был отмечен А.А. Нотовым (2010). Собран нами на веточках елей в квартале 28 Глазовского участкового лесничества Бородинского лесничества к северу от д. Батынки Можайского района, в том же районе найден в осиново-еловых сырых лесах в квартале 1 Дровнинского участкового лесничества Бородинского лесничества в заказнике «Смешанный лес с преобладанием дуба». В 2016 г. был выявлен только в Клинском районе в заказнике «Комплекс старых ельников с переходным болотом». Подтверждено произрастание вида на территории ЗБС МГУ. Кандидат на занесение в новое издание Красной книги Московской области, так как встречается весьма редко.

Бриория Надворника – *Bryoria nadvornikiana* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. – найдена А.А. Нотовым (2010) в 2007-2009 гг. на ветвях елей на некоторых участках Госкомплекса «Завидово» в Клинском и Лотошинском районах. В других районах области вид пока не отмечен. Редкость вида позволяет рекомендовать его для занесения в новое издание Красной книги Московской области.

Бриория простая – *Bryoria simplicior* (Vain.) Brodo et D. Hawksw. – найдена нами при сборах в Московской области только один раз в 2016 г. в Клинском районе к западу от д. Скрепящево (квартал 36 Нудольского участкового лесничества) в заказнике «Комплекс старых ельников с переходным болотом», в долине ручья среди мелколиственно-елового сыроватого леса на ветвях ели.

Пельтигера Неккери – *Peltigera neckeri* Hepp ex Müll. Arg. – найдена нами при сборах в Московской области лишь два раза в Можайском районе (кварталы 82 и 83 Можайского участкового лесничества Бородинского лесничества) в окрестности д. Криушино

Пельтигера распростертая, или тонкая – *Peltigera extenuata* (Vainio) Lojka. [*Peltigera didactyla var. extenuata* (Nyl. ex Vainio) Goffinet & Hastings] – найдена в Московской области в 2016 г. только к юго-западу от д. Красные луга, недалеко от г. Шатура, в заказнике «Долина реки Поля с прилегающими лесами». Росла на песчаной обочине грунтовой лесной дороги в елово-сосновом лесу. Также отмечена в Дмитровском и Одинцовском районах. В гербарии МГУ (MW) хранится образец из Солнечногорского

района (окрестности д. Чашниково), собранный в 1993 г. и определенный Т.Ю. Толпышевой как *P. erumpens* (Th. Taylor.) Vain. и позднее переопределённый ею как *P. neckeri*. Оба вида: *P. extenuata* и *P. didactyla* – приурочены к одним и тем же местообитаниям, морфологически схожи и в полевых условиях неотличимы. Они предпочитают селиться на песчаной почве, чаще встречаются по нарушенным местообитаниям, например, по обочинам дорог. Из-за своего медленного роста и, как следствие этого, маленьких размеров слоевищ, обладают более низкой конкурентоспособностью, поэтому их легко вытесняют другие растения, например, травы (Толпышева, 2016).

Рамалины (*Ramalina*). В середине XX века виды рода были широко распространены на территории области, предпочитая хорошо освещенные, открытые местообитания и деревья лиственных пород (Голубкова, 1966). За последние 10 лет нам известно о 40 находках рамалин (*Ramalina*) разных видов, наибольшее число которых приходится на *R. farinacea* (32 находки).

Чаще всего *R. farinacea* встречается в западных и северо-западных районах области, в основном в Смоленской, западной части Московской и Верхне-Волжской провинций на стволах старых дубов, лип, осин, ольхи черной и ивы козьей. Редко растет на стволах клена платановидного, сосны, березы, ветвях ивы и ели. Единичные встречи этого вида *Ramalina* отмечены в Мещёрской провинции, где она предпочитает стволы старых дубов. Физиологически вид устойчив к SO_2 (Deltoro et al., 1999).

Некоторые исследователи считают, что это один из наиболее устойчивых видов рода *Ramalina* к загрязнению воздуха (Smith et al., 1992; Dobson, 2011). Не исключено, что его более широкое распространение на территории области, по сравнению с другими видами этого рода, объясняется именно его выносливостью по отношению к этому фактору.

Более редкий вид – *R. pollinaria* – найден в эти годы только на старых дубах и липах в Луховицком и Можайском (в старом парке «Поречье») и Сергиево-Посадском (парк Абрамцево) районах, Лотошинском и Клинском (Госкомплекс «Завидово») районах, а *R. fraxinea* обнаружен лишь на стволах старых берез в Можайском районе (у д. Б. Парфёнки).

Уснеи (*Usnea*). Анализ современного распространения видов рода *Usnea* основан на 244 находках: наши сборы 2010-2016 гг. (198 находок), сборы Л.Г. Бязрова 1994-1995 гг. (MW) и А.А. Нотова (2010). Максимальное число сборов усней приходится на западную и северо-западную части Московской области (Шаховской, Можайский, Рузский, Клинский, Лотошинский, Волоколамский районы, городской округ Шаховская) и приурочено к Смоленской, Московской и Верхне-Волжской физико-географическим провинциям (Анненская и др., 1997), Можайско-Загорскому и Лотошинско-Талдомскому геоботаническим округам.

Большинство видов приурочено к участкам с наибольшими годовыми показателями выпадения осадков, с повышенным увлажнением в моренных, моренно-водноледниковых и водноледниковых ландшафтах в пределах Смоленско-Московской возвышенности. Здесь же отмечали максимальное число находок разных видов этого рода в прошлом.

Наиболее широко встречается вид *U. hirta*, на который и в прошлом приходилось большинство находок (рис. 3). Вид обитает в различных физико-географических провинциях в таежных, обычно сосново-еловых лесах и на переходных болотах с подростом березы пушистой и ели.

На втором месте по распространению – *Usnea dasypoga*, также предпочитающий сырые и влажные еловые и сосновые леса, окраины переходных болот (рис. 4, 5). Эти два вида, вероятно, наиболее устойчивы к загрязнению воздуха и обитают даже в центральных районах области с плотной застройкой (Щёлковский, Одинцовский).

Самыми редкими и чувствительными к влажности и чистоте воздуха оказались *U. glabrata*, *U. lapponica*, *U. subfloridana*, встреченные только в наименее застроенных

западных и северо-западных районах области на соснах или березах. Два первых вида обнаружены только на западе области. Из всех типов сообществ наиболее подходящие условия для развития лишайников данного рода складываются на тех переходных болотах и окраинах верховых болот Лотошинского, Можайского районов и городского округа Шаховская, где в течение нескольких десятилетий не происходило пожаров.

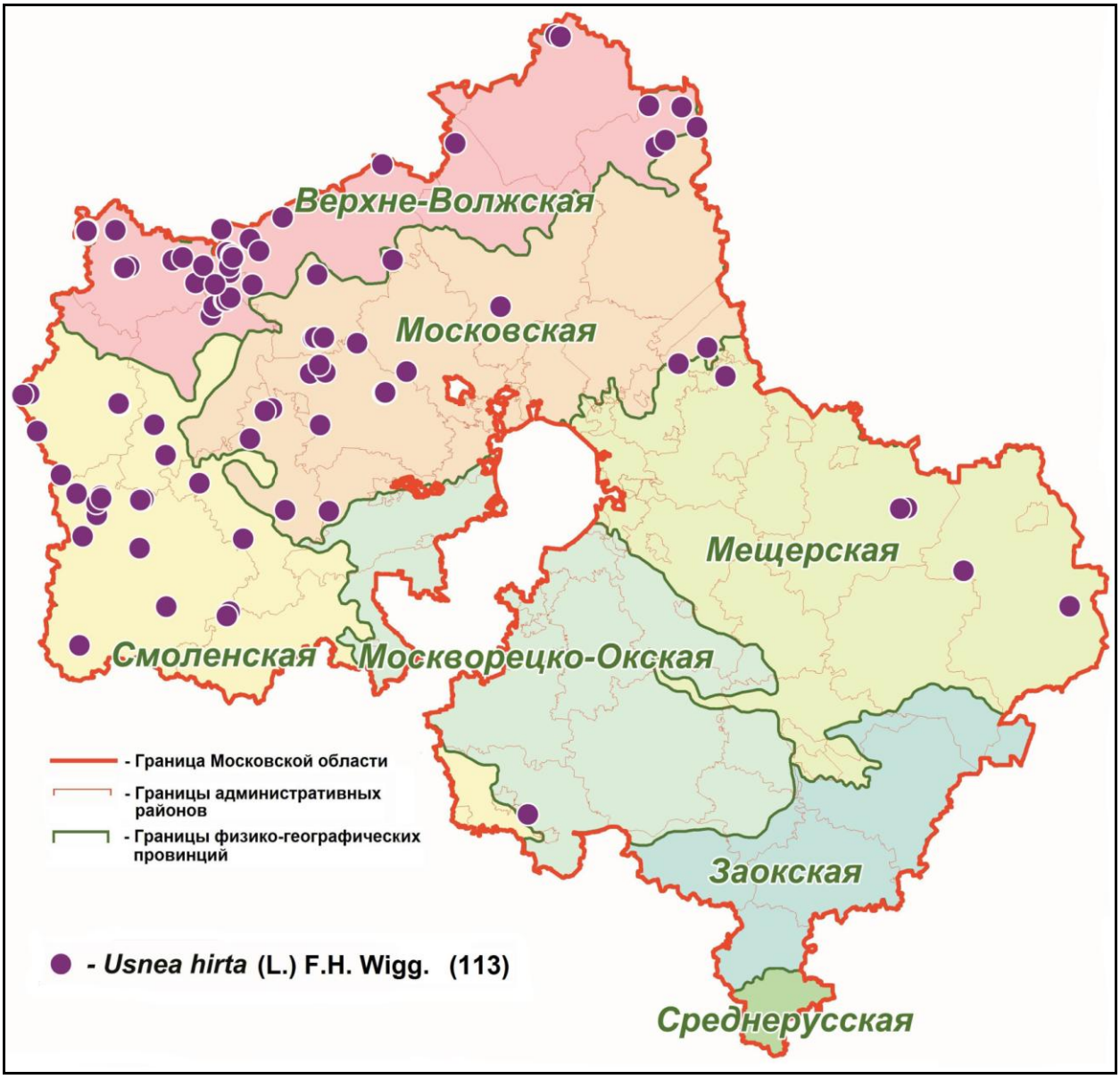


Рис. 3. Современное (1994-2016 гг.) распространение *Usnea hirta* в Московской области.
Fig. 3. Current (1994-2016) distribution of *Usnea hirta* in Moscow region.

Большинство находок разных видов рода *Usnea* связано со старовозрастными и спелыми еловыми и березово-еловыми бореальными и субнеморальными лесами. Все наши виды рода *Usnea* предпочитают сырые и влажные местообитания: верховые и переходные болота с сосной, березой и подростом ели, окраины болот и заболоченные леса. В старых лесокультурах с липой, клёном и осиной эти лишайники развиты и на лиственных деревьях. На ольхе черной в северных районах области изредка встречается *U. dasypoga*, а также *U. subfloridana*.

Рис. 4. Современное распространение *Usnea dasypoga* в Московской области.
Fig. 4. Current distribution of *Usnea dasypoga* in Moscow region.

В подмосковной Мещере находки приурочены к лесам Щёлковского района (граница Московской и Мещерской физико-географических провинций), в Ногинском, Шатурском и Орехово-Зуевском районах находки были единичны и очень редки. Там уснеи найдены даже в довольно сухих биотопах (разреженные елово-сосновые и березово-сосновые леса на легких почвах), но в этом случае они имеют небольшие размеры слоевищ и обитают в нижней части ствола берез.

В южных и восточных районах развитию редких эпифитных лишайников помимо наличия вредных выбросов с предприятий и запыления нижней части тропосферы препятствуют повышенная сухость воздуха в летний период и частые пожары в сосновых

лесах и торфяниках болотных массивов, в том числе преобразованных мелиоративным осушением.

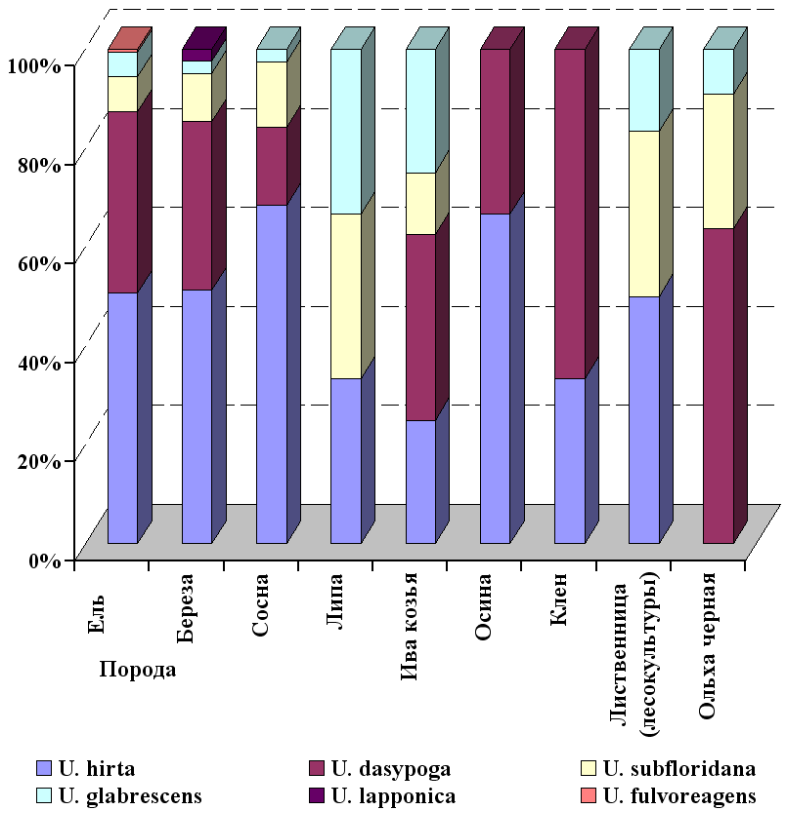


Рис. 5. Доля (%) находок видов рода *Usnea* на деревьях разных пород. **Fig. 5.** The share (%) of *Usnea* species findings on different trees species.

Бриории (Bryoria). Виды рода *Bryori*а не были занесены в Красную книгу Московской области (2008), но по результатам нашего мониторинга было решено уделить им более пристальное внимание.

В Московской области за 2010-2016 гг. нами было собрано 137 образцов видов этого рода, найдено пять видов рода *Bryoria*. Объем видов *Bryoria* указан с учетом современных таксономических данных (Velmala, 2014). Самыми распространенными оказались *B. fuscescens* (42%), *B. capillaris* (34%) и *B. implexa* (18%). В некоторых местообитаниях на ветвях елей или берез встречено более одного вида. Еще один вид бриорий (*B. nadvornikiana*) приводит А.А. Нотов (2010), а в гербарии MW хранится собранный в 1995 г. Л.Г. Бязровым вид – *B. fremontii* (рис. 6).

По результатам мониторинга 2010-2014 гг. было предложено занести *B. fuscescens* (в том числе *B. subcana*) и *B. capillaris* в список охраняемых таксонов области (реализовано Распоряжением Министерства экологии и природопользования Московской области в 2016 году; О внесении …, 2016). Но, как показали дальнейшие исследования (Толпышева и др., 2016), наряду с ними необходимо также включить в новое издание Красной книги области более редко встречающиеся виды: *B. implexa*, *B. nadvornikiana*, *B. simplicior*, *B. osteola* и *B. fremontii*.

Наиболее богаты видами бриорий районы, входящие в Верхне-Волжскую, Московскую и Смоленскую физико-географические провинции (Анненская и др., 1997), в Лотошинско-Талдомский и Можайско-Загорский геоботанические округа (Петров, 1968), где по площади

преобладают еловые леса субнеморального (южнотаежного) типа с вкраплением заболоченных хвойных и мелколиственных лесов, переходных и верховых болот (Огуреева и др., 1996).

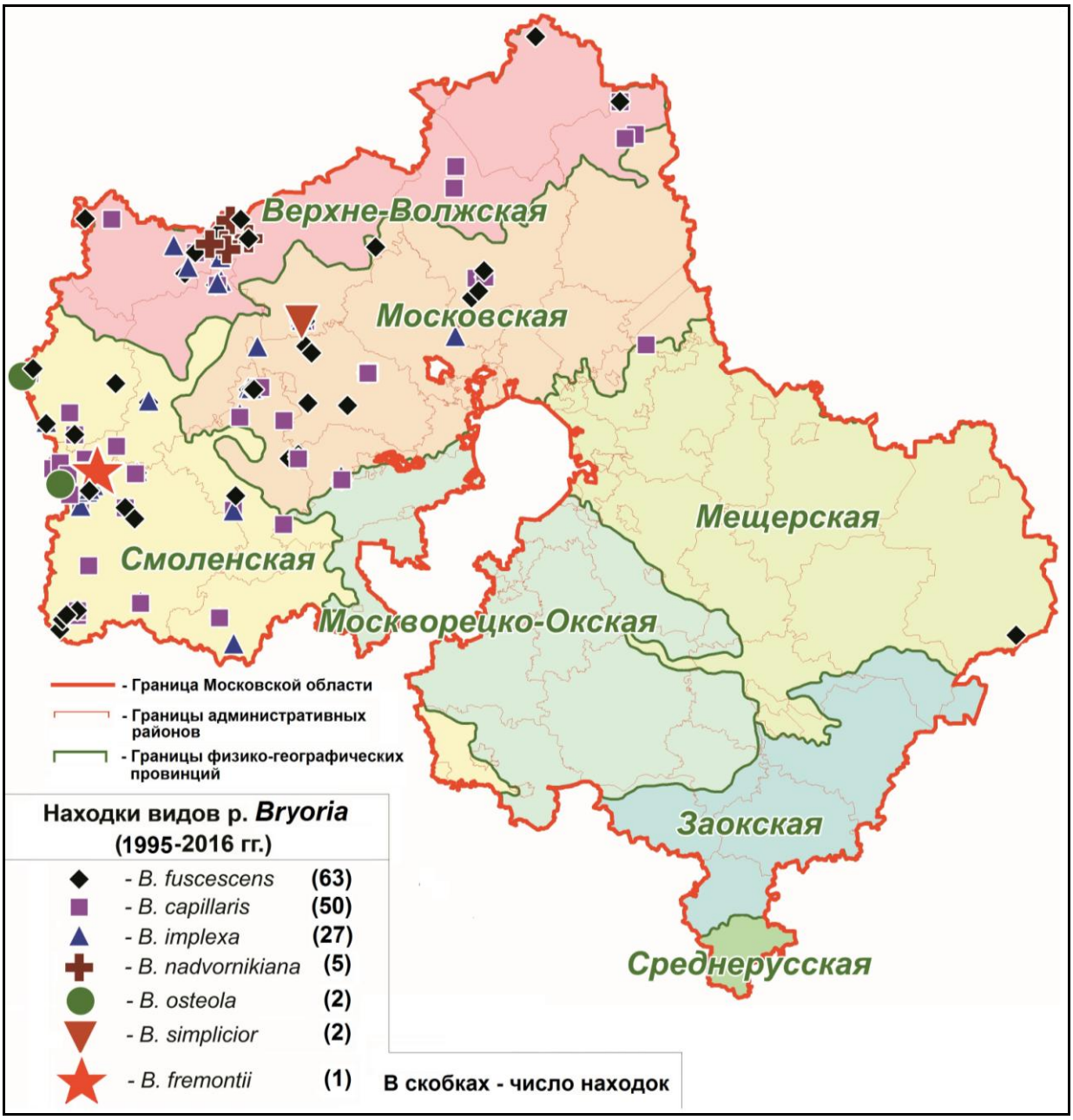


Рис. 6. Распространение видов рода *Bryoria* в Московской области. **Fig. 6.** The distribution of *Bryoria* species in Moscow region.

Как показали наши исследования (Толпышева и др., 2016), основное местообитание видов рода *Bryoria* в Московской области – спелые еловые леса, в том числе трансформированные старовозрастные лесокультуры, где лишайники были собраны с крон упавших, поврежденных короедом-типографом елей.

Бриории встречаются также на верховых и переходных болотах и в елово-березовых лесах. До 70% бриорий встречены в еловых таежных и субнеморальных лесах, почти 30%

находок приходится на заболоченные березовые и елово-березовые леса и окраины болот. Во влажных экотопах эти лишайники встречаются чаще, имеют более крупные талломы (до 35 см), а в смешанных насаждениях и елово-сосновых лесах на песчаных почвах представлены единичными небольшими особями. Из древесных пород бриории предпочитают ель (рис. 7), где развиваются на ветвях преимущественно в средней и верхней части кроны, а в нижней – они растут на тонких сухих веточках. На соснах, березах и иве козьей бриории растут обычно на стволах. Отмечены виды *Bryoria* и на лиственницах в старовозрастных лесокультурах.

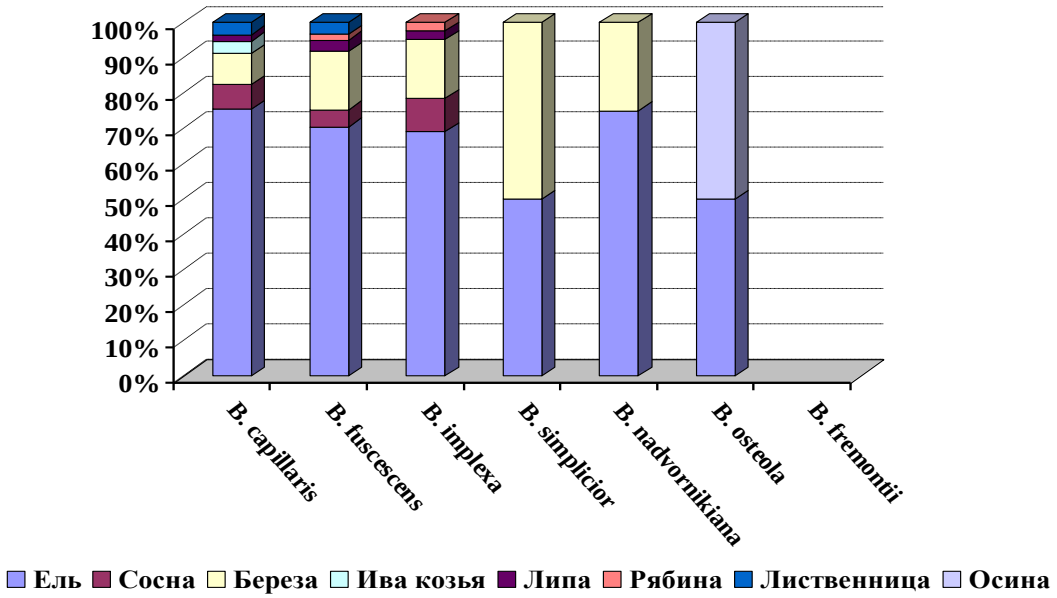


Рис. 7. Доля (%) находок видов рода *Bryoria* на разных древесных породах.
Fig. 7. The share (%) of *Bryoria* species findings on different trees species.

В районах непосредственно прилегающих к Москве, а также на юге Подмосковья, эти лишайники не обнаружены, что, вероятно, объясняется высокой чувствительностью большинства видов этого рода к загрязнению воздуха (Горшков, 1990; Karström, 1992). На юге области климатические условия, и в первую очередь, относительная влажность воздуха, (Мячкова, Сорокина, 1991) для жизни некоторых эпифитных кустистых лишайников менее благоприятны (Мартин, 1982), что также сказывается на развитии этих лишайников. В Мещерской провинции они встречаются крайне редко, слоевища мелкие, часто поврежденные. В окрестностях многих городов области они также по этой причине не встречены.

Пельтигеры (Peltigera). На территории области редкими видами рода *Peltigera* кроме *P. aphthosa* оказались *P. degenii*, *P. neopolydactyla*, недавно занесенные (О внесении …, 2016) в Красную книгу Московской области, а также *P. neckeri* и *P. extenuata* (рис. 8). Практически все образцы пельтигер (16 образцов оказались редкими видами) были собраны в нижней части стволов осин, покрытых мхами, в тенистых сырых хвойных и смешанных лесах.

Заключение

В результате проведенного нами мониторинга редких и охраняемых лишайников к началу 2017 г. были обследованы все районы Московской области. Собрано более 400

гербарных образцов редких и охраняемых видов.

Самыми распространенными в области оказались некоторые виды родов *Usnea* (фото 1, 2) и *Bryoria* (фото 3). Наиболее часто эти редкие эпифитные лишайники встречаются в пределах Смоленской, Московской и Верхне-Волжской физико-географическоих провинций в западной, северо-западной и северной частях области (Можайский, Лотошинский, Клинский, Шаховской, Рузский, Истринский, Сергиево-Посадский и Дмитровский районы), в старовозрастных субнеморальных и таежных влажных, сырых и заболоченных лесах и на окраинах переходных и верховых болот.

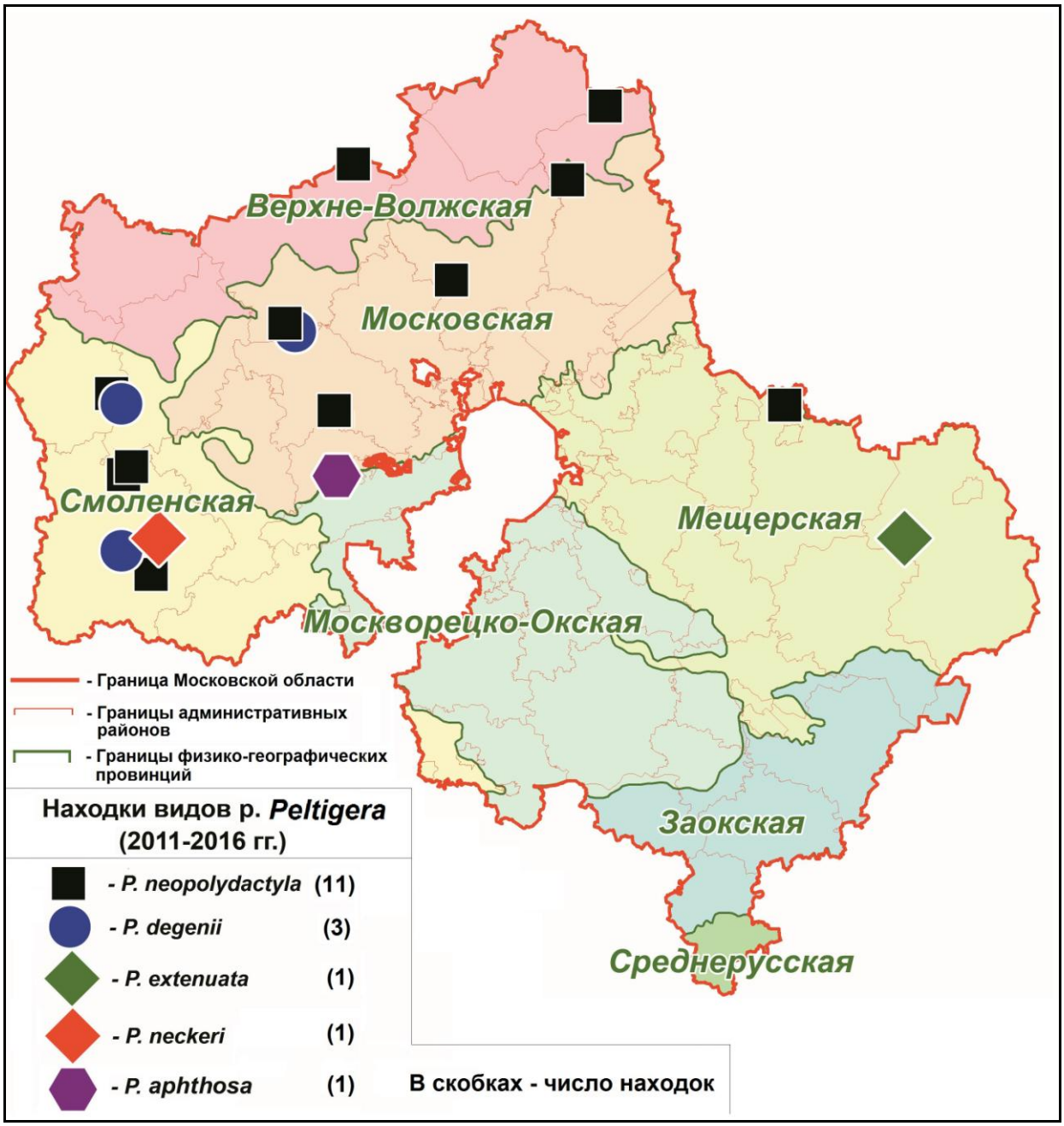


Рис. 8. Находки редких видов рода *Peltigera* в Московской области. **Fig. 8.** The findings of rare *Peltigera* species in Moscow region.

Фото 1. *Usnea hirta* на ветвях сосен в Можайском районе. **Photo 1.** *Usnea hirta* on the pine's branches in Mojaysky District.

Фото 2. *Usnea dasypoga* на стволе березы в Орехово-Зуевском районе.
Photo 2. *Usnea dasypoga* on the birch's trunk in Orekhovo-Zuyevsky District.

Фото 3. *Bryoria capillaris* на ветвях елей в Рузском районе. **Photo 3.** *Bryoria capillaries* on the spruce's branches in Ruzsky District.

В Мещёрской физико-географической провинции очень редко встречаются виды родов *Usnea* и *Ramalina*. В Москворецко-Окской провинции отдельные находки *Usnea* приурочены к лесам ПТЗ. В ближнем Подмосковье и на юге Подмосковья эти виды не найдены.

Так как в настоящее время известно не менее 50 населенных пунктов, в окрестностях которых встречается *U. dasypoga*, необходимо пересмотреть его статус в Красной книге. Возможно также изменение категории статуса *U. hirta* со 2-ой на 3-ю. Если признать *U. fulvoreagens* самостоятельным видом, то его можно будет считать одним из наиболее редких усней в области.

В Подмосковье произрастает 7 видов рода *Bryoria* (наши сборы, гербарий Л.Г. Бязрова (MW); Нотов, 2010). Обращает на себя внимание довольно большое число находок *B. capillaris и B. fuscescens*, найденных в основном в старовозрастных ельниках.

Впервые в сырых лесах на ели и осине Можайского и Шаховского районов, на границе со Смоленской областью найден *B. osteola.* Учитывая редкость *B. implexa*, единичные находки *B. simplicior*, *B. fremontii*, *B. osteola* и *B. nadvornikiana*, необходимо продолжить мониторинг этих видов для решения вопроса о необходимости включении их в следующее издание Красной книги Московской области.

По результатам мониторинга в 2010-2016 гг. оказалось, что *Hypohymnia tubulosa* в области распространен достаточно широко и является очевидным кандидатом на перевод в 5-ю категорию редкости, а в перспективе, возможно на и исключение из региональной Красной книги.

Среди листоватых лишайников рода *Peltigera* особо интересны находки *P. neopolydactyla* и *P. degenii*, занесенных в 2016 г. Красную книгу Московской области. Важно продолжить поиски местообитаний *P. aphthosa* ставшим в области крайне редким, а также решить вопрос о статусе *P. extenuata* и *P. neckeri*.

Принимая во внимание, что находки ряда лишайников (*Imshaugia*, *Pleurosticta*, *Anaptychia*, *Flavoparmelia*, некоторые виды *Ramalina* и пр.) единичны, необходимо продолжить их мониторинг в Московской области.

Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам ПФ «Верховье» за сбор лишайников в Московской области при реализации ряда областных целевых и ведомственных программ Московской области, в том числе: «Комплексное экологическое обследование государственных природных заказников и памятников природы для подготовки материалов по их реорганизации», «Мониторинг состояния растительного и животного мира Московской области для ведения Красной книги Московской области» и других.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Калинина В.Р., Мамай И.И., Низовцев В.А. Хрусталева М.А., Цесельчук Ю.Н. 1997. Ландшафты Московской области и их современное состояние. Смоленск: СГУ. 296 с.

Голубкова Н.С. 1966. Определитель лишайников Средней полосы европейской части СССР. М.-Л.: Наука. 256 с.

Горшков В.В. 1990. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северотаежных лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука. С. 144-159.

Красная книга Московской области (издание второе, дополненное и переработанное). 2008 / Ред. Т.И. Варлыгина, В.А. Зубакин, Н.А. Соболев. М.: Товарищество научных изданий КМК. 828 с.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008 / Составители Р.В. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК. 855 с.

Мартин Ю.Л. 1982. Лихеноиндикация состояния окружающей среды // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. 1. Таллин. С. 27-47.

Мячкова Н.А., Сорокина В.Н. 1991. Климат Московской области. М.: МГУ. 52 с.

Нотов А.А. 2010. Национальный парк «Завидово». Сосудистые растения, мохообразные, лишайники / Ред. В.И. Фертиков. М.: Деловой мир. 367 с.

О внесении изменений в список объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Московской области, утвержденный Министерством экологии и природопользования Московской области от 22.05.2008 № 40-РМ. 2016. Распоряжение Министерства экологии и природопользования Московской области от 11.03.2016 г. № 168 РМ (доступно на сайте http://docs.pravo.ru/document/view/84445524/97062010/).

Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Суслова Е.Г., Швергунова Л.В. 1996. Растительность Московской области. Карта растительности. Масштаб 1:200000. Пояснительный текст и легенда к карте. М.: ЭКОР. 45 с.

Петров В.В. 1968. Новая схема геоботанического районирования Московской области // Вестник Московского университета. Серия 6. Биология, почвоведение. № 5. С. 44-50.

Толпышева Т.Ю. 2016. Виды рода *Peltigera* на территории Московской области // Известия Самарского научного центра РАН. Общая биология. Т. 18. № 2. С. 230-234.

Толпышева Т.Ю. 1993. Изменение лихенофлоры Чашниково (1951-1988) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб: Гидрометиздат. Т. 15. С. 180-192.

Толпышева Т.Ю., Суслова Е.Г., Румянцев В.Ю. 2016. Виды рода *Bryoria* особо охраняемых природных территорий Московской области // Труды Карельского научного центра РАН. Петрозаводск. С. 1-9.

Deltoro V.L., Gimeno C., Calatayud A., Barreno E. 1999. Effects of SO fumigations on photosynthetic CO_2 gas exchange, chlorophyll α fluorescence emission and $a_2$ntioxidant enzymes in the lichens *Evernia prunastri* and *Ramalina farinacea* // Physiologia Plantarum. Vol. 105. Pp. 648-654.

Dobson F.S. 2011. Lichens. An illustrated guide to the British and Irish Species. MPG Books Ltd. Bodmin, Cornwall, England. 496 p.

Karström M. 1992. The project «One step ahead» – a presentation // Svensk Botanisk Tidskrift. Vol. 86. No. 3. Pp. 103-114.

Smith C.W., Aptroot A., Coppins B.J., Fletcher A., Gilbert O.L., James P.W., Wolseley P.A. 1992. The Lichens of Great Britain and Ireland. London. 152 p.

Stenroos T.S., Ahti T., Lohlander R., Myllys L. 2011. Suomen Jäkäläopas. Helsinki. 536 p.

Thell A., Moberg R. 2011. Nordic Lichens Flora. Vol. 4. Parmeliaceae. Göteborg. 184 p.

Velmala S., Myllys L., Goward T., Holien H., Halonen P. 2014. Taxonomy of *Bryoria* section Implexae (Parmeliaceae, Lecanoromycetes) in North America and Europe, based on chemical, morphological and molecular data // Annales Botanici Fennici. Vol. 51. No. 6. Pp. 345-371.

SOME RARE AND PROTECTED LICHENS CURRENT DISTRIBUTION IN MOSCOW REGION

© 2017. E.G. Suslova*, T.Y. Tolpysheva, A.V. Rusanov***, V.Y. Rumyantsev***

**M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography*
Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory, 1, Building 1
E-mail: lena_susl@mail.ru, vyurum@biogeo.ru

***M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology*
Russia, 119234, Moscow, Leninskie Gory, 1, Building 12. E-mail: tolpysheva@mail.ru

****Environmental Fund "Verhovie"*
Russia, 143026, Moscow Region, Odintsovsky District, Novoivanovskoe, Agrohimikov str., 6
E-mail: av_rusanov@verhovye.ru

The monitoring of the rare lichen species, listed in the book, were continued, following the publication of the Moscow region Red Data Book (2008) on nature protection areas (NPA) as refuges of biodiversity conservation. During 2010-2016 period more than 250 nature protection areas were surveyed, 400 herbarium specimens of rare species were gathered. A database and maps of different points with findings of some rare species as *Usnea, Bryoria, Peltigera, Ramalina* et al. was made in Mapinfo. The analysis of maps allowed us to estimate the current distribution of some species in the area, confined to certain types of plant communities, and identify the most rare ones of this genus.

Those rare epiphytic lichens are often met in NPA of Lotoshinski-Taldomsky and Mozhayski-Zagorsky geobotanical districts, where the area is dominated by spruce subnemorose (southtaiga) forests type, interspersed with damp and swampy coniferous, small-leaved forests, and high and transitional bogs. The monitoring of the rarest species should be continued to clarify their status and to decide whether it's necessary to include them into the Moscow region Red Data Book future edition.
Keywords: rare and protected lichens; monitoring; scheme maps; nature reserves; current distribution; Moscow region Red Data Book.