ISSN 2542-2006

Том *Volume* 4 Номер Number 3 Сентябрь September 2020

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

2020

WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS

Vol. 4, No. 3, 2020, September
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,
Corresponding member of the Russian Academy of Sciences A.N. Gelfan
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, E.I. Golubeva,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. Fax: (499) 135-54-15
E-mail: dynamics-journal@yandex.ru
http://www.ecosystemsdynamic.ru

MOSCOW

2020

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЭКОСИСТЕМЫ:
ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА

Том 4, № 3, 2020, сентябрь
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 А.Н. Гельфан,
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, Е.И. Голубева, 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. Факс: (499) 135-54-15
E-mail: dynamics-journal@yandex.ru
http://www.ecosystemsdynamic.ru

Москва

2020

© Журнал основан в 2017 г.
Учрежден и издается
Институтом водных проблем Российской академии наук.
Журнал как сетевое издание зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций;
Свидетельство о регистрации: ЭЛ № ФС 77-68782 от 17.02.2017.
Журнал зарегистрирован в Национальном центре ISSN Российской Федерации,
в Национальном информационно-аналитическом центре России – ВИНИТИ,
а также в научных электронных библиотеках: РГБ (Российская государственная библиотека, rsl.ru), БЕН РАН (Библиотека по естественным наукам Российской академии наук), НЭБ, РИНЦ, КИБЕРЛЕНИНКА, Российская книжная палата.

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

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 4, номер 3, 2020 сентябрь

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Структура и распределение надземной фитомассы тундровых сообществ Западной Сибири [на русском; аннотация на русском]

Д.А. Сорочинская, Н.Б. Леонова 5-33

Structure and Distribution of Above-Ground Phytomass of the Tundra Communities of Western Siberia [на английском; аннотация на английском]

D.A. Sorochinskaya, N.B. Leonova 34-60

Биоразнообразие лесов Московского региона [на русском; аннотация на русском и английском]

Т.В. Черненькова, Е.Г. Суслова, О.В. Морозова, Н.Г. Беляева, И.П. Котлов 61-144

МЕТОДЫ ПОДДЕРЖАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Опыт оценки динамики деградации земель юга Европейской части России с использованием методологии нейтрального баланса деградации земель [на русском; аннотация на русском и английском]

М.В. Беляева, О.В. Андреева, Г.С. Куст, В.А. Лобковский 145-165

Оценка экосистемных функций национального парка «Лосиный остров» [на русском; аннотация на русском]

А.К. Лелькова, А.А. Пакина 166-179

Assessment of the “Elk Island” National Park’s Ecosystem Functions [на английском; аннотация на английском]

A.K. Lelkova, A.A. Pakina 180-192

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Динамика наземных природных экосистем Монголии за 1989-2017 гг. [на русском; аннотация на русском]

С.Н. Бажа, А.В. Андреев, Е.В. Данжалова, Н.И. Дорофеюк, Ю.И. Дробышев, И.А. Петухов, М. Саандарь, Ч. Дугаржав, Я. Адъяа, С. Хадбаатар 193-231

Dynamics of Terrestrial Natural Ecosystems in Mongolia for the Period of 1989-2017 [на английском; аннотация на английском]

S.N. Bazha, A.V. Andreev, E.V. Danzhalova, N.I. Dorofeyuk, Yu.I. Drobyshev, I.A. Petukhov, M. Saandar, Ch. Dugarjav, Ya. Adiya, S. Khadbaatar 232-267

CONTENTS

Volume 4, Number 3, 2020 September

STRUCTURAL ORGANIZATION OF ECOSYSTEMS AND PATTERNS OF THEIR DISTRIBUTION

Structure and Distribution of Above-Ground Phytomass of the Tundra Communities of Western Siberia [in Russian; Abstract is available in Russian]

D.A. Sorochinskaya, N.B. Leonova 5-33

Structure and Distribution of Above-Ground Phytomass of the Tundra Communities of Western Siberia [in English; Abstract is available in English]

D.A. Sorochinskaya, N.B. Leonova 34-60

Forest Biodiversity of Moscow Region [in Russian; Abstract is available in English]

T.V. Chernenkova, E.G. Suslova, O.V. Morozova, N.G. Belyaeva, I.P. Kotlov 61-144

METHODS OF SUSTENANCE AND RESERVATION OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Experience in Assessment of Land Degradation Dynamics of the South of European Part of Russia Using the Methodology of Land Degradation Neutrality [in Russian; Abstract is available in English]

М.В. Беляева, О.В. Андреева, Г.С. Куст, В.А. Лобковский 145-165

Assessment of the “Elk Island” National Park’s Ecosystem Functions [in Russian; Abstract is available in Russian]

A.K. Lelkova, A.A. Pakina 166-179

Assessment of the “Elk Island” National Park’s Ecosystem Functions [in English; Abstract is available in English]

A.K. Lelkova, A.A. Pakina 180-192

DYNAMICS OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

Dynamics of Terrestrial Natural Ecosystems in Mongolia for the Period of 1989-2017 [in Russian; Abstract is available in Russian]

S.N. Bazha, A.V. Andreev, E.V. Danzhalova, N.I. Dorofeyuk, Yu.I. Drobyshev, I.A. Petukhov, M. Saandar, Ch. Dugarjav, Ya. Adiya, S. Khadbaatar 193-231

Dynamics of Terrestrial Natural Ecosystems in Mongolia for the Period of 1989-2017 [in English; Abstract is available in English]

S.N. Bazha, A.V. Andreev, E.V. Danzhalova, N.I. Dorofeyuk, Yu.I. Drobyshev, I.A. Petukhov, M. Saandar, Ch. Dugarjav, Ya. Adiya, S. Khadbaatar 232-267

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2020, том 4, № 3, с. 5-33

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

УДК 574.45

СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ТУНДРОВЫХ СООБЩЕСТВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2020 г. Д.А. Сорочинская, Н.Б. Леонова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет
Россия, 119991, г. Москва, Воробьевы горы, ГСП-1. E-mail: nbleonova2@gmail.com

Поступила в редакцию 18.07.2020. После доработки 30.08.2020. Принята к публикации 01.09.2020.

В статье приведено обобщение количественных данных по надземной фитомассы тундровых сообществ, собранных в ходе экспедиций Российского Центра освоения Арктики на Ямале, Тазовском полуострове и Гыдане в 2017-2018 гг. Исследование фитомассы проведено в рамках растительных сообществ различных формаций в составе трех подзон тундровой зоны Западной Сибири: арктических, типичных и южных тундр. Надземная фитомасса является одним из источников поступления органического вещества в почву, поэтому изучение процессов накопления фитомассы в тундровых сообществах имеет решающее значение для изучения процессов депонирования углерода. В этой связи необходимо получение данных по соотношению живой фитомассы и мортмассы в разных географических условиях и в разных типах растительных сообществ, а выявление фракционного состава живой фитомассы дает возможность понять особенности накопления живого вещества и депонирования углерода. В ходе исследования выявлены некоторые общие закономерности накопления надземной фитомассы – увеличение ее величины при продвижении с севера на юг, от подзоны арктических тундр к подзоне южных тундр. Накопление фитомассы значительно различается в зависимости от характера растительности. Максимальные показатели общего запаса фитомассы характерны в кустарничковых ивовых и осоково-пушицевых сообществах в арктических тундрах, в кустарниковых ивовых, ольховых и ерниковых сообществах типичных и южных тундр. Анализ фракционного состава живой фитомассы в пределах подзон показал, что для арктических тундр характерно преобладание фракции мхов, для типичных – кустарников и кустарничков при сохранении высокой доли мхов, для южных – абсолютное преобладание кустарников. Соотношение мортмассы и живой фитомассы зависит, главным образом, от растительной формации каждой подзоны. Полученные результаты могут быть использованы для составления карты запасов и структуры фитомассы тундровых сообществ Западной Сибири, что даст возможность провести оценку оленеемкости пастбищ и учета депонирования углерода на обширных малоизученных территориях.

Ключевые слова: надземная фитомасса, тундровые сообщества, живая фитомасса. мортмасса, фракционный состав, подзональные различия.
DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10063

До настоящего времени продукционные процессы в тундрах Западной Сибири остаются слабо изученными. Тундровые экосистемы входят в ряд наиболее значимых наземных биомов по сумме двух основных пулов углерода (запасы углерода в почве и в фитомассе), что достигается за счет крайне медленных темпов разложения растительных остатков. На единицу площади в сообществах тундровой зоны накапливается наибольшее количество углерода в почве при минимальных показателях первичной продукции среди всех наземных экосистем (Billings, 1987; Bolin, 1986; Melillo, 1993).

Надземная фитомасса является одним из источников поступления органического вещества в почву, поэтому изучение процессов накопления фитомассы в тундровых

сообществах имеет решающее значение для изучения процессов депонирования углерода (Карелин и др., 1995). В то же время интенсивная антропогенная нагрузка (выпас оленей, разработка месторождений углеводородов и другие виды воздействия) ведут к масштабным долгосрочным изменениям растительного покрова территории и, соответственно, продуцирования фитомассы (Клоков, 2013).

Учитывая малую изученность и труднодоступность тундровых территорий, в настоящее время ощущается острая нехватка данных о состоянии растительности, количественной оценки продукционных процессов, которые играют важнейшую роль в состоянии экосистем в условиях изменяющейся окружающей среды.

В данном исследовании представлено обобщение полевых данных, собранных в тундровых сообществах Западной Сибири с целью выявления структуры и фракционного состава надземной фитомассы растительных сообществ в связи с эколого-географическими факторами. Для достижения этой цели было необходимо проанализировать особенности накопления живой фитомассы и мортмассы в растительных сообществах подзон арктических, типичных и южных тундр, а также провести анализ фракционного состава живой фитомассы по растительным формациям в подзональном аспекте.

Материалы и методы исследования

В основу исследования положены материалы, собранные в рамках экспедиций Российского Центра освоения Арктики (РЦОА) в 2017-2018 гг. по изучению растительности оленьих пастбищ Ямала, Гыданского, Тазовского полуостровов, включая запасы надземной фитомассы и продуктивность тундровых сообществ.

Согласно физико-географическому районированию СССР (Мильков, Гвоздецкий, 1970), полуострова Ямал, Гыдан и Тазовский полностью относятся к Западно-Сибирской области тундровой зоны. Многие исследователи выделяют в составе этой области самостоятельные Ямальскую, Тазовскую и Гыданскую провинции (Макунина, 1985; Гвоздецкий, Михайлов, 1987; Раковская, Давыдова, 2001). Вместе с тем близкий характер рельефа, общее широтное и секторное положение, обеспечивающее схожие климатические условия, родство почв и растительного покрова позволяют рассматривать данную территорию как единое целое в рамках Ямало-Гыданской области (Симонов, 1977).

Для области характерна общая геологическая история – морские трансгрессии привели к возникновению морских террас разных уровней и определили равнинный облик рельефа полуостровов. *Низменные приморские аккумулятивные равнины* (фото 1) являются наиболее распространенными ландшафтами на большей части Ямала, на севере и юго-западе Гыданского полуострова и на севере Тазовского. Поверхность образована серией плоских заболоченных песчаных и песчано-суглинистых морских террас с многочисленными водотоками и остаточными и термокарстовыми озерами; абсолютные высоты до 50-80 м н.у.м. БС (местами до 120 м н.у.м. БС). Для повышенных внутренних частей полуостровов (Гыданская гряда, центральный Ямал) характерны *низменные моренные или ледово-морские равнины* в области среднечетвертичного оледенения. Рельеф волнистый или пологохолмистый, иногда грядообразный, высоты на Ямале не достигают 100 м н.у.м. БС, на Гыдане – 180 м н.у.м. БС (фото 2, 3).

Положение в высоких широтах, влияние континентального массива Евразии и близость Карского моря обеспечивают экстремально суровые климатические условия, которые во многом определяют развитие почвенного и растительного покрова полуостровов. Различия в климате между Гыданом, Ямалом и Тазовским невелики, однако Гыданский полуостров отличается большей континентальностью и более холодной зимой (до -60°С). Для

накопления фитомассы важное значение имеют климатические различия в подзональном аспекте – уровень теплообеспеченности, сумма активных температур, продолжительность вегетационного периода (табл. 1).

Фото 1. Плоские заозеренные и заболоченные равнины Северного Ямала (фото Н.Б. Леоновой).

Территория расположена в зоне повсеместного залегания многолетней мерзлоты, мощность которой колеблется в зависимости от геоморфологических условий и может достигать 300-400 м. Почвы территории относятся к категории тундровых мерзлотных. Активизация мерзлотных процессов повсеместно ведет к нарушению целостности почвенного покрова, образованию мозаичности и микрокомплексности, что находит отражение в сложении растительного покрова.

В ходе экспедиционных работ исследования проводились на ключевых участках, расположенных в типичных условиях различных подзон полуостровов. Выбор участков производился с учетом собранной информации о геоботанической изученности территории, в слабо изученных районах выбирались участки с наибольшим ландшафтным разнообразием, чтобы охватить исследованиями наибольшее количество растительных сообществ.

Исследования проводились на 11 ключевых участках в подзонах арктических (Ямал-1, Гыдан-1, Гыдан-2), типичных (Ямал-2, Гыдан-3, Гыдан-4, Урал-4) и южных гипоарктических (Ямал-3, Ямал-4, Таз-1, Урал-3) тундр (рис. 1, табл. 2).

Для оценки запаса надземной фитомассы в рамках научно-исследовательских работ было собрано 290 укосов (табл. 3) в трехкратной повторности для каждой пробной площади. Для каждого сообщества, в границах которого проводились укосы, было выполнено полное геоботаническое описание. В арктических тундрах собраны 44 укоса фитомассы (геоботанические описания и проведение укосов выполняли К.А. Ермохина, Е. Троева, М. Телятников); в типичных − 96 (геоботанические описания − О.В. Хитун, И.С. Жданов,

В.А. Землянский, Н.Е. Королева, Д.А. Сорочинская; проведение укосов – Д.А. Сорочинская, Д.А. Кашев, Я.И. Гунин, Д. Красницкая); в южных – 150 (геоботанические описания − О.В. Хитун, В.А. Землянский, Н.Е. Королева, С.И. Плюснин; проведение укосов – Д.А. Сорочинская, Д.А. Кашев, Я.И. Гунин, В.А. Казанцев, Л.А. Кривенок).

Фото 2. Центральный Ямал (фото Д.А. Сорочинской).

Фото 3. Типичные тундры в районе Байдарацкой губы (фото Д.А. Сорочинской).

Таблица 1. Биоклиматические характеристики по данным Базы глобальных метеорологических и климатических данных с высоким пространственным разрешением (Database ..., 2020).

Биоклиматические характеристики	Ямал			Тазовский	Гыдан	
	Арктические тундры	Типичные тундры	Южные тундры	Южные тундры	Арктические тундры	Типичные тундры
Средняя температура воздуха, °С	-9.9	-8.7	-6.4	-7.5	-10.3	-9
Средняя температура воздуха в июле, °С	7.1	10.2	12.2	12.2	8.7	10.7
Средняя температура воздуха в январе, °С	-24.3	-24.4	-22.2	-23.4	-25.7	-24.8
Средняя температура воздуха за теплый период, °С	8.9	12.1	17.6	16.0	12.1	16.2
Средняя температура воздуха за холодный период, °С	-30.4	-29.2	-29.1	-30.9	-32.4	-32.6
Годовая сумма осадков, мм	228	290	370	345	310	330
Сумма осадков за теплый период, мм	80	104	127	126	116	122
Сумма осадков за холодный период, мм	46	56	68	58	63	62

Исследованные ключевые участки имели форму окружности радиусом 10 километров. На каждом ключевом участке были заложены профили перпендикулярно руслу реки – от водораздела к пойме реки. Число профилей варьировалось от двух до шести, их протяженность составляла 1.5-5 км. Профили на каждом участке закладывались таким образом, чтобы на своем протяжении пересечь все типичные растительные сообщества. В местах описания пробных площадей по заложенным профилям были отобраны образцы фитомассы (рис. 2). Разметка геоботанических профилей на местности осуществлялась в соответствии с предоставленными заказчиком картографическими материалами (космические снимки Landsat 7.8, топографические карты территории масштаба 1:100000).

Запас надземной фитомассы определялся методом укосов (Андреяшкина, 1971; Базилевич, Титлянова, 1978). Отбор образцов проводился на учетных площадках размером 25x25 см в границах описываемого на профиле растительного сообщества в трехкратной повторности (фото 4). Учетные площадки закладывались случайным методом. Травяные растения и кустарнички срезались на уровне границы зеленой и бурой частей мхов, полностью извлекалась лишайниково-моховая дернина. Образцы были упакованы в крафтовые пакеты, каждый образец снабжен этикеткой.

В камеральных условиях укосы были разобраны по фракциям – кормовым группам: кустарники (отдельно стволы, ветви и листья), злаки, осоки, разнотравье, кустарнички (по видам), лишайники – по видам (если возможно) и мхи, отдельно мертвые (бурые) части мхов и лишайников, мортмасса. Материал был высушен до воздушно-сухого состояния и взвешен с точностью до 0.1 г. Полученные значения занесены в таблицы Excel, посчитаны средние значения для 3 площадок в пределах одного сообщества, запас фитомассы дан в г/м^2. Камеральная

обработка проводилась в Лаборатории биогеоценологии Института проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН. В разборе и взвешивании образцов принимали участие Д.А. Сорочинская, В.А. Землянский, Я.И. Гунин, Д. Красницкая, С. Деркачева.

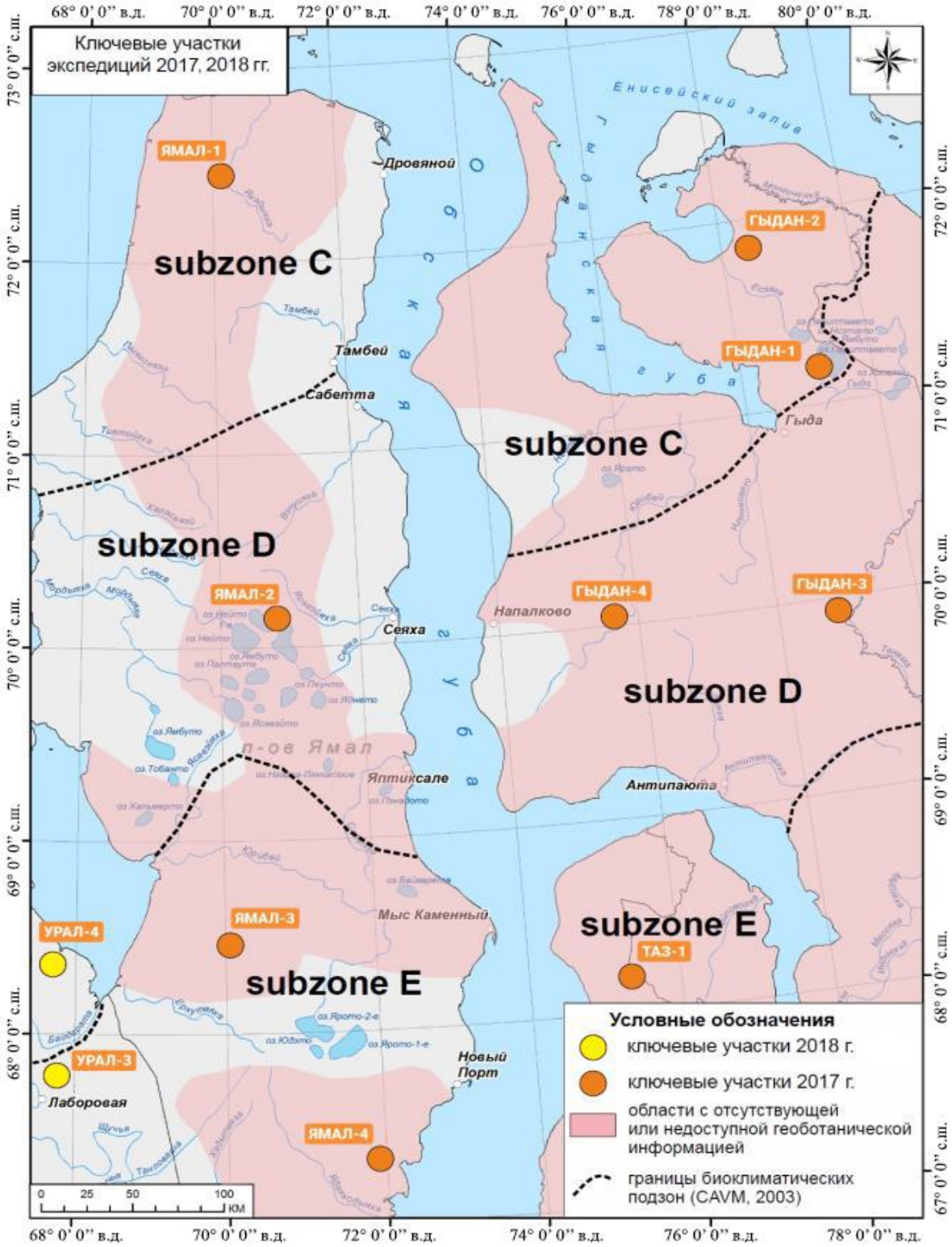


Рис. 1. Расположение ключевых участков исследования. Границы арктических, типичных и южных тундр (subzones C, D и E) даны в соответствии с картой биоклиматических подзон

(Circumpolar ..., 2003).

Таблица 2. Координаты ключевых участков исследования.

№	Номер ключевого участка	Северная широта	Восточная долгота
1	Y1	72.47594	70.1501
2	Y2	70.20466	70.82072
3	Y3	68.43693	70.04951
4	Y4	67.381	72.082
5	G1	71.21799	79.27374
6	G2	71.91361	78.67611
7	G3	69.95845	78.79057
8	G4	70.09156	75.62321
9	T1	68.218948	75.212345
10	U3	67.98981	67.62839
11	U4	68.86311	66.71322

Таблица 3. Количество образцов фитомассы по подзонам и ключевым участкам.

Подзона	Количество отобранных образцов фитомассы на ключевых участках	Всего по подзоне
Арктические тундры	11 (Ямал-1), 14 (Гыдан-1), 19 (Гыдан-2)	44
Типичные тундры	24 (Ямал-2), 21 (Гыдан-3), 25 (Гыдан-4), 26 (Урал-4)	96
Южные гипоарктические тундры	44 (Ямал-3), 53 (Ямал-4), 24 (Таз-1), 29 (Урал-3)	150
Итого		**290**

Геоботанические описания, выполненные для сообществ, в границах которых проводились укосы фитомассы, составлены в соответствии со стандартными методами (Юнатов, 1964) с учетом характеристик местообитаний. Описания проводились на пробных площадях 100 м^2 с учетом комплексности растительного покрова тундр (включая описания микроценозов площадью не менее 10 м^2). В описаниях указан полный видовой состав сообществ, включая сосудистые растения, бриофиты и лишайники, неопределяемые в поле виды были собраны для последующего определения и дополнения списков. Для оценки обилия использована шкала Браун-Бланке в процентах проективного покрытия.

В пределах пробных площадей были отмечены следующие характеристики местообитаний, которые впоследствии были использованы при анализе распределения фитомассы: общий уклон поверхности (в градусах), экспозиция склонов (в градусах), положение в рельефе, характер поверхностных отложений (минерального горизонта почв, по возможности), характер и степень увлажнения, глубина органического горизонта почв.

Проективное покрытие растительного покрова определялось в % при этом учитывалось: общее проективное покрытие растительного покрова на пробной площади, проективное покрытие кустарникового яруса, проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса, проективное покрытие мохово-лишайникового яруса. Также определялась средняя высота ярусов и растительного покрова в целом.

На пробных площадях и учетных площадках укосов были определены точные

координаты с помощью GPS-приемников типа GARMIN GPSMAP 78S RUSSIA, а также высота над уровнем моря. Кроме того, сделаны фотографии растительных сообществ и фотографии размеченных учетных площадок.

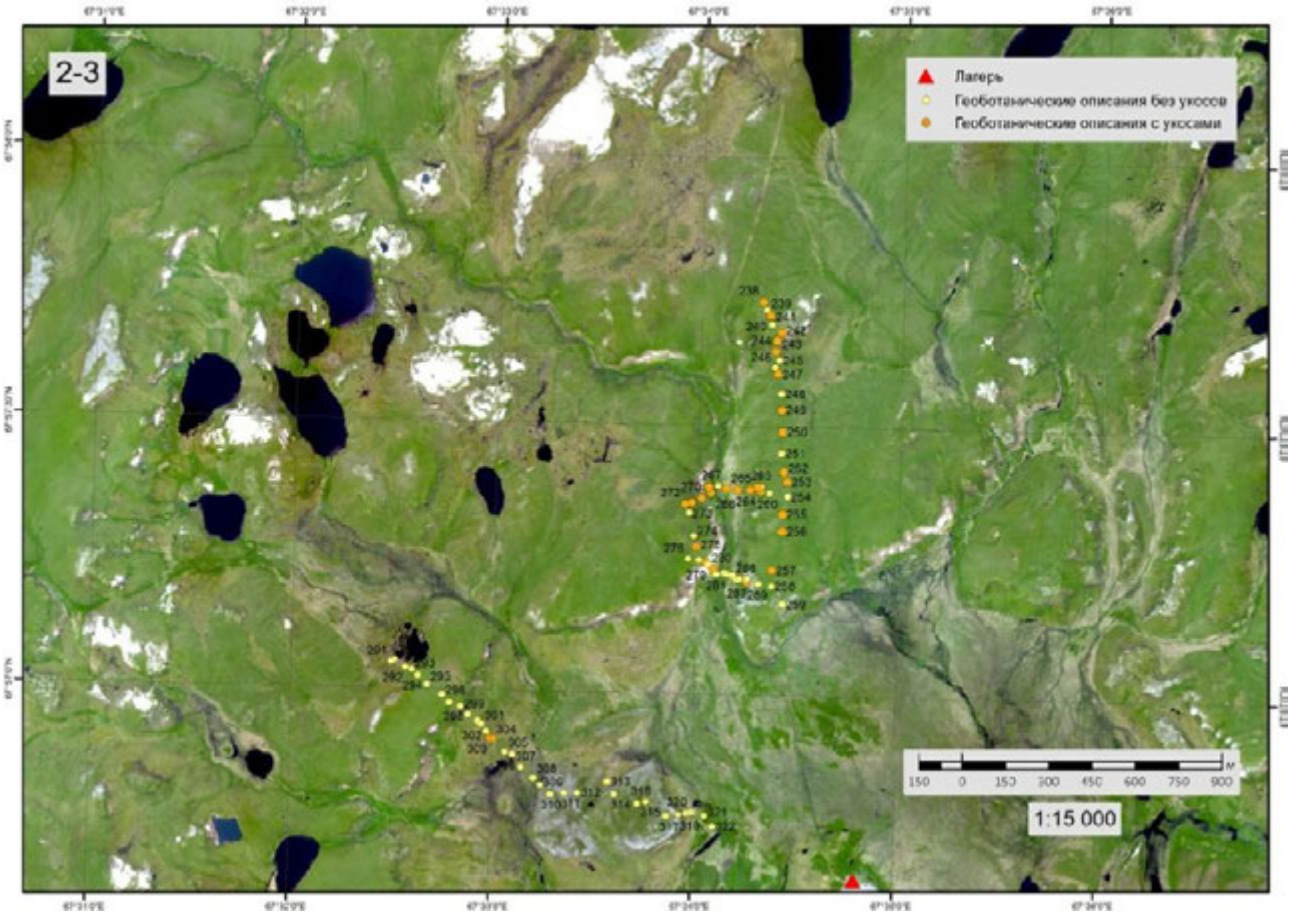


Рис. 2. Ключевой участок Урал-3 (подзона южных гипоарктических тундр). *Условные обозначения:* желтые точки − площадки геоботанических описаний, оранжевые – площадки геоботанических описаний, на которых проводился отбор образцов фитомассы.

Составление сводных таблиц геоботанических описаний и их последующая обработка производились в программах Turboveg 2.122, Microsoft Office Excel. На основе данных геоботанических описаний в 2018 г. была составлена классификация растительных сообществ (Землянский, 2018; Сорочинская, 2018), единицы которой использованы при анализе распределения фитомассы по группам растительных сообществ.

Классификационная схема составлена в соответствии с эколого-морфологическим подходом Е.М. Лавренко (1959; Александрова, 1969). Основные принципы данной классификации заключаются в систематизации растительных сообществ на основе единства доминирующих видов определенной жизненной формы в составе основных ярусов сообществ, основная классификационная единица, используемая в анализе – формация сообществ. Формации выделены по единству эдификаторов господствующего яруса и объединены в классы формаций, соответствующие типу тундровой растительности по господствующей жизненной форме. Распространение основных растительных формаций описано в соответствии с геоботанической картой ЯНАО (Отчет …, 2017), легенда которой основана на проведенной классификации растительных сообществ.

Величины запасов фитомассы рассчитаны для сообществ различных формаций в подзональном аспекте (Зоны …, 1999). Также проведена структурная оценка общей величины запаса фитомассы в тех или иных сообществах путем определения фитомассы различных фракций (кустарники, кустарнички, осоковые, злаки, травы, лишайники, мхи). В программе Excel были построены гистограммы распределения фитомассы выделенных фракций, а также гистограммы соотношения общей фитомассы, живой надземной фитомассы и мортмассы.

Фото 4. Укосная площадка в ерниковом сообществе типичной тундры (фото Д.А. Сорочинской).

Результаты и их обсуждение

Анализ состава фракций живой надземной фитомассы, соотношения живой фитомассы и мортмассы проведен в сообществах различных формаций тундровой зоны в подзональном аспекте.

Арктические тундры

В рамках проведенной ранее классификации (Землянский, 2018; Сорочинская, 2018) для арктических тундр Ямала и Гыданского полуострова выделено 11 формаций, относящихся к 5 группам формаций (типам тундровой растительности): 1) кустарничковые тундры, 2) травяные (осоковые и пушицевые) тундры и болота, 3) мезофитные луговины, 4) гигрофитные (прибрежно-водные) луга, 5) сообщества и группировки псаммофитов (рис. 3).

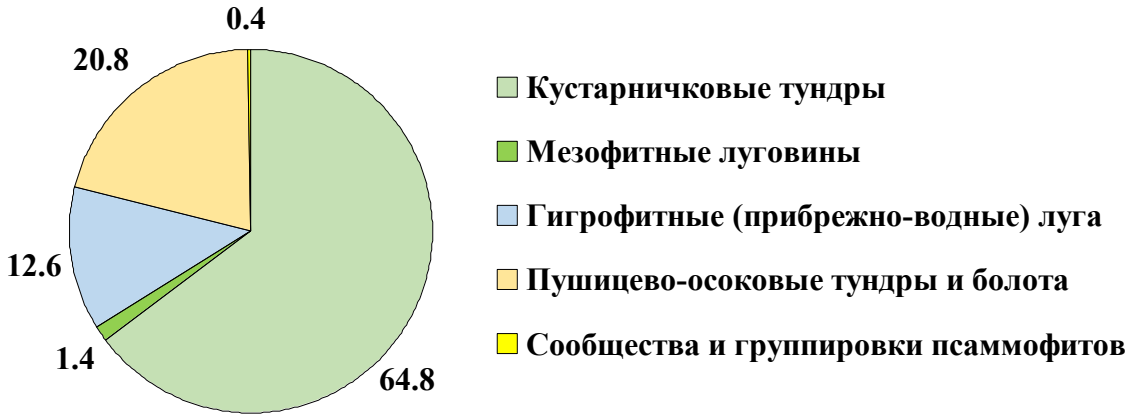


Рис. 3. Соотношение площадей, занимаемых различными группами формаций тундровых сообществ в подзоне арктических тундр (%).

Более половины территории арктических тундр занимает группа формаций кустарничковых тундр (практически 65% площади; фото 5). Помимо кустарничковых тундр существенную часть территории занимают осоковые и пушицевые тундры и болота (20.8%), а также гигрофитные луга (12.6%). Мезофитные луговины занимают небольшие площади (1.4% территории). Наименее распространены сообщества и группировки псаммофитов – они занимают менее 0.5% территории.

Фото 5. Кустарничковое сообщество с *Cassiope tetragona* (L.) D. Don в подзоне арктических тундр (фото Н.Б. Леоновой).

Данные по запасу надземной фитомассы в арктических тундрах собраны и проанализированы для 9 растительных формаций, объединенных в 4 группы формаций – кустарничковые тундры, травяные и осоковые тундры, мезофитные луговины, гигрофитные (прибрежно-водные) луга. Полученные данные учета фитомассы – значения общей, живой фитомассы и мормассы в пределах основных формаций представлены на рисунке 4, доля различных фракций в структуре фитомассы – на рисунке 5.

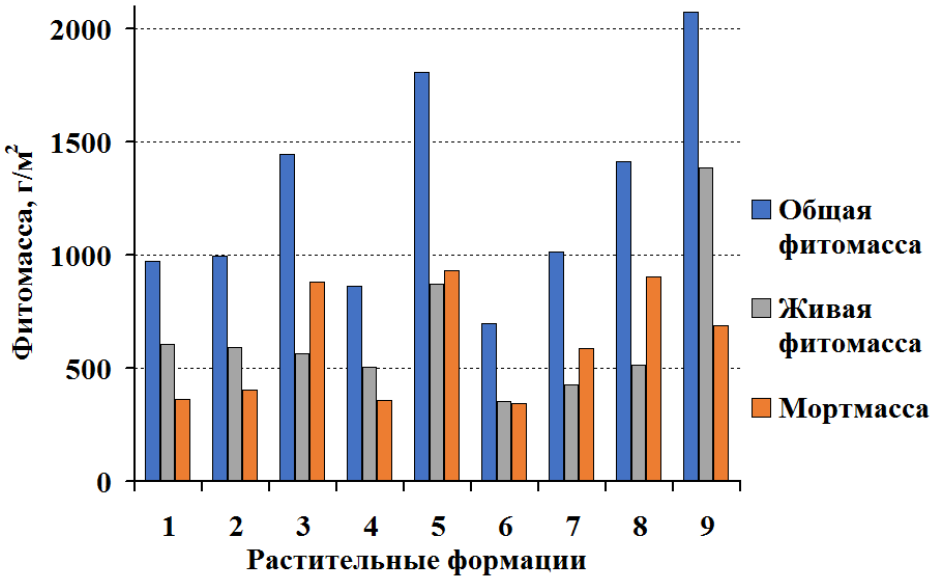


Рис. 4. Значения общей, живой фитомассы и мортмассы для формаций подзоны арктических тундр (сухой вес, г/м^2). *Условные обозначения к рисункам 4-5.* Растительные формации. Кустарничковые тундры: 1 – брусничная (*Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus* (Lodd.) Hult.), 2 – дриадовая (*Dryas punctata* Juz., *Dryas octopetala* L.), 3 – мелкоерниковая (*Betula nana* L.), 4 – ивковая (*Salix nummularia* Anderss., *S. polaris* Wahlenb.), 5 – ивовая (*Salix lanata* L., *S. reptans* Rupr.), 6 – кассиоповая (*Cassiope tetragona* (L.) D. Don). Мезофитные луговины: 7 – хвощевая (*Equisetum arvense* ssp. *boreale* (Bong.) Tolm.). Гигрофитные (прибрежно-водные) луга: 8 – водноосоковая (*Carex aquatilis* Wahlenb., *C. Concolor* R. Br.). Пушицево-осоковые тундры и болота: 9 − пушицево-осоковая (*Eriophorum angustifolium* Honck., *Carex rotundata* Wahlenb.).

Общие запасы фитомассы в изученных растительных сообществах варьируют от 695 до 2070 г/м^2 в сухом весе (рис. 4). Наибольшие запасы характерны для пушицево-осоковых (2070 г/м^2) и ивовых (1800 г/м^2) тундр. В целом, разброс значений общего запаса фитомассы невелик, в основном показатели сосредоточены в пределах 900-1300 г/м^2.

Сообщества формации *пушицево-осоковых тундр* (*Eriophorum angustifolium, Carex rotundata*), как было сказано выше, играют важную роль в сложении растительного покрова подзоны арктических тундр. Эти сообщества занимают долины рек, заозеренные и заболоченные территории, характерны для пологих склонов водоразделов, террас, склонов и днищ озерных котловин, ложбин, полос стока. Пушицево-осоковые тундры распространены повсеместно на северном Ямале, а также на юге полуострова Явай, на островах Белый, Шокальского и Оленьем. Травостой таких сообществ достаточно густой и высокий для условий арктических тундр – проективное покрытие составляет 20-50%, средняя высота 25 см, сложен *Carex stans, Eriophorum polystachion* и *E. scheuchzeri* в различных соотношениях. Здесь же встречаются бугристо-мочажинные комплексы.

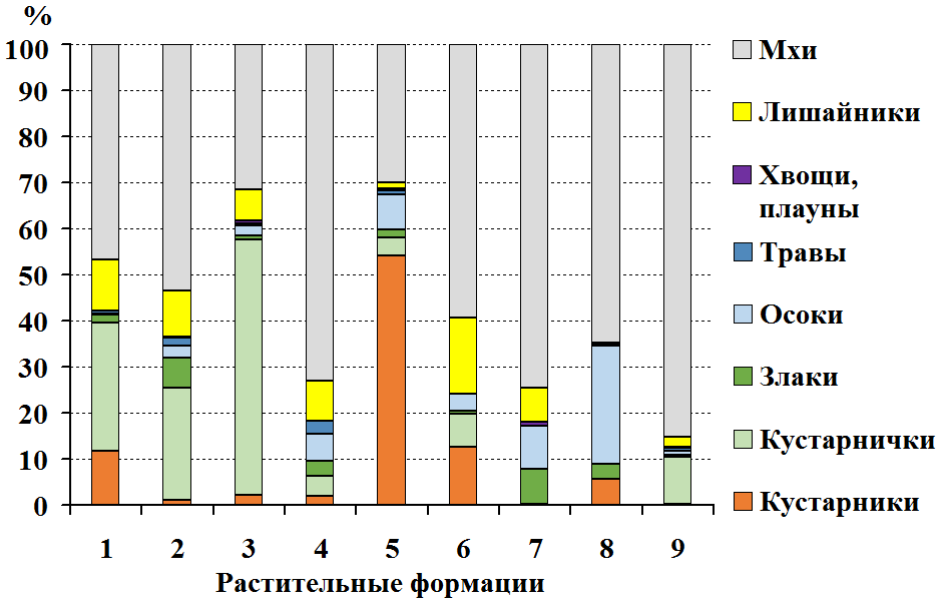


Рис. 5. Доля фитомассы различных фракций в формациях подзоны арктических тундр.

Сообщества формации *кустарничковых ивовых тундр* (*Salix lanata, S. reptans*) имеют более локальное распространение (около 6%), в основном они сосредоточены на северо-западе Ямала и в юго-восточной части подзоны арктических тундр Гыданского полуострова. Встречаются на песчаных речных террасах, берегах ручьев, на склонах долин, лощин, балок, увалов. Как правило, это осоково-моховые ивняки с преобладанием *Salix lanata*, которая в высоту достигает 80 см.

Наибольшие площади среди кустарничковых тундр (почти 40% площади территории) занимает *формация ивковых тундр* (*Salix nummularia, Salix polaris*). Запасы общей фитомассы в ивковых тундрах невысоки – 861 г/м^2, запасы живой фитомассы (505 г/м^2) на 30% превышают запасы мортмассы (356 г/м^2). Ивковые тундры распространены повсеместно, особенно большие территории занимают в арктических тундрах северного Ямала, полуострова Явай, также распространены на полуострове Олений, на островах Шокальского и Оленьем. В основном они приурочены к выровненным склонам водоразделов, бортов озерных котловин, речных долин, балок, лощин и оврагов с суглинистыми почвами, встречаются на вершинах увалов, непосредственно на водоразделах менее распространены. Доминантами являются *Salix polaris*, *S. nummularia, Vaccinium vitis-idaea* и *Dryas* spp. (проективное покрытие 20%, средняя высота до 30 см). Среди трав доминирует осока арктисибирская (*Carex arctisibirica*), разнотравье не обильно (проективное покрытие составляет всего 5-8%, высота 15-20 см), но достаточно разнообразно: *Stellaria peduncularis, Bistorta vivipara, Myosotis asiatica, Valeriana capitata, Pedicularis oederi* и др. Проективное покрытие мохового яруса − 100%, наиболее обильны *Tomentypnum nitens, Hylocomium splendens, Aulacomnium turgidum, A. palustre, Ptilidium ciliare*. Присутствуют лишайники (проективное покрытие до 30%), наиболее распространены *Cetraria islandica, Cladonia arbuscula, C. rangiferina, Thamnolia vermicularis, Dactilina arctica.* В горизонтальной структуре отмечается высокое общее проективное покрытие, характерен сглажено-бугристый, мелкобугристый, бугорковатый, микрорельеф. Для территории, занятой ивковой формацией, характерна высокая степень задернованности, пятна обнаженного грунта не выражены.

Значительную долю территории (более 17%) занимает *брусничная* (*Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus*) формация кустарничковых тундр. Значение общей фитомассы здесь достигает

970 г/м^2, запас живой фитомассы (607 г/м^2), так же как и в ивковых сообществах превышает запас мортмассы (363 г/м^2). Брусничные сообщества распространены широко, повсеместно на Ямале, в северной части полуострова Явай, на полуострове Мамонта и в северо-восточной части Гыданского полуострова. Брусничная формация характерна для полого-выпуклых водоразделов с выраженной бугорковатостью, для склонов водоразделов, вершин и склонов увалов на суглинках. В кустарничковом ярусе доминируют *Vaccinium vitis-idaea, Salix polaris, Dryas punctata* (ОПП − 20%, средняя высота – 10 см), в травяном – *Carex arctisibirica,* разнотравье, так же, как и в ивковых сообществах, разнообразно, но не обильно. Проективное покрытие мхов – 95%, среди которых доминируют *Tomentypnum nitens, Hylocomium splendens, Ptilidium ciliare.* Лишайники представлены различными видами, но не дают большого проективного покрытия – до 10%, наиболее часто встречаются *Cladonia* spp. и *Peltigera* spp.

Минимальные показатели запаса фитомассы характерны для *кассиоповых* (*Cassiope tetragona*) сообществ (695 г/м^2). Они имеют ограниченное спорадическое распространение, встречаются в основном на Ямале, реже на Гыданском полуострове. Основные местообитания – хорошо дренированные песчаные склоны водоразделов, балок, оврагов. В основном это пятнистые кустарничково-мохово-лишайниковые тундры с бугорковатым микрорельефом, пятнами выливания. В кустарничковом ярусе также встречаются *Salix polaris, S. nummularia, Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus* (проективное покрытие кустарничков и трав – 25%, средняя высота – 15 см), для мохово-лишайникового яруса характерны *Polytrichum piliferum, Cladonia amaurocraea, C. arbuscula, Flavocetraria nivalis, Sphaerophorus globosus* (проективное покрытие – 50%).

Интересно отметить соотношение живой фитомассы и мортмассы, накапливаемых в сообществах разных формаций. Данные показатели имеют большое значение для оценки депонирования углерода в тундровых сообществах. В монографии Н.И. Базилевич (1993), посвященной продуктивности экосистем Северной Евразии, отмечено, что содержание мортмассы и живой фитомассы в сообществах арктических тундр примерно одинаково. В изученных нами формациях прослеживается это соотношение, однако для переувлажненных осоковых сообществ и болот характерно его нарушение.

Среди кустарничковых тундр в брусничной, дриадовой, ивковой формациях запас живой фитомассы превышает запас мортмассы на 30-40% (за счет высокой доли мхов в составе живой фитомассы), в кассиоповой формации это соотношение составляет практически 1:1. В пушицево-осоковых тундрах показатели живой фитомассы превышают показатели мортмассы более чем в 2 раза из-за высокой доли мхов в составе живой фитомассы, а мортмасса представлена в основном отмершими частями трав – пушиц и осок, которые достаточно быстро разлагаются.

Обратная картина – превышение мортмассы над живой фитомассой наблюдается в следующих формациях: в кустарничковых мелкоерниковых (*Betula nana*) и ивовых, а также в мезофитных хвощевых и гигрофитных водноосоковых (*Carex aquatilis, C. concolor*) растительных сообществах. В мелкоерниковых тундрах показатели мортмассы выше на 35%, что связано с интенсивным листопадом в конце вегетационного периода, характерным для летнезеленых кустарников и отмиранием трудно разлагаемых одревесневших побегов; в ивовых тундрах превышение мортмассы меньше − около 7%.

В водноосоковых сообществах значения мортмассы выше показателей живой фитомассы практически в два раза – в составе мортмассы преобладают отмершие мхи, осоки и кустарники. В переувлажненных местообитаниях замедленное разложение органики, вследствие чего накапливается больше мортмассы. В хвощевых луговинах отмечается превышение мортмассы над живой фитомассой практически на 20% из-за высокой доли плохо разлагаемого опада хвощей в составе мортмассы (рис. 4).

Фракционный состав живой надземной фитомассы сообществ арктических тундр. Практически во всех растительных формациях ведущую роль играет фракция мхов – от 30 до 85%, что является отличительной особенностью для тундровых сообществ в целом (рис. 5). Особенно велика её составляющая в пушицево-осоковой, ивковой и хвощевой формациях (75-85%). Наименьшую долю фракция мхов занимает в ерниковой и ивовой формациях (около 30%), основной объем в данных растительных сообществах приходится на кустарники и кустарнички (55-60%).

В кустарничковых сообществах, исключая ивковые тундры, где доля фракции мхов достигает 73%, велика доля кустарников и кустарничков – 20-50%. Фракция осок и пушиц наибольших величин достигает в травяных сообществах: хвощевых луговинах (10%), водноосоковых (25%), пушицево-осоковых тундрах (8%), также их доля заметна в ивовых и ивковых сообществах (около 5%). Фракция злаков отмечена в большинстве формаций, ее доля не превышает 7%. Во всех сообществах в фитомассе представлена фракция лишайников, причем наибольшего веса она достигает в кассиоповой формации – 16%.

Таким образом, мы можем отметить, что общий запас фитомассы в арктических тундрах невысок, он составляет не более 2100 г/м^2. Наибольший запас фитомассы характерен для кустарничковых (ивовых) и осоково-пушицевых тундр. Во фракционном составе преобладает фракция мхов, в некоторых сообществах (брусничная, дриадовая, мелкоерниковая, ивовая формации) велика доля кустарников и кустарничков. Отмечены сообщества (мелкоерниковая, ивовая, хвощевая, водноосоковая формации), в которых значения мортмассы превышают значения живой фитомассы в различных соотношениях.

Типичные тундры

Для типичных тундр территории выделены 19 растительных формаций, относящихся к 6 группам – кроме кустарничковых, пушицево-осоковых, мезофитных луговин, гигрофитных лугов, сообществ псаммофитов, здесь появляются и занимают обширные площади формации кустарниковых тундр.

Кустарничковые тундры занимают наибольшие площади в пределах подзоны типичных тундр (38.8% территории), а на долю кустарниковых тундр приходится 22.1% (рис. 6). Значительную часть территории занимают осоковые и пушицевые тундры и болота (25.8%). Мезофитные и гигрофитные луговины распространены существенно реже (8.6 и 4.1% территории соответственно). Наименьшие площади, как и во всей тундровой зоне, занимают сообщества и группировки псаммофитов (0.6% территории), вместе с тем в типичных тундрах они распространены в большей степени по сравнению с другими подзонами. Чрезмерные пастбищная и промышленная нагрузки на тундровые территории (строительство объектов нефте- и газодобычи, дорог, активное использование транспорта) способствует уничтожению коренной растительности, широкому распространению дефляционных обнажений (песчаных раздувов) и оползней, открытые пески создают местообитания для развития сообществ и группировок псаммофитов, отличающихся крайне низкой сомкнутостью и бедным видовым составом (фото 6). В типичных тундрах значения запаса фитомассы проанализированы для 15 растительных формаций в пределах 5 классов формаций.

Общие запасы фитомассы в изученных формациях отличаются довольно сильно – от 87 г/м^2 в хвощевых (*Equisetum arvense*) луговинах до 3080 г/м^2 в ивовых (*Salix glauca, S. lanata*) тундрах (рис. 7). Высокие показатели запаса фитомассы характерны также для ерниковых, ольховых (*Alnus viridis*) и багульниковых сообществ (2480 г/м^2, 2413 г/м^2 и 1630 г/м^2 соответственно).

В составе группы формаций кустарниковых тундр велика роль формации *ивовых* (*Salix glauca, S. lanata*) тундр, которые занимают 21.9% площади территории (фото 7). Ивовые

сообщества располагаются на обширных пространствах в западной части Ямала, широко распространены в юго-восточной части подзоны, на Гыданском полуострове ввиду более суровых климатических условий встречаются на юге подзоны, а также вдоль Гыданской гряды − по рекам ивовые сообщества продвигаются к северу. Произрастают на песчаных речных террасах, берегах ручьев, на склонах долин, лощин, балок, увалов, а на водосборах ивовые сообщества напротив, отсутствуют, хотя они и встречаются на плакорах южнее, в кустарниковых тундрах. В основном это разнотравно-хвощево-моховые ивняки с преобладанием *Salix lanata*, *S. glauca,* по высоте достигающих 100 см. Для сообществ ивовой формации характерен максимальный общий запас фитомассы для типичных тундр – 3080 г/м^2. Запас живой фитомассы (2500 г/м^2) превышает показатели мортмассы (581 г/м^2) более чем 4 раза (рис. 7).

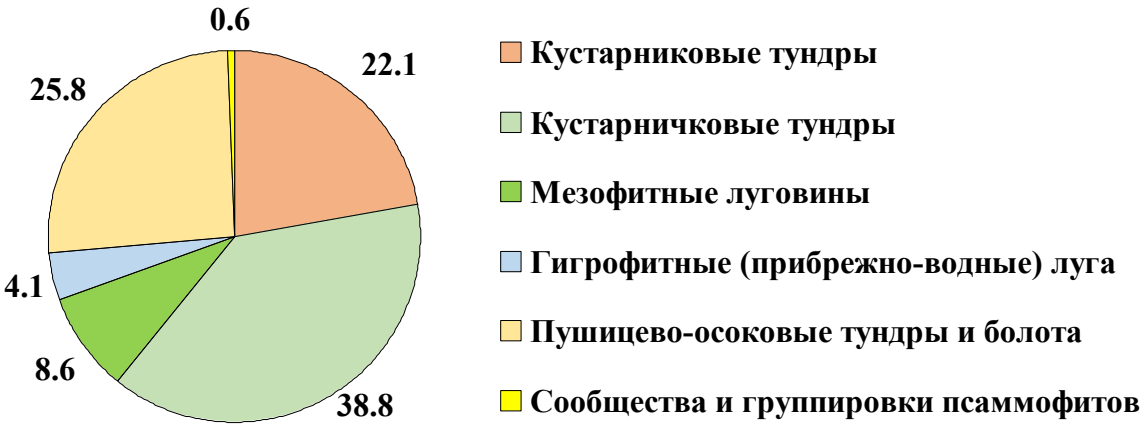


Рис. 6. Соотношение площадей, занимаемых различными группами формаций тундровой растительности в подзоне типичных тундр (%).

Фото 6. Песчаные раздувы на месте стоянки оленеводов, северный Ямал (фото Н.Б. Леоновой).

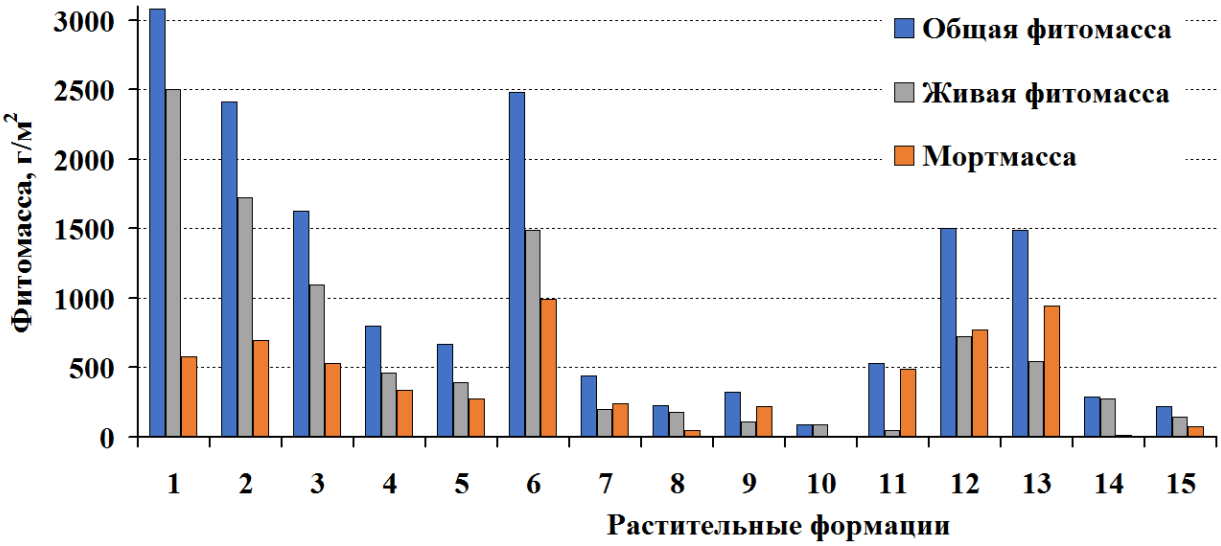


Рис. 7. Значения общей, живой фитомассы и мортмассы для формаций подзоны типичных тундр (сухой вес, г/м^2). *Условные обозначения к рисункам 7-8.* Растительные формации. Кустарниковые тундры: 1 – ивовая (*Salix glauca* L., *S. lanata* L.), 2 − ольховая (*Alnus viridis* (Ehrh.) Pouzar). Кустарничковые тундры: 3 − багульниковая (*Ledum palustre* ssp. *decumbens* (Ait.) Hult.), 4 − брусничная (*Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus* (Lodd.) Hult.), 5 – дриадовая (*Dryas punctata* Juz., *D. octopetala* L.), 6 − ерниковая (*Betula nana* L.), 7 − ивковая (*Salix nummularia* Anderss., *S. polaris* Wahlenb.), 8 − шикшевая (*Empetrum nigrum* L.). Мезофитные луговины: 9 − разнотравно-злаковая (*Bistorta vivipara* (L.) Delarbre, *Tanacetum bipinnatum* (L.) Sch. Bip., *Poa* spp., *Festuca* spp.), 10 − хвощевая (*Equisetum arvense* ssp. *boreale* (Bong.) Tolm.). Пушицево-осоковые тундры и болота: 11 − водноосоковая (*Carex aquatilis* Wahlenb., *C. Concolor* R. Br.), 12 − осоково-пушицевая (*Carex* spp., *Eriophorum* spp.), 13 – пушицевая (*Eriophorum* spp.). Гигрофитные (прибрежно-водные) луга: 14 – арктофиловая (*Arctophilafulva* (Trin.) Anderss), 15 − сабельниковая (*Comarum palustre* L.).

Фото 7. Ивовая (*Salix glauca* L., *S. lanata* L.) формация, типичные тундры, полуостров Гыданский (фото Д.А. Сорочинской).

Ольховые сообщества (*Alnus viridis*) имеют локальное распространение (менее 0.5% территории). Они занимают защищенные участки речных долин у южной границы типичных тундр, отличающиеся лучшей теплообеспеченностью, глубоким залеганием многолетней мерзлоты и хорошим дренажем, высоким снежным покровом. Ольха достигает в среднем 1.5-1.8 м, образуя верхний кустарниковый ярус, но отдельные кустарники могут достигать и 3 м. Нижний кустарниковый ярус обычно образован карликовой березкой (*Betula nana*) или ивой мохнатой (*Salix lanata*). Травяный покров разрежен (5-10%) и сложен преимущественно осокой (*Carex concolor*), хвощом (*Equisetum arvense*) и различными видами разнотравья (*Polemonium acutiflorum, Valeriana capitata, Stellaria* spp.). Моховой ярус развит фрагментарно на участках, прилегающих к опушкам (непосредственно под крупными кустарниками лежит только опад). Несмотря на малые занимаемые площади, ольховые сообщества вносят весомый вклад в накопление фитомассы. По запасу общей фитомассы в подзоне типичных тундр они занимают 3-е место (после ивовой и ерниковой формаций). Показатели живой фитомассы (1720 г/м^2) превышают значения мортмассы (693 г/м^2) в 2.5 раза.

Среди кустарничковых тундр наиболее распространены *багульниковые* (*Ledum palustre* ssp. *decumbens*) тундры – 14.4% территории. Багульниковые тундры свойственны, в первую очередь, Гыданскому полуострову, на Ямале близкие местообитания часто занимает ивовая формация кустарниковых тундр, что может быть связано с менее континентальным климатом полуострова. Сообщества багульниковых тундр занимают широкую полосу между Тазовской губой и Енисейским заливом, протянувшись вдоль Гыданской и Юрибейской гряд. Багульниковые тундры встречаются на пологих склонах долин, озер, на склонах и вершинах увалов. Среди кустарничков большое значение играет *Betula nana*, встречаются также *Vaccinium uliginosum, Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus, Salix glauca, Andromeda polifolia.* Среди трав доминируют *Carex concolor, C. rotundata, Eriophorum polystachion.* Проективное покрытие мхов – до 80%, преобладают *Sphagnum* spp., *Dicranum* spp., видовой состав лишайников (проективное покрытие до 50%) очень разнообразен, доля в проективном покрытии отдельных видов невелика. Встречаются *Cladonia* spp., *Bryocaulon divergens, Flavocetraria nivalis*. Запас фитомассы в багульниковых тундрах составляет – 1628 г/м^2, запас живой фитомассы (1096 г/м^2) практически в 2 раза выше запаса мортмассы (532 г/м^2).

Ерниковые тундры (*Betula nana*) занимают 11.7% площади территории, распространены повсеместно на Ямале, особенно обширные пространства занимают в восточной части полуострова, на Гыданском полуострове распространены на юге подзоны, а также вдоль Гыданской гряды и Танамской возвышенности. Занимают пологие склоны водосборов, речных долин, увалов, оврагов, балок, озерных депрессий, на песках и суглинках. Разнообразие ерниковых сообществ очень велико, в основном встречаются бруснично-ерниковые или ивово-бруснично-ерниковые моховые, осоково-моховые, морошково-моховые, мохово-лишайниковые сообщества. Проективное покрытие *Betula nana* составляет 30-90%, средняя высота сообщества варьирует от 20 до 50 см. Среди доминантов кустарничкового яруса − *Salix glauca, S. lanata, Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus,* среди трав в основном встречаются – *Carex* spp., *Eriophorum* spp., *Equisetum arvense,* в сложении мохового покрова, проективное покрытие которого достигает 90-100%, участвуют *Sphagnum* spp., *Hylocomium splendens, Polytrichum* spp., *Dicranum* spp., проективное покрытие лишайников невелико (5-10%), встречаются *Bryocaulon divergens, Thamnolia vermicularis, Sphaerophorus globosus.* Среди кустарничковой группы формаций для сообществ ерниковой формации характерен наибольший запас общей фитомассы − 2480 г/м^2, по запасу фитомассы в подзоне типичных тундр ерниковые тундры выходят на 2-е место (после ивовых сообществ). Запас живой фитомассы (1407 г/м^2) в 1.5 раза превышает запас мортмассы (990 г/м^2).

Мезофитные луговины представляют собой специфичный тип тундровой

растительности, большую роль в них играют мезофитные травы, мохово-лишайниковый покров развит слабо. Луговины представлены *хвощевой* (*Equisetum arvense*) и *разнотравно-злаковой* (*Bistorta vivipara, Tanacetum bipinnatum, Poas* spp., *Festuca* spp.) формациями (фото 8). Встречаются повсеместно, не занимают обширных площадей, распределены равномерно по территории типичных тундр в тех местах, где складываются наиболее благоприятные условия теплообеспеченности, снегонакопления и протаивания почв – на оползневых поверхностях, террасах, склонах долин. Иногда они возникают в результате антропогенного воздействия и сведения кустарничковой растительности. В подзоне типичных тундр в мезофитных луговинах отмечены наименьшие запасы фитомассы: 87 г/м^2 – в хвощевых, 326 г/м^2 – в разнотравно-злаковых сообществах. Для разнотравно-злаковых луговин характерна высокая доля мортмассы (220 г/м^2), в 2 раза превышающая значения живой фитомассы (106 г/м^2), что связано с большим количеством отмерших частей злаков в составе сообщества.

Фото 8. Хвощевая (*Equisetum arvense* ssp. *boreale* (Bong.) Tolm.) луговина, типичные тундры, центральный Ямал (фото Д.А. Сорочинской).

Гигрофитные (прибрежно-водные) луга представлены *арктофиловой* (*Arctophila fulva*) и *сабельниковой* (*Comarum palustre*) формациями, занимают небольшие площади в долинах рек, на заболоченных, заозеренных территориях в восточной части Ямала, на Гыданском

полуострове − по обеим сторонам Гыданской гряды. Сообщества арктофиловой формации распространены в понижениях, зарастающих протоках, старицах, днищах лощин, озерных депрессий. В состав арктофиловых сообществ помимо арктофилы входят *Carex chordorrhiza, Carex concolor,* велика доля мхов, представленных *Dicranum* spp., *Anastrophyllum minutum, Polytrichum* spp., *Sphagnum* spp., лишайники встречаются редко. В сабельниковых сообществах доминантами травяного яруса являются *Carex* spp., *Comarum palustre,* в моховом ярусе встречаются *Calliergon* spp., *Sphagnum* spp., *Warnstorfia* spp. Для прибрежно-водных лугов характерны невысокие запасы общей фитомассы: 288 г/м^2 – в арктофиловых сообществах, 221 г/м^2 – в сабельниковых; значения мортмассы невелики.

Группа формаций пушицево-осоковых тундр и болот занимает 25% территории типичных тундр, она включает водноосоковую (*Carex aquatilis, C. concolor*), осоково-пушициевую (*Carex* spp., *Eriophorum* spp.), пушицевую (*Eriophorum* spp.) формации со значениями общего запаса фитомассы 531, 1500 и 1485 г/м^2 соответственно. В этих формациях показатели мортмассы превышают значения живой фитомассы, особенно выделяется это соотношение в водноосоковых сообществах – 10:1, (высокая доля мхов и ветоши в составе мортмассы), близкие соотношения были отмечены в монографии Н.И. Базилевич (1993) для осоково-пушицевых сообществ и болот южных и типичных тундр.

Осоково-пушицевые тундры распространены повсеместно: на Гыданском полуострове представлены особенно широко, занимают обширные площади в северной и юго-восточной части полуострова (фото 9), на Ямале менее распространены.

Фото 9. Осоково-пушицевая (*Carex* spp., *Eriophorum* spp.) формация, типичные тундры, полуостров Гыданский (фото Д.А. Сорочинской).

Осоково-пушицевые сообщества занимают наиболее низкие, заозеренные и заболоченные территории на песках, встречаются в понижениях, днищах озерных депрессий, старицах, на пологих склонах, озерных и речных террасах, на плоских вершинах увалов. В обширных озерных депрессиях развиты разнообразные травяно-моховые болота, с разными

доминирующими видами осок в зависимости от обводненности. В зарастающих озерах распространена *Carex concolor*, часто без мохового покрова. Наиболее низкие и обводненные участки занимают осоково-гипновые болота с *Carex rotundata, C. rariflora, C. concolor*, *C. chordorrhiza*. Также в этих обширных озерных депрессиях большие площади заняты осоково-пушицево-сфагновыми болотами с большим разнообразием сфагновых мхов (*Sphagnum balticum, S. lenense, S. fimbriatum, S. steerei, S. compactum, S. squarrosum*). Различаются варианты таких болот с обилием *Betula nana*, переходящие в заболоченные кустарничковые тундры. Высота трав достигает 30 см, кустарничков – 20 см, характерно высокое проективное покрытие – 90-100%, в отдельных сообществах встречаются пятна голой почвы и открытой воды. Микрорельеф бугорковатый, кочковато-западинный, бугристо-мочажинный, мелко-кочковатый, встречается полигональная трещиноватость с нечётко выраженными буграми и мочажинами. Фитомасса этих сообществ, как указано выше, достаточно велика – 1500 г/м^2 и благодаря большой площади распространения их вклад в создание органического вещества на территории подзоны весьма значителен.

Фракционный состав живой надземной фитомассы сообществ типичных тундр. В большинстве растительных сообществ кустарниковых и кустарничковых групп формаций во фракционном составе преобладают деревянистые формы (рис. 8). Их доля составляет 80-95% в кустарниковых сообществах, а также в кустарничковых дриадовых (*Dryas octopetala, D. punctata*) и шикшевых (*Empetrum nigrum*) тундрах, для которых характерно высокое проективное покрытие кустарничкового яруса, а покрытие мохово-лишайникового невелико. В багульниковых (*Ledum palustre* ssp. *decumbens*), брусничных (*Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus*), ерниковых, ивковых (*Salix nummularia, S. polaris*) формациях все еще велика доля мхов (40-60%), доля кустарничков и кустарников около 30%.

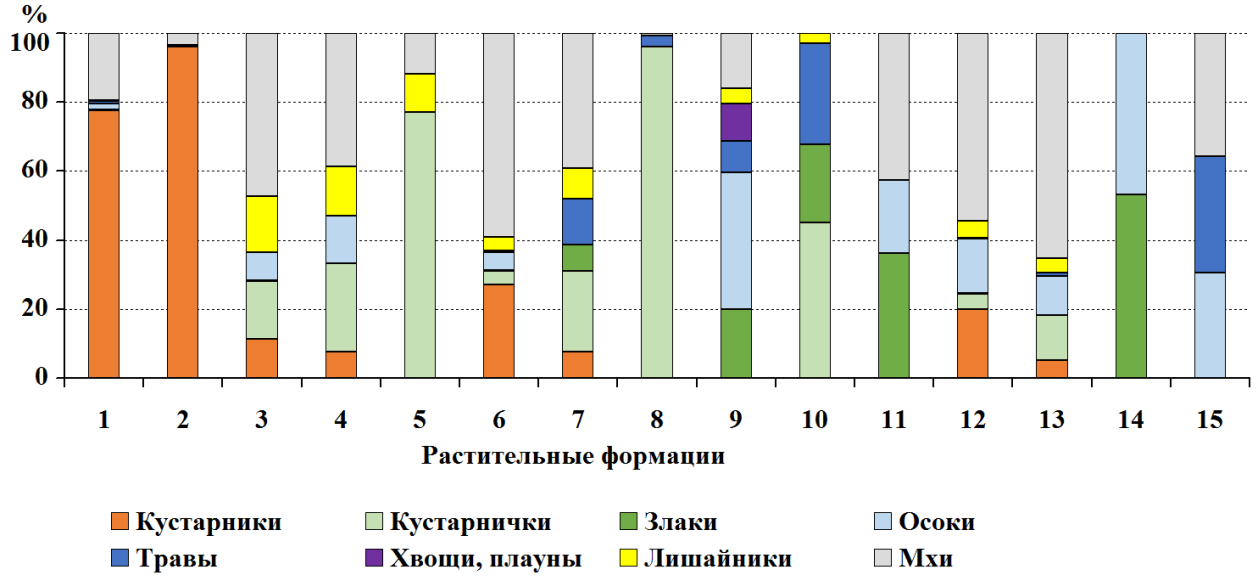


Рис. 8. Доля фитомассы различных фракций в формациях подзоны типичных тундр.

В луговых сообществах широко представлены фракции злаков (40% − в разнотравно-злаковых сообществах (*Bistorta vivipara, Tanacetum bipinnatum, Poa* spp., *Festuca* spp.), 20% − в хвощевых луговинах), трав (8-15%), хвощей, плаунов (10%). В хвощевых луговинах значительную долю дает фракция кустарничков (45%) при низком значении общего запаса фитомассы (рис. 7).

В осоково-пушицевых и пушицевых тундрах наибольший вес имеет фракция мхов (55-

65%), присутствуют кустарники и кустарнички (20%), на осоки и пушицы приходится 10-15% общего запаса фитомассы.

Прибрежно-водная растительность представлена наименьшим числом фракций. В арктофиловой формации весь объем фитомассы представлен злаками и осоками в равном соотношении, в сабельниковой – осоками, травами и мхами.

Такими образом, для типичных тундр наибольший запас фитомассы отмечен в группе формаций кустарниковых тундр в сообществах ивовой и ольховой формаций, в кустарничковых тундрах наибольший запас фитомассы характерен для ерниковых и ивковых тундр. Высокие значения фитомассы наблюдаются также в группе формаций пушицево-осоковых тундр и болот в пушицевых и осоково-пушицевых формациях. Здесь же отмечено превышение показателей мортмассы над живой фитомассой, особенно четко выраженное в водноосоковых сообществах (более чем в 10 раз). Незначительное превышение значений мортмассы также отмечено в ивковых кустарничковых тундрах и разнотравно-злаковых луговых сообществах. Наименьшие запасы фитомассы характерны для тундровых луговин и прибрежно-водных лугов. Во фракционной структуре фитомассы по сравнению с арктическими тундрами значительно увеличивается доля кустарников и кустарничков при сохранении довольно высокой доли мхов.

Южные тундры

Для подзоны южных кустарниковых тундр выделены 20 растительных формаций, объединенных в 6 групп формаций.

Как и во всей тундровой зоне, наиболее распространенной группой формаций являются кустарничковые тундры (42% территории; рис. 9). Большие площади занимают травяные (осоковые и пушицевые) тундры и болота (28.9%) и кустарниковые сообщества (19.4%). Несмотря на то, что кустарниковые сообщества уступают по площади, как кустарничковым тундрам, так и осоковым и пушицевым тундрам и болотам, именно они определяют облик растительности подзоны.

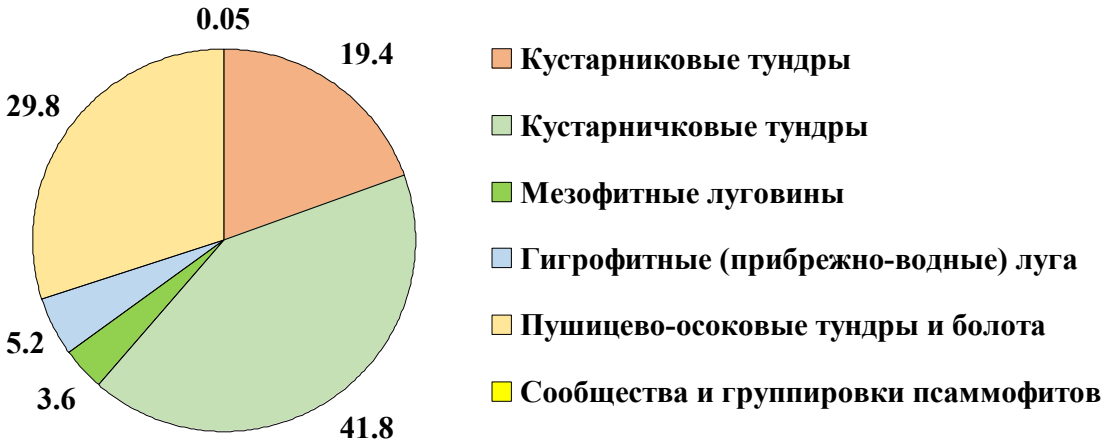


Рис. 9. Соотношение площадей, занимаемых различными типами тундровой растительности в подзоне южных тундр (%).

Кустарниковые сообщества в южных тундрах выходят на плакорные местообитания, характеризуются значительным ценотическим разнообразием, а также относительно высоким постоянством кустарников в сообществах подзоны. Мезофитные и гигрофитные луга менее распространены (3.6% и 5.2% соответственно), сообщества и группировки псаммофитов

занимают менее 0.05% территории. В целом, соотношение площадей, занимаемых различными группами формаций в подзонах южных и типичных тундрах, сходно.

Запас надземной фитомассы проанализирован для 17 растительных формаций, объединенных в 5 классов формаций. Для кустарниковых и кустарничковых сообществ подзоны южных тундр характерны максимальные значения общей фитомассы (рис. 10). В большей части изученных формаций показатели общей фитомассы сосредоточены в пределах 300-2000 г/м^2, однако среди кустарниковых и кустарничковых тундр выделяется ряд формаций, в которых запас фитомассы превышает или приближается к 4000 г/м^2. К ним относятся ивовая (*Salix lanata, S. phylicifolia, S. glauca*) − 4634 г/м^2, ольховая − 5583 г/м^2, голубичная − 3960 г/м^2 формации.

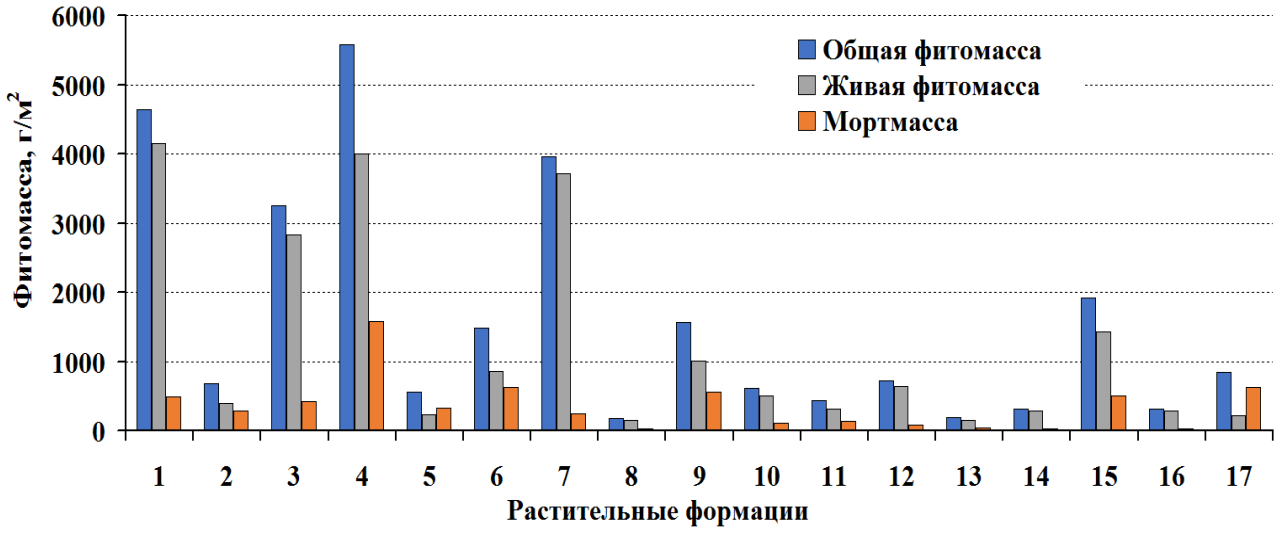


Рис. 10. Значения общей, живой фитомассы и мортмассы для формаций подзоны южных тундр (сухой вес, г/м^2). *Условные обозначения к рисункам 10-11.* Растительные формации. Кустарниковые тундры: 1 − ивовая (*Salix lanata* L., *S. phylicifolia* L., *S. glauca* L.), 2 − ивовая (*Salix lapponum* L., *S. glauca* L., *S. phylicifolia* L.), 3 – крупноерниковая (*Betula nana* L.), 4 – ольховая (*Alnus viridis* (Ehrh.) Pouzar). Кустарничковые тундры: 5 – арктоусовая (*Arctous alpina* (L.) Nieden.), 6 – багульниковая (*Ledum palustre* ssp. *decumbens* (Ait.)), 7 – голубичная (*Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum* Lange), 8 – ивковая (*Salix nummularia* Anderss., *S. polaris* Wahlenb.), 9 – мелкоерниковая (*Betula nana* L.), 10 – шикшевая (*Empetrum nigrum* L.). Мезофитные луговины: 11 – злаково-разнотравная (*Festuca* spp., *Poa* spp.), 12 – разнотравно-бобовая (*Hedysarum hedysaroides* (B. Fedtsch.) P. W. Ball, *Astragalus* spp.), 13 – ситниковая (*Juncus trifidus* L.), 14 – хвощевая (*Equisetum arvense* ssp. *boreale* (Bong.) Tolm). Пушицево-осоковые тундры и болота: 15 – осоково-пушицевая (*Carex* spp., *Eriophorum* spp.). Гигрофитные (прибрежно-водные) луга: 16 – водноосоковая (*Carex aquatilis* Wahlenb., *C. concolor* R. Br), 17 – арктофиловая (*Arctophila fulva* (Trin.) Anderss).

Среди кустарниковых тундр наиболее распространены сообщества *формации Alnus viridis* (8% территории, или почти половина кустарниковых сообществ). Показатели общей фитомассы в ольховых сообществах являются наибольшими среди всех формаций южных тундр – 5583 г/м^2. Сообщества ольховой формации занимают значительные площади и вносят весомый вклад в создание органического вещества.

Ольховые сообщества занимают окраины водораздельных поверхностей, прибровочные части увалов, склоны водосборов, поймы крупных рек, в разной степени представлены на

юге Ямала и Гыдана, а также на Тазовском полуострове. Среди ольшаников преобладают мертвопокровные (при высокой сомкнутости кустарникового яруса), моховые (*Calliergon* spp.) и разнотравные (*Petasites frigidus, Equisetum arvense, Chamerion angustifolium*) сообщества. Для них характерен хорошо развитый кустарниковый ярус (ольха образует практически сплошной полог высотой 2-2.5 м) при низком покрытии других кустарников и кустарничков.

Помимо сообществ, где абсолютным доминантом является *A. viridis,* встречаются ольховые березковые (*A. viridis, B. nana*) сообщества. Проективное покрытие ольхи в данных сообществах относительно низкое – 30-35%, высота кустарникового яруса в среднем – 1.5-2 м, кустарничковый ярус (проективное покрытие до 50%, средняя высота 0.5-1 м) сформирован в основном *B. nana* и *Ledum palustre*, реже другими кустарниками и кустарничками. В травяном покрове преобладают осоки (*Carex vaginata, C. bigelowii*). Моховой ярус развит неравномерно (ОПП − 10-85%), видовой состав мхов достаточно разнообразен (*Aulacomnium* spp., *Calliergon* spp.), лишайники встречаются редко.

Сообщества *ивовой формации* (*Salix lanata, S. phylicifolia, S. glauca*) занимают 5% территории, сосредоточены в основном в северной части подзоны, наибольшие площади занимают на полуострове Ямал, в меньшей степени распространены на Гыдане и Тазовском: в основном располагаются в поймах рек, озерных понижений, на пологих склонах речных долин. Выделяются моховые (*Polytrichum* spp., *Sphagnum* spp., *Tomentypnum nitens, Calliergon* spp., *Aulacomnium* spp., *Hylocomiums plendens*) и разнотравно-осоковые (*Carex aquatilis, C. rariflora, C. rotundata, Alopecurus pratensis, Veratrum album, Equisetum pratensis*) ивняки.

Разнотравно-осоковые ивняки отличаются большим проективным покрытием травяного яруса (в среднем 50%, в том числе 15% трав, помимо граминоидов), высоким разнообразием трав, кустарников и кустарничков. Данные сообщества обычно формируются в поймах рек и долинах ручьев, в нижних частях склонов речных долин. Значения общей фитомассы в данных сообществах невелики, составляет 680 г/м^2.

Для моховых ивняков характерно высокое общее проективное покрытие (100%), высокое покрытие мхов (90-100%), покрытие кустарникового яруса составляет 30-60%, в травяном ярусе преобладают граминоиды (проективное покрытие – до 40%), средняя высота сообщества – до 50 см. Данные сообщества формируются по сырым понижениям водосборов, склонам и днищам лощин, в поймах. Моховые ивняки характеризуются высокими значением запаса фитомассы – 4635 г/м^2, они занимают второе место по общему запасу фитомассы среди формаций южных тундр.

Высокие значения общей фитомассы отмечены также в крупноерниковых тундрах − 3260 г/м^2. Сообщества *крупноерниковой формации* имеют широкое распространение на территории (6.6%). Крупноерниковые сообщества сосредоточены в основном в северной части подзоны, в большей степени на Ямале и Гыдане, в меньшей – на Тазовском полуострове (фото 10). Характерны для увалов, склонов термокарстовых понижений, бортов речных долин и надпойменных террасах, встречаются на плакорах. Помимо *Betula nana,* в кустарниковом ярусе могут произрастать *Salix phylicifolia, S. glauca;* кустарничковый ярус образуют *Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum, V. vitis-idaea* ssp. *minus, Ledum palustre* ssp. *decumbens*. При общем проективном покрытии 90-100%, проективное покрытие кустарникового яруса в среднем составляет 60%. Среди растений травяного яруса заметную роль может играть морошка (*Rubus chamaemorus*). Мохово-лишайниковый ярус, как правило, хорошо развит (ПП – 85-90%). Доминантами яруса выступают различные виды мхов и лишайников (*Dicranum* spp., *Pleurozium schreberi, Hylocomium splendens, Cetraria islandica, C. islandica* и др.).

Кустарничковые тундры – наиболее широко распространенный в подзоне южных тундр

типа тундровой растительности. Для данной группы выделено 9 формаций. Наибольший запас фитомассы характерен для сообществ *формации Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum* – 3960 г/м^2.

Фото 10. Ерниковая (*Betula nana* L.) формация, южные тундры, полуостров Тазовский (фото Д.А. Сорочинской).

Голубичные сообщества развиваются на склонах водосборных поверхностей, озерных террасах и пологих увалах. Основные доминанты кустарничкового яруса – *Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum*, *Betula nana* (проективное покрытие голубики может достигать до 45% при ОПП 90-100%, средняя высота 15-20 см). Выделяются цетрариевые (*Cetraria islandica, Cetrariella delisei*) и моховые (*Sphagnum* spp., *Polytrichum* spp.) голубичные сообщества (проективное покрытие мохово-лишайникового яруса до 60-80%), в который голубика является основным доминантом кустарничкового яруса, а также сообщества с высоким участием других видов кустарничков (*Ledum palustre* ssp. *decumbens, V. vitis-idaeae, Empetrum nigrum*).

Средние значения фитомассы, характерные для *багульниковых сообществ*, – 1480 г/м^2. Багульниковые тундры (*Ledum palustre* ssp. *decumbens*) – самая распространенная формация кустарничковой группы формаций в южных тундрах (18.2% территории). Занимают обширные площади на юге и в восточной части Ямала, Гыдана и Тазовского полуостровов примерно в равном соотношении. Распространены на заболоченных участках водоразделов и пойм, занимают торфяные бугры, термокарстовые гряды и небольшие увалы (фото 11). *Ledum palustre* ssp. *decumbens* выступает основным доминантом (ПП − 35%), также в составе кустарничкового яруса принимают участие *Betula nana,* небольшим обилием (1-5%) характеризуются *Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum, V. vitis-idaea* ssp. *minus, Empetrum nigrum.* Отличительной чертой данной формации является высокое обилие морошки (*Rubus*

chamaemorus) и пушиц, в первую очередь *Eriophorum vaginatum*. Хорошо развит мохово-лишайниковый ярус – проективное покрытие составляет 85-90% (*Sphagnum* spp., *Dicranum* spp., *Polytrichum* spp., *Flavocetraria cucullata*, *Cladonia stygia*). Общее проективное покрытие обычно достигает 100%.

Фото 11. Багульниковая (*Ledum palustre* spp. *decumbens* (Ait.) формация, южные тундры, р. Байдарата (фото Д.А. Сорочинской).

Наименьший запас фитомассы среди кустарничковых тундр отмечен в арктоусовых (559 г/м^2), ивковых (175 г/м^2), шикшевых (618 г/м^2) сообществах. Данные сообщества занимают небольшие площади на территории южных тундр (0.1-3%).

Значения общего запаса фитомассы в луговых сообществах в основном варьируют от 200 до 400 г/м^2, наибольший запас характерен для разнотравно-бобовой формации – 727 г/м^2. Сообщества *разнотравно-бобовой* (*Hedysarum hedysaroides, Astragalus* spp.) формации занимают крутые, хорошо прогреваемые склоны с легким субстратом. Для формации характерно высокое проективное покрытие бобовых (*Hedysarum hedysaroides, Astragalus* spp.). В травяном ярусе также встречаются *Campanula rotundifolia, Equisetum arvense, Festuca rubra, Tanacetum bipinnatum,* среди кустарничков встречается *Salix nummularia*, проективное покрытие которой достигает 10-15%.

Разнотравно-бобовые, ситниковые, хвощевые луговины занимают небольшие территории – 0.1-0.5%, наибольшие площади характерны для злаково-разнотравных сообществ, которые имеют преимущественно антропогенное происхождение (2.7%). Естественные тундровые луговины в основном расположены в пойменных местообитаниях и на склонах, антропогенные луговины могут встречаться также и на плакорах.

Группа формаций осоковых и пушицевых тундр и болот представлена единственной

осоково-пушицевой формацией. Значение общего запаса фитомассы в формации достигает 1925 г/м^2, и в отличие от типичных тундр, значения живой фитомассы здесь превышают значения мортмассы практически в 3 раза (1424 и 500 г/м^2 соответственно). Вклад этих тундр в создание органического вещества в рамках подзоны значителен, так как сообщества формации *Carex* spp. и *Eriophorum* spp. занимают практически 30% территории южных тундр. Они особенно широко распространены на полуострове Ямал, меньшие площади занимает на Гыданском и Тазовском полуостровах. Осоково-пушицевые сообщества формируются в хорошо увлажненных, переувлажненных и заболоченных местообитаниях. Встречаются в сырых поймах, термокарстовых понижениях, озерных депрессиях, в местах с застаивающейся водой, а также на пологих склонах увалов и даже на водосборах. Осоки и пушицы (*Carex chordorrhiza, C. concolor, C. aquatilis, Eriophorum scheuchzeri, E. russeolum*) образуют хорошо сомкнутый ярус, проективное покрытие составляет 65-90% (ОПП − 90-100%), средняя высота сообщества – 20-30 см. Кустарники и кустарнички встречаются единично, не образуют сомкнутого покрова. Моховый ярус состоит в основном из сфагновых и гипновых мхов, мхов рода *Aulacomnium,* проективное покрытие может достигать 100%. Лишайники встречаются в небольшом количестве практически повсеместно, доля в проективном покрытии отдельных видов незначительна.

Прибрежно-водная растительность представлена арктофиловой (*Arctophila fulva*) и водноосоковой (*Carex aquatilis, C. concolor*) формациями.

Запас фитомассы в *арктофиловых* сообществах достаточно низкий – всего 319 г/м^2. Формация занимает незначительные площади, в основном распространена на полуострове Ямал. Арктофиловые сообщества распространены по берегам рек и озер на пологих участках с песчаным заторфованным дном. Мохово-лишайниковый ярус практически отсутствует (изредка встречаются небольшие пятна сфагновых и гипновых мхов), также как и кустарниковая и кустарничковая растительность. *Arctophila fulva* является единственным доминантом, ее проективное покрытие варьирует от 15 до 90%, средняя высота – 50 см, характерны участки открытой воды, в некоторых сообществах отмечена пушица *Eriophorum scheuchzeri*. Опад практически отсутствует (мортмасса − 29.4 г/м^2).

В сообществах *водноосоковой формации* запас фитомассы несколько выше − 844 г/м^2, однако показатели мортмассы здесь превышают значение живой фитомассы в 3 раза (620 и 223 г/м^2 соответственно).

Сообщества *Carex aquatilis, C. concolor* встречаются не только в непосредственной близости от водоемов, но и на переувлажненных поймах, днищах сырых ложбин, балок и термокарстовых котловин с песчаным или оторфованным песчаным субстратом. Моховой ярус сложен сфагновыми и гипновыми мхами, его проективное покрытие варьирует от нескольких процентов до 100%, лишайники практически отсутствуют, единичные кустарники *Salix* spp. и *Betula nana* не образуют сомкнутого яруса. В основном осоки образуют монодоминантные сообщества (ПП − 70%, средняя высота сообщества – 40-50 см) с небольшой примесью пушиц и злаков, встречается сабельник (*Comarum palustre*).

Анализ фракционного состава живой фитомассы сообществ южных тундр. В южных тундрах ведущая роль во фракционном составе фитомассы принадлежит кустарникам (рис. 11). В группе формаций кустарниковых тундр доля деревянистых форм составляет 55-98%, роль мхов невелика.

Среди кустарничковых тундр в голубичной, ивковой и шикшевой формациях доля кустарников и кустарничков колеблется от 87 до 93%.

В арктоусовой, багульниковой, мелкоерниковой формациях масса кустарничков несколько меньше – 28-50%, высока роль лишайников (до 50% в багульниковых тундрах) и мхов (20-25%).

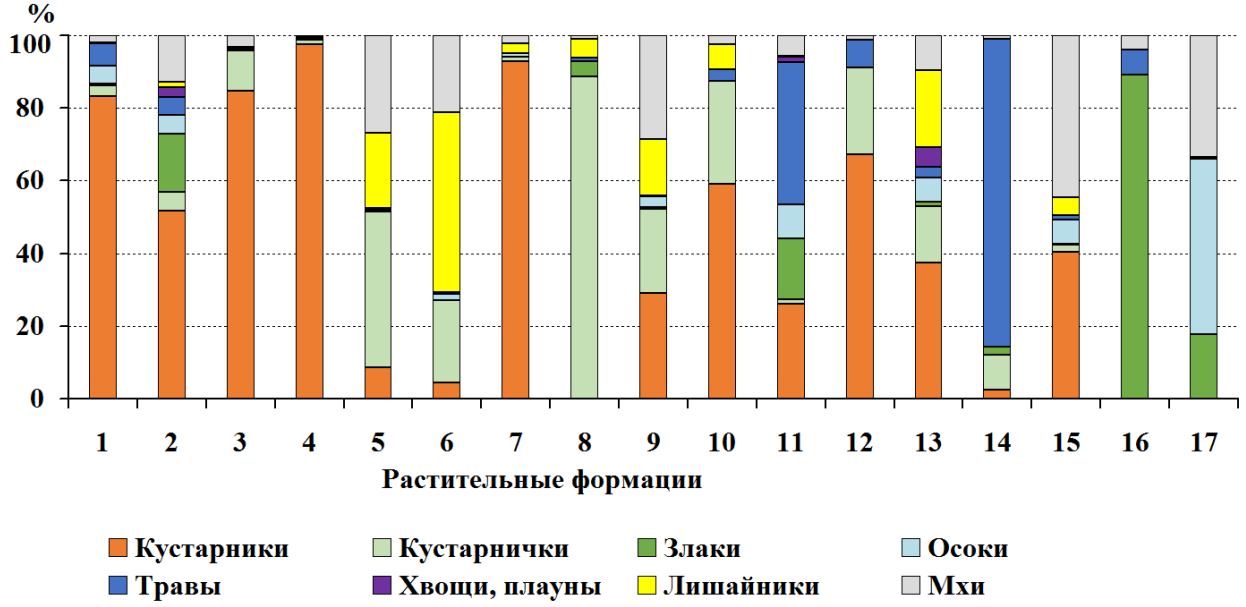


Рис. 11. Доля фитомассы различных фракций в формациях подзоны южных тундр.

В луговых сообществах во фракционном составе преобладают травы (до 90% в хвощевых луговинах), велика доля кустарников и кустарничков (от 10 до 50%), на фракцию мхов приходится менее 10% общей фитомассы.

В составе осоково-пушицевых тундр преобладают мхи (45%) и кустарники (38%), на долю пушиц и осок приходится около 10%, арктофиловая формация представлена злаками (90% в составе фитомассы), в водноосоковой преобладают осоки (45%), значительна доля мхов (33%).

Таким образом, мы наблюдаем тенденцию увеличения общего запаса фитомассы от арктических тундр к южным. В подзоне южных тундр запас фитомассы достигает 4600-5600 г/м^2 в кустарниковых сообществах, хотя в большей части формаций показатели общей фитомассы варьируют от 300 до 2000 г/м^2. Среди изученных формаций подзоны абсолютным лидером по запасу фитомассы являются ольховые сообщества, высокие значения фитомассы также отмечены в сообществах ивовой, крупноерниковой и голубичной формаций. Наименьшие показатели фитомассы, как и в типичных тундрах, характерны для луговых и прибрежно-водных сообществ. В арктических тундрах, напротив, величина фитомассы в данных сообществах выше, чем в некоторых кустарничковых тундрах из-за меньшего варьирования показателей фитомассы в пределах различных формаций. Превышение значение мортмассы над показателями живой фитомассы значительно только в водноосоковой формации (3:1). В основном для изученных формаций характерно превышение запасов живой фитомассы над мортмассой в 5-9 раз, что соответствует данным полученным Н.И. Базилевич (1993).

Во фракционном составе фитомассы абсолютно преобладают кустарники, в меньшей степени кустарнички, роль мхов невелика, лишь в некоторых осоковых и кустарничковых сообществах их доля может достигать 20-40%.

Выводы

Итоги проведенного исследования позволяют сделать некоторые выводы об эколого-географических особенностях структуры надземной фитомассы изученных тундровых сообществ и ее распределения по территории.

Общий запас фитомассы растительных сообществ тундровой зоны Западной Сибири зависит от географического положения – увеличивается при продвижении с севера на юг, от подзоны арктических тундр к подзоне южных тундр.

Накопление фитомассы в тундровых сообществах в рамках одной подзоны значительно различается в зависимости от характера растительности. Анализ распределения надземной фитомассы по сообществам различных формаций показал, что в *арктических тундрах* максимальные показатели отмечены в кустарничковых ивовых (1800 г/м^2) и осоково-пушицевых (2070 г/м^2) тундрах. В *типичных тундрах* наибольшие значения отмечены в группах формаций кустарниковых (ивовых – 3080 г/м^2 и ольховых тундр – 2413 г/м^2), и в кустарничковых ерниковых тундрах (2480 г/м^2). *В сообществах южных тундр* максимальные запасы фитомассы отмечены в кустарниковых ольховых (5580 г/м^2), ивовых (4630 г/м^2), крупноерниковых (3258 г/м^2) и кустарничковых голубичных (3960 г/м^2) сообществах. Состав растительных сообществ и, соответственно, структура фитомассы находятся в зависимости от геолого-геоморфологических, климатических и почвенных условий.

Анализ фракционного состава живой фитомассы в пределах подзон показал, что для *арктических тундр* характерно преобладание фракции мхов (до 90%), для *типичных* – кустарников и кустарничков (30-80%) при сохранении высокой доли мхов (20-40%), для *южных* – абсолютное преобладание кустарников (60-90%), в меньшей степени кустарничков (20-30%), роль мхов невелика.

Выявлены соотношения мортмассы и живой фитомассы в сообществах различных формаций в пределах подзон, что является важным показателем депонирования углерода в тундровой зоне. В ерниковой, ивовой, хвощевой, водноосоковой формациях подзоны *арктических тундр* зоны мортмасса превышает показатели живой фитомассы. В *типичных тундрах* превышение мортмассы над запасами фитомассы характерно только для переувлажненных местообитаний (пушицево-осоковые тундры и болота). В сообществах *южных тундр* выявлена обратная тенденция − запас живой фитомассы в 5-9 раз превышает показатели мортмассы в абсолютном большинстве формаций.

Полученные результаты могут быть использованы для составления карты запасов и структуры фитомассы тундровых сообществ Западной Сибири, что даст возможность провести оценку оленеемкости пастбищ и учета депонирования углерода на обширных малоизученных территориях.

Благодарности. Авторы выражают благодарность с.н.с. ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцова К.А. Ермохиной за предоставленную возможность участия в экспедиции, помощь в обработке данных и предоставление необходимых для работы материалов; с.н.с. БИН РАН О.В. Хитун за помощь в определении видов тундровой флоры; сотрудникам Российского центра освоения Арктики за комплексную поддержку полевых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова В.Д. 1969. Классификация растительности. Обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах. Ленинград: Наука. 275 с.

Андреяшкина Н.И. 1971. К методике определения наземной массы кустарников и кустарничков лесотундры // Экология. № 2. С. 82-84.

Базилевич Н.И. 1993. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука. 295 с.

Базилевич Н.И., Титлянова А.А. 1978. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль. 345 с.

Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. М.: Высшая

школа, 1987. 414 с.

Землянский В.А. 2018. Эколого-географический анализ растительности южных и типичных тундр Ямало-Ненецкого автономного округа // Магистерская диссертация по специальности «Экология и природопользование». М.: МГУ имени М.В. Ломоносова: географический факультет. 107 с. (рукопись).

Карелин Д.В., Замолодчиков Д.Г., Гильманов Т.Г. 1995. Запасы и продукция углерода в фитомассе тундровых и лесотундровых экосистем России // Лесоведение. № 5. С. 29-36.

Клоков К.Б. 2013. Воздействие изменений климата и промышленного освоения на оленеводческое хозяйство Ямала: кумулятивный эффект // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. № 30. С. 211-214.

Лавренко Е.М. 1959. Основные закономерности растительных сообществ и пути их изучения // Полевая геоботаника. Ленинград: Наука. Т. 1. С. 13-75.

Макунина А.А. 1985. Физическая география СССР. М.: Изд-во МГУ. 294 с.

Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. 1970. Физическая география СССР. М.: Мысль. 468 с.

Отчет по НИР «Геоботаническая оценка оленьих пастбищ Ямальского и Тазовского района ЯНАО». 2017. Департамент по науке и инновациям Ямало-Ненецкого автономного округа. 253 с.

Раковская Э.М., Давыдова М.И. 2001. Физическая география России: учебник для студентов педагогических высших учебных заведений. В 2 ч. М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС. 304 с.

Симонов М.И. 1977. Климат. Ямало-Гыданская область (физико-географическая характеристика). Л.: Гидрометеоиздат. С. 27-51.

Сорочинская Д.А. 2018. Структура растительного покрова тундр Гыданского полуострова // Выпускная бакалаврская работа по специальности «Экология и природопользование». М.: МГУ им. М. В Ломоносова: географический факультет. 60 с. (рукопись).

Юнатов А.А. 1964. Типы и содержание геоботанических исследований. Выбор пробных площадей и заложение экологических профилей // Полевая геоботаника. Л.: Наука. Т. 3. С. 9-36.

Billings W.D. 1987. Carbon balance of Alaskan tundra and taiga ecosystems: past, present and future // Quaternary Science Reviews. Vol. 6. Pp. 165-177.

Bolin B. 1986. How much CO, will remain in the atmosphere? // The Greenhouse Effect, Climate Change, and Ecosystems. Scope 29 / Eds B. Bolin, B. Doos, J. Jager, R. Warrick. London: JohnWileyandSons. Pp. 93- 155.

Circumpolar Arctic Vegetation Map. 2003. Scale 1:7,500,000. U.S. Fish and Wildlife Service, Anchorage, Alaska.

Database of high spatial resolution global weather and climate data. 2020. WorldClim. [Электронный ресурс https://www.worldclim.org/ (дата обращения 12.04.2020)].

Melillo J.M., McGuire A.D., Kicklighter D.W., Moore B., Vorosmarty C.J., Schloss A.L. 1993. Global climate change and terrestrial net primary production // Nature. Vol. 363. No. 6426. Pp. 234-240.

ECOLOGY: ECOSYSTEMS AND DYNAMICS, 2020, Vol. 4, No. 3, Pp. 34-60

STRUCTURAL ORGANIZATION OF ECOSYSTEMS AND PATTERNS OF THEIR DISTRIBUTION

UDC 574.45

STRUCTURE AND DISTRIBUTION OF ABOVE-GROUND PHYTOMASS OF THE TUNDRA COMMUNITIES OF WESTERN SIBERIA

© 2020. D.A. Sorochinskaya, N.B. Leonova

M.V. Lomonosov Moscow State University, Geographical Faculty
Russia, 119991, Moscow, Vorobyovy Gory, GSP-1. E-mail: nbleonova2@gmail.com

Received July 18, 2020. After revision August 30, 2020. Accepted September 01, 2020.

In this article we summarize the quantitative data on the aboveground phytomass of tundra communities collected during the expeditions of the Russian Center for Arctic Development on the Yamal, Taz and Gydan Peninsulas in 2017-2018. The phytomass was studied within formations of various plant communities of three subzones of the West Siberian tundra: arctic, typical and southern tundra. Aboveground phytomass is one of the sources of organic matter in the soil; therefore, the study of its accumulation in tundra communities is of great importance for the further studies of the processes of carbon deposition. In this regard, it is necessary to obtain data on the ratio between living phytomass and mortmass in different geographic conditions and in different types of plant communities, while identification of the fractional composition of living phytomass makes it possible to understand the features of living matter accumulation and carbon deposition. This study revealed some general patterns of aboveground phytomass accumulation, such as an increase in its value as it moves from north to south, from the arctic tundra subzone to the southern tundra subzone. The accumulation of phytomass varies significantly due to the nature of vegetation. The maximum values of total phytomass are common for dwarf willow and sedge-cotton grass communities in the arctic tundra; for shrub willow, alder and dwarf birch communities within the typical tundra and southern tundra subzones. Analysis of the fractional composition of living phytomass within the subzones showed that fraction of mosses prevails in the arctic tundra; shrubs and dwarf shrubs prevail in the typical tundra, with a high amount of mosses; and the absolute predominance of shrubs is common for the southern tundra. The ratio of mortmass and living phytomass in communities depends mainly on the plant formation within each subzone. Our results can be used to compile a map of phytomass storage and structure within the tundra communities of Western Siberia, which will make it possible to assess the reindeer capacity of local pastures, and to account the carbon deposition in the poorly studied areas.

Keywords: above-ground phytomass, tundra communities, living phytomass, mortmass, fractional composition, subzonal differences.
DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10064

Production processes of the tundra of West Siberian are still insufficiently explored. Tundra ecosystems are among the most significant terrestrial biomes because of their two main carbon pools (carbon stocks in soil and in phytomass), which they gained due to extremely slow decomposition of plant residues. Tundra communities accumulate the largest amount of soil carbon per unit of area, while the indices of primary production remain the lowest in comparison to other terrestrial ecosystems (Billings, 1987; Bolin, 1986; Melillo, 1993).

Aboveground phytomass is one of the sources of organic matter in soil; therefore, the assessment of its accumulation in tundra communities is significant for the further studies of carbon deposition processes (Karelin et al., 1995). Meanwhile, an intense anthropogenic load, such as reindeer grazing, development of hydrocarbon deposits and other activities, causes vast and long-term changes of vegetation cover in this territory and, respectively, of phytomass production (Klokov, 2013).

With tundra territories being little-studied and hard-to-reach, currently there is a severe lack of data on the condition of their vegetation and quantitative assessment of production processes, which play an important role in the state of ecosystems in changing environment.

In this study we present the generalized field data, collected in the tundra communities of West Siberia to determine the structure and fractional composition of aboveground phytomass of plant communities in relation to ecological-geographic factors. For this goal we analyzed the features of living phytomass and mortmass accumulation in plant communities of the Arctic, typical and southern tundra subzones, as well as the fractional composition of living phytomass of plant formations according to their subzonal aspect.

Materials and Methods

This study is based on the materials obtained during the expeditions of the Russian Center for Arctic Development, which took place in 2017-2018 and were focused on vegetation of reindeer pastures of the Yamal, Gydan and Taz Peninsulas, as well as on stocks of aboveground phytomass and productivity of tundra communities.

According to the "Physical Geography of the USSR" (Milkov, Gvozdetsky, 1970), the Yamal, Gydan and Taz Peninsulas belong to the tundra zone of West Siberia. Many researchers marked them out as 3 independent provinces of Yamal, Gydan and Taz, respectively (Makunina, 1985; Gvozdetsky, Mikhailov, 1987; Rakovskaya, Davydova, 2001). Besides, the similar type of their relief, same latitudinal and sectorial location with alike climatic conditions, related soils and vegetation cover allow us to study this territory as one unit of Yamal-Gydan Region (Simonov, 1977).

The overall geological history of this territory started with sea transgressions which led to formation of different-leveled sea terraces and determined the plain relief for the peninsulas. *Lowland seaside depositional plains* (photo 1) are the most widespread landscapes of Yamal, the northern and southwestern parts of Gydan and northern part of Taz. Their surface is formed by the rows of flat bogged sandy and sandy-loamy sea terraces with numerous watercourses, residual and thermokarst lakes; their true altitude is 50-80 m AMSL (sometimes reaching 120 m). The elevated inner parts of the peninsulas (Gydan Ridge, Central Yamal) have *lowland moraine* or *glacial-marine plains* in the area of middle quaternary glaciation. The relief there is wavy or gently hilly, or ridge-like sometimes, the ALT in Yamal is never higher than 100 m AMSL, and 180 m AMSL in Gydan (photo 2, 3).

Their high-latitudinal location, impact of the continental massif of Eurasia and closeness of the Kara Sea cause extremely severe climatic conditions, which mainly determine development of soil and vegetation covers of the peninsulas. The differences between Yamal, Gydan and Taz are not significant; however, the Gydan Peninsula is more continental, with a colder winter (down to –60°C). Phytomass accumulation strongly depends on climatic differences in the subzonal aspect, such as heat availability level, sum of active temperatures and duration of vegetation period (table 1).

This territory is located in a zone of ubiquitous long-term permafrost, the depth of which changes due to geomorphological conditions and can reach down to 300-400 m. The local soils are tundra cryosolic. The activity of permafrost processes around the territory causes disturbances of integrity of soil cover, makes it mosaic and micro-complex, which in its turn affects the structure of vegetation cover.

The expeditionary researches took place on the key sites in the typical conditions of various subzones of the peninsulas. Each of them was chosen according to the obtained data on geobotanical state of exploration of the territory, so in the little-studied areas we chose the sites with the highest landscape diversity to include as many plant communities as possible.

Photo 1. Flat waterlogged plains with lakes and bogs of Northern Yamal (photo by N.B. Leonova).

Photo 2. Central Yamal (photo by D.A. Sorochinskaya).

The research was carried out on 11 key sites in the subzones of the arctic tundra (Yamal-1, Gydan-1, Gydan-2), typical tundra (Yamal-2, Gydan-3, Gydan-4, Ural-4) and southern hypoartctic

tundra (Yamal-3, Yamal-4, Taz-1, Ural-3; fig. 1, table. 2).

To assess the aboveground phytomass storage we mowed and collected 290 triplicate samples from the sample plots (table 3). We made a full geobotanical description of each community inside of which a sample was taken. The 44 samples of phytomass were harvested in the arctic tundra (geobotanical descriptions and sampling were carried out by K.A. Yermokhina, E. Troyeva and M. Telyatnikov); 96 in the typical tundra (descriptions by O.V. Khitun, I.S. Zhdanov, V.A. Zemlyanskiy, N.E. Koroleva and D.A. Sorochinskaya; sampling by D.A. Sorochinskaya, D.A. Kashev, Ya.I. Gunin and D. Krasnitskaya); and 150 in the southern tundra (descriptions by O.V. Khitun, V.A. Zemlyanskiy, N.E. Koroleva and S.I. Plyusin; sampling by D.A. Sorochinskaya, D.A. Kashev, Ya.I. Gunin, V.A. Kazantsev and L.A. Krivenok).

Photo 3. Typical tundra near the Baydaratskaya Bay (photo by D.A. Sorochinskaya).

The studied key sites were round, with a radius of 10 km. On each of them the geobotanical profiles were studied, laid out perpendicularly to the riverbed, from the watershed to the floodplain. The amount of profiles varied from 2 to 6, stretching for 1.5-5 km. The profiles were set specifically to include all typical plant communities. The phytomass samples were collected exactly where the sample plots were described within the said profiles (fig. 2). The marking of the profiles on the relief was made according to the mapping sourced provided by our client (satellite imagery of Landsat 7.8, topographical maps of the territory at the scale of 1:100,000).

The stocks of aboveground phytomass were assessed by the mowing method (Andreyashkina, 1971; Bazilevich, Titlyanova, 1978). The triplicate samples were collected from the randomly chosen sample plots of 25x25 cm, inside the plant community described in the profile (photo 4). Herbaceous plants and dwarf shrubs were cut down at the level of green and brown parts of mosses, while the sod formed by lichens and mosses was extracted intact. The samples were stored into the packages made of craft paper, and marked with labels.

In a laboratory the samples were divided into fractions, such as forage groups: shrubs (separate trunks, branches and leaves), cereals, sedges, mixed grasses, dwarf shrubs (by species), lichens (by species, if possible), mosses, and dead (brown) parts of mosses and lichens, mortmass. These

materials were air-dried and weighted with an accuracy of 0.1 gram. The obtained values were put into Microsoft Excel tables, the average values of phytomass stocks (in g/m^2) were calculated for 3 mowing plots limited by one community. This work was performed in the Laboratory of Biogeocenology of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, by D.A. Sorochinskaya, V.A. Zemlyanskiy, Ya.I. Gunin, D. Krasnitskaya and S. Derkacheva.

Table 1. Bioclimatic characteristics are shown according to the "Database of High Spatial Resolution Global Weather and Climate Data" (2020).

Bioclimatic characteristics	Yamal			Taz	Gydan	
	Arctic tundra	Typical tundra	Southern tundra	Southern tundra	Arctic tundra	Typical tundra
Average air temperature, °C	-9.9	-8.7	-6.4	-7.5	-10.3	-9
Average air temperature in July, °C	7.1	10.2	12.2	12.2	8.7	10.7
Average air temperature in January, °C	-24.3	-24.4	-22.2	-23.4	-25.7	-24.8
Average air temperature for the warm period, °C	8.9	12.1	17.6	16.0	12.1	16.2
Average air temperature for the cold period, °C	-30.4	-29.2	-29.1	-30.9	-32.4	-32.6
Annual sum of precipitation, mm	228	290	370	345	310	330
Sum of precipitation for the warm period, mm	80	104	127	126	116	122
Sum of precipitation for the cold period, mm	46	56	68	58	63	62

Geobotanical descriptions for the communities where the mowing was preformed were compiled according to the standard methods (Yunatov, 1964) and with consideration of the features of the studied habitats. They were carried out on the sample plots of 100 m^2, taking into account the complexity of tundra vegetation cover (including descriptions of microcenoses, with their size no less than 10 m^2). The descriptions included a full species composition of communities, with vascular plants, bryophytes and lichens; the species that could not be identified directly in the field were collected to be identified later and added to the lists. To assess the species abundance the Braun-Blanquet scale was used, in percent of the total projective cover.

Within the sample plots the following habitats characteristics were registered and then used in the analysis of phytomass distribution: the general surface slope (in degrees), slopes exposure (in degrees), location on the relief, nature of the surface deposits (of the mineral soil horizon, if it was possible to determine), nature and degree of moisture, depth of the organic horizon.

The projective cover of vegetation cover was determined in percent, including such features as the total projective cover of vegetation cover on the plot, cover of the shrub layer, cover of the herbs-dwarf shrubs layer, cover of the moss-lichen layer. We also determined the average height of layers and vegetation cover in general.

On the sample plots and mowing plots the accurate geographical coordinates were determined with the use of GPS-receivers, such as GARMIN GPSMAP 78S RUSSIA, and the height above mean sea level. In addition, we took photographs of plant communities and sample plots.

The summary tables with geobotanical descriptions and their processing were compiled in Turboveg 2.122 and Microsoft Office Excel. Based on the data of geobotanical descriptions, in

2018 a classification of plant communities was created (Zemlyanskiy, 2018; Sorochinskaya, 2018), and its species were later used to analyze the phytomass distribution in the groups of plant communities.

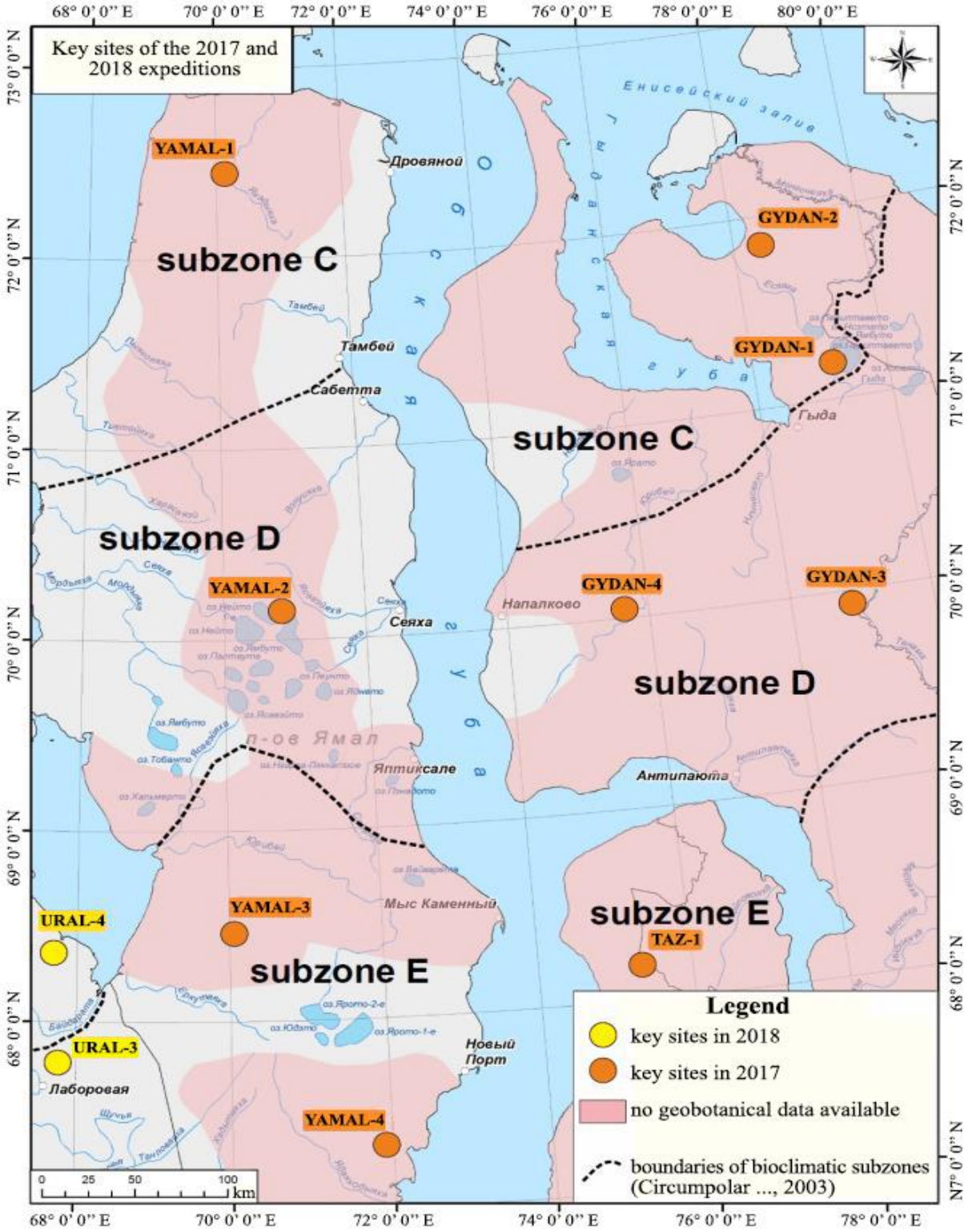


Fig. 1. Locations of the key sites. The boundaries of the arctic, typical and southern tundra (subzones C, D, E) are given according to the map of bioclimatic subzones (Circumpolar ..., 2003).

Table 2. Geographic coordinates of the key sites.

No.	Number of a key site	N	E
1	Y1	72.47594	70.1501
2	Y2	70.20466	70.82072
3	Y3	68.43693	70.04951
4	Y4	67.381	72.082
5	G1	71.21799	79.27374
6	G2	71.91361	78.67611
7	G3	69.95845	78.79057
8	G4	70.09156	75.62321
9	T1	68.218948	75.212345
10	U3	67.98981	67.62839
11	U4	68.86311	66.71322

The classification was created according to the ecological-morphological approach of E.M. Lavrenko (1959; Aleksandrova, 1969). Its main principles are the systematization of plant communities on the basis of the dominant species' unity of a certain life form within the main community layers; the main classification unit of the analysis is formation of communities. The formations are distinguished by the unity of edifiers in the dominant layer, and are grouped into classes of formations, corresponding to the type of tundra vegetation by the dominant life form. The distribution of the main formations is described in accordance with the geobotanical map of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (Research Work Report ..., 2017), the legend of which is based on the classification of plant communities.

The values of phytomass stocks were calculated for communities of various formations in the subzonal aspect (Zones and Types ..., 1999). In addition, we assessed the structure of the total value of the phytomass stock in some communities by determining the phytomass of various fractions (shrubs, dwarf shrubs, sedges, cereals, grasses, lichens and mosses). In Excel the histograms of the phytomass distribution of the selected fractions were created, as well as histograms to show the ratio between the total phytomass, living aboveground phytomass and mortmass.

Table 3. Number of phytomass samples within subzones and key sites.

Subzone	Number of samples on the key sites	Total for a subzone
Arctic tundra	11 (Yamal-1), 14 (Gydan-1), 19 (Gydan-2)	44
Typical tundra	24 (Yamal-2), 21 (Gydan-3), 25 (Gydan-4), 26 (Ural-4)	96
Southern hypoarctic tundra	44 (Yamal-3), 53 (Yamal-4), 24 (Taz-1), 29 (Ural-3)	150
Total		**290**

Results and Discussion

The analysis of the fractions' composition of the living aboveground phytomass and of the ratio between the living phytomass and mortmass was carried out in the communities of various tundra formations in the subzonal aspect.

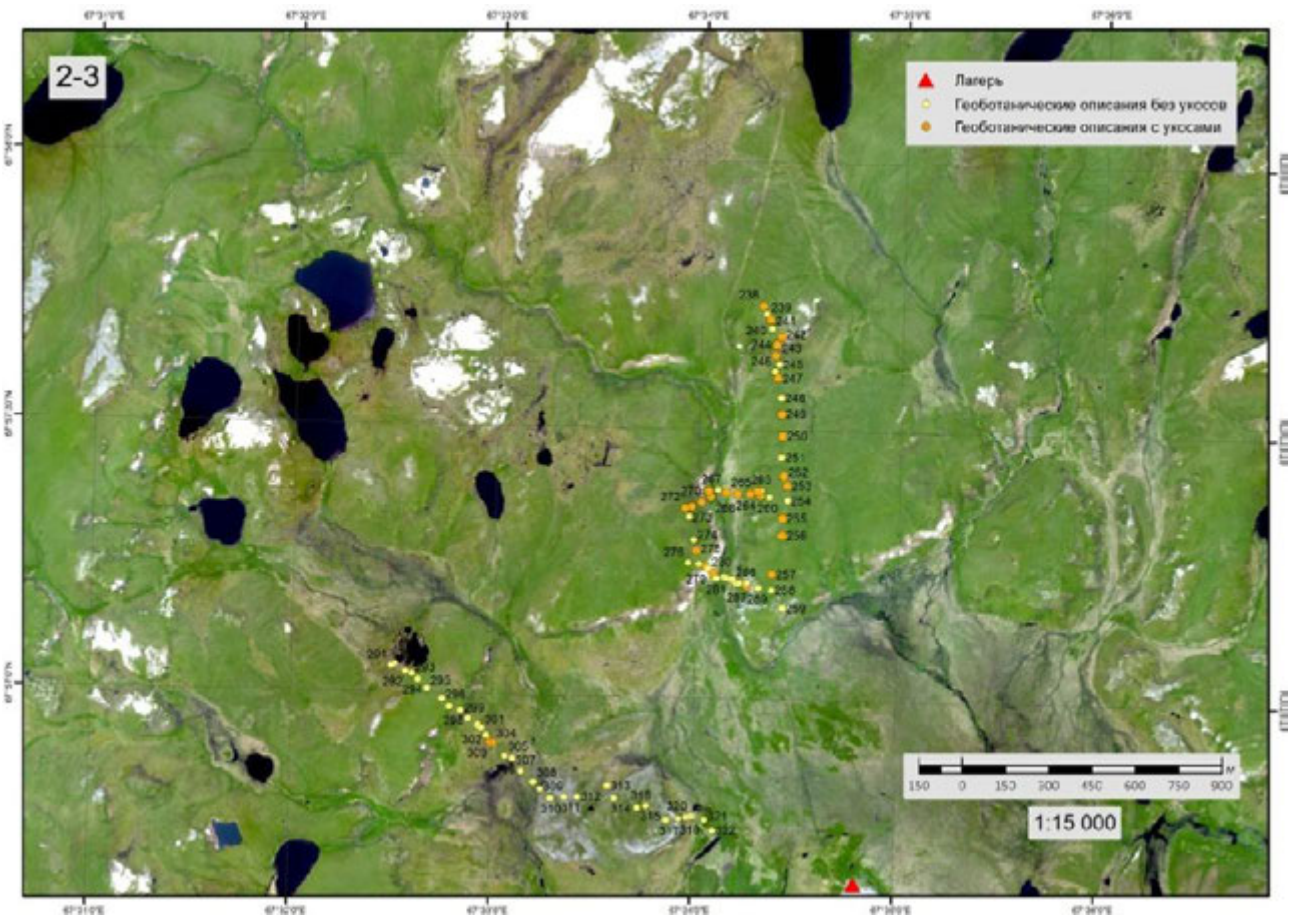


Fig. 2. The key site Ural-3 in the southern tundra subzone. *Legend:* yellow − geobotanical descriptions plots, orange − sampling sites.

Arctic Tundra

In the previously made classification (Zemlyanskiy, 2018; Sorochinskaya, 2018) the 11 formations of 5 groups (types of tundra vegetation) were determined for the arctic tundra of Yamal and Gydan: 1) dwarf shrub tundra, 2) grass (sedge and cotton grass) tundra and bogs, 3) mesophytic meadows, 4) hygrophytic (coastal-water) meadows, 5) psammophytes communities and groups (fig. 3).

More than half of the territory of the arctic tundra is occupied by a group of dwarf shrubs tundra formations (almost 65% of the area; photo 5). In addition to dwarf tundra, a significant part of the territory is covered with sedge and cotton grass tundra and bogs (20.8%), as well as hygrophytic meadows (12.6%). Mesophytic meadows occupy small areas (1.4%). The psammophytes communities and groups are least widespread, occupying less than 0.5% of the territory.

The data on the aboveground phytomass stock in the arctic tundra were collected and analyzed for 9 plant formations, combined into 4 groups: dwarf shrub tundra, grass and sedge tundra, mesophytic meadows and hygrophytic (coastal-water) meadows. This data, such as the values of the total phytomass, living phytomass and mormass within the main formations, are shown in Figure 4, and the share of various fractions in the phytomass structure is shown in Figure 5.

The total phytomass stocks in the studied plant communities vary from 695 to 2070 g/m^2 in dry weight (fig. 4). The biggest stocks were found in the cotton grass-sedge (2070 g/m^2) and willow (1800 g/m^2) tundra. Generally, the differences between the values of the total phytomass stock are insignificant and mostly are about 900-1300 g/m^2.

Photo 4. A mowing test site in a dwarf birch community of the typical tundra (photo by D.A. Sorochinskaya).

As it was mentioned above, communities of *cotton grass-sedge tundra* (*Eriophorum angustifolium, Carex rotundata*) formation, play a major role in the structure of the arctic tundra vegetation cover. These communities occupy the river valleys, waterlogged territories with lakes and bogs, gentle slopes of watersheds, terraces, slopes and bottoms of lake depressions, shallow gullies and runoff streaks. Cotton grass-sedge tundra is widespread throughout northern Yamal, in the south of Yavay, on the Bely, Shokalsky and Oleny Islands. Its grass stand is quite dense and high for the arctic tundra conditions, its projective cover is 20-50%, the average height is 25 cm, and it consists of *Carex stans, Eriophorum polystachion, E. scheuchzeri* in various proportions. Sometimes the bulgy-swampy complexes can be found there as well.

Communities of *dwarf shrubs willow tundra* (*Salix lanata, S. reptans*) formation are more local (about 6%) and mostly concentrated in the northwest of Yamal and southeast of the arctic tundra subzone of the Gydan Peninsula. They can be also found on the sandy river terraces, along the creeks, on the slopes of valleys, depressions, gullies and ridges. Usually, they are represented with sedge-moss willow forests with dominant *Salix lanata*, which can grow up to 80 cm.

The largest areas of tundra with dwarf shrubs (almost 40% of total territory) are occupied with formation of *willow tundra* (*Salix nummularia, S. polaris*). Their total phytomass stocks are not very high (861 g/m^2), the stocks of living phytomass (505 g/m^2) are 30% higher than mortmass (356 g/m^2). Willow kinds of tundra are widespread, covering especially big territories in the arctic tundra of

Northern Yamal, Yavay and Oleny Peninsulas, Shokalsky and Oleny Islands. They are mostly common for the leveled slopes of watersheds, lake depressions, river valleys, gullies, depressions and ravines with loamy soils, can be found on top of the ridges, and sometimes directly on the watersheds.

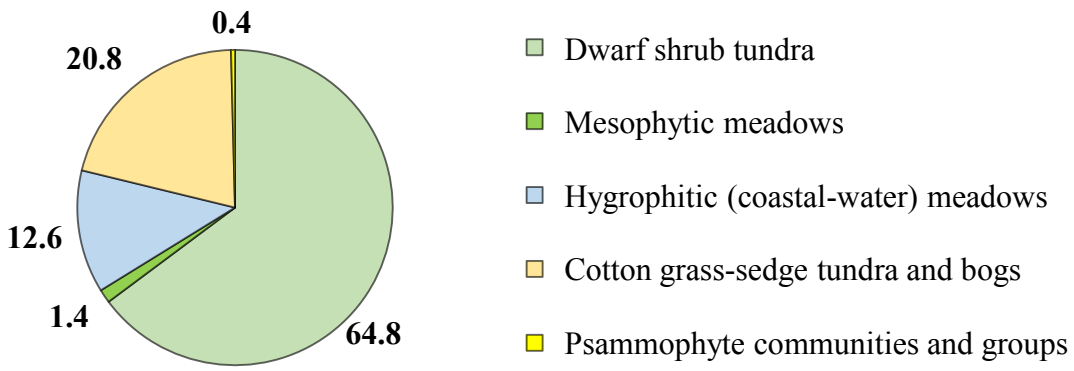


Fig. 3. Ratio between the areas occupied with different groups of formations of tundra communities in the arctic tundra subzone (%).

Photo 5. Dwarf shrub community with *Cassiope tetragona* (L.) D. Don in the arctic tundra subzone (photo by N.B. Leonova).

Their dominant species are *Salix polaris*, *S. nummularia, Vaccinium vitis-idaea* and *Dryas* spp. (projective cover is 20%, average height is up to 30 cm). The dominant grass is *Carex arctisibirica*,

while the mixed grasses are not abundant (projective cover is only 5-8%, height is 15-20 cm), but quite diverse, consisting of *Stellaria peduncularis, Bistorta vivipara, Myosotis asiatica, Valeriana capitata, Pedicularis oederi*, etc. The projective cover of moss layer is 100%, and its most abundant species are *Tomentypnum nitens, Hylocomium splendens, Aulacomnium turgidum, A. palustre, Ptilidium ciliare*. Lichens are also presented there (projective cover is up to 30%), their most prevalent species are *Cetraria islandica, Cladonia arbuscula, C. rangiferina, Thamnolia vermicularis, Dactilina arctica.* The horizontal structure is characterized by the high total projective cover, smoothed-hilly and lumpy microrelief with small humps. The territory with willow tundra is highly matted; patches of bare ground are not pronounced.

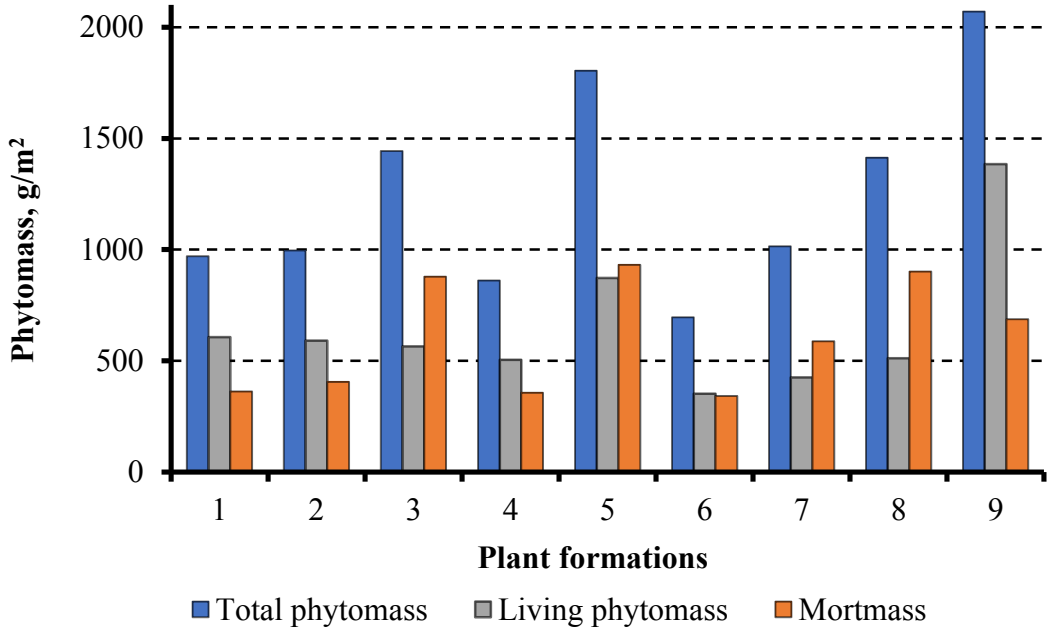


Fig. 4. Values of the total phytomass, living phytomass and mortmass for the formations of the arctic tundra subzone (dry weight, g/m^2). *Legend for Fig. 4-5.* Plant formations. Dwarf shrub tundra: 1 – *Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus* (Lodd.) Hult., 2 – *Dryas punctata* Juz., *D. octopetala* L., 3 – *Betula nana* L., 4 – *Salix nummularia* Anderss., *S. polaris* Wahlenb., 5 – *Salix lanata* L., *S. reptans* Rupr., 6 – *Cassiope tetragona* (L.) D. Don. Mesophytic meadows: 7 − *Equisetum arvense* ssp. *boreale* (Bong.) Tolm. Hygrophytic (coastal-water) meadows: 8 – *Carex aquatilis* Wahlenb., *C. concolor* R. Br. Cotton-grass and sedge tundra and bogs: 9 – *Eriophorum angustifolium* Honck., *Carex rotundata* Wahlenb.

The significant part of the territory (more than 17%) is covered with *mountain cranberry* formation (*Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus*) of dwarf shrubs tundra. The value of its total phytomass is 970 g/m^2, the stocks of living phytomass are 607 g/m^2 and are exceeding the stocks of mortmass (363 g/m^2) the same way like in the willow communities. Mountain cranberry communities are widespread all around Yamal, in the north of the Yavay Peninsula, on the Mammoth Peninsula and in the northeast of Gydan. This formation is common for the gentle-bulging watersheds with prominent lumpiness, watershed slopes, tops and slopes of the loamy ridges. In the dwarf shrubs layer the dominants are *Vaccinium vitis-idaea, Salix polaris, Dryas punctata* (total projective cover is 20%, average height is 10 cm); the dominant of the grass layer is *Carex arctisibirica*; the mixed grasses are diverse just like in the willow communities, but is not abundant. The projective cover of mosses is 95%, their dominants are *Tomentypnum nitens, Hylocomium splendens, Ptilidium ciliare.* The lichens are diverse, but their projective cover is only up to 10%, the most frequent species are *Cladonia* spp. and *Peltigera* spp.

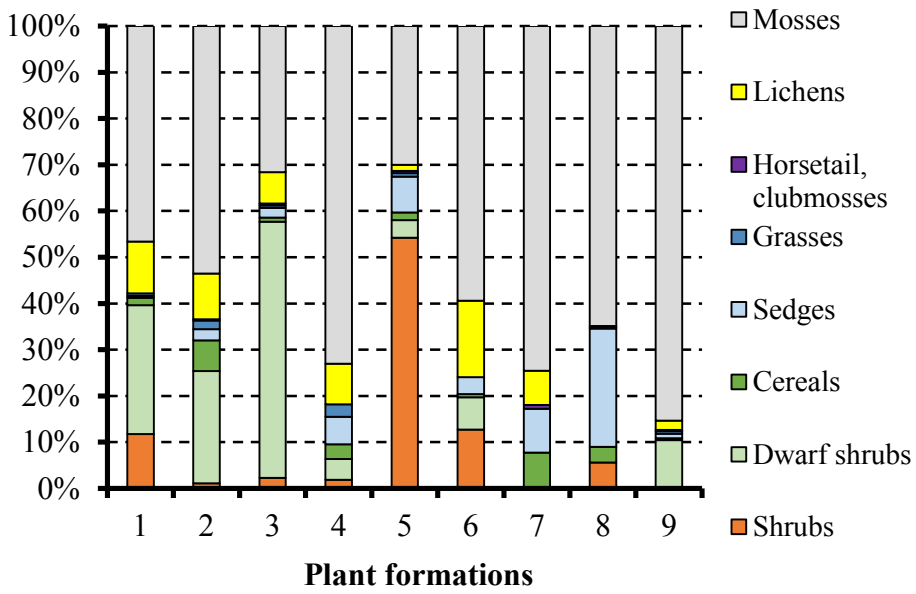


Fig. 5. Proportion of phytomass of various fractions in the formations of the arctic tundra subzone.

The minimal values of phytomass stocks are common for the *heather* (*Cassiope tetragona*) communities (695 g/m^2). They are sporadically and limitedly spread and can be mostly found in Yamal, and sometimes on the Gydan Peninsula. Their main habitats are sandy slopes of watersheds with good drainage, gullies and ravines. Mostly they are patchy dwarf shrub-moss-lichen tundra with lumpy microrelief and flooded patches. The layer of dwarf shrubs includes *Salix polaris, S. nummularia, Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus* (projective cover of dwarf shrubs and grasses is 25%, average height is 15 cm); the moss-lichen layer consists of *Polytrichum piliferum, Cladonia amaurocraea, C. arbuscula, Flavocetraria nivalis, Sphaerophorus globosus* (cover is 50%).

The ratio between the living phytomass and mortmass, accumulated in the communities of different formation, is worth noting. These indicators are very important for assessment of carbon deposits in tundra communities. In the monograph of N.I. Bazilevich (1993) written on the ecosystems productivity of Northern Eurasia, it was noted that the content of mortmass and living phytomass is approximately the same in the communities of the arctic tundra. In the formations that we have studied, this ratio can also be seen; however, its disturbance is typical for waterlogged sedge communities and bogs.

Among the dwarf shrub tundra in the formations of mountain cranberry, Dryas and willow, the stock of living phytomass exceeds the stock of mortmass by 30-40% (due to the high share of mosses in the living phytomass), while in the Cassiope formation this ratio is almost 1:1. In the cotton grass-sedge tundra the indices of the living phytomass exceed the mortmass more than 2 times due to the high share of mosses in the phytomass, and the mortmass consists mostly of the dead grass residues of cotton grass and sedges, which can quickly decompose.

The opposite trend with the mortmass exceeding the living phytomass can be seen in the formations of dwarf birch (*Betula nana*) and willow, as well as in mesophytic horsetail and hygrophytic water-sedge (*Carex aquatilis, C. concolor*) plant communities. In dwarf birch tundra the mortmass values are 35% higher, due to intense defoliation at the end of the vegetation period, which is common for the summer-green shrubs and withering of hard-to-decompose ligneous sprouts; in willow tundra this excess is lower and is about 7%.

In water-sedge communities the mortmass values are almost 2 times higher than those of living phytomass; the mortmass mostly consists of dead mosses, sedges and shrubs. Due to the fact that

waterlogged habitats slow down decomposition of organic matter, they also accumulate more mortmass. In horsetail meadows mortmass is higher than living phytomass by almost 20% due to the high proportion of poorly decomposed horsetail litter (fig. 4).

Fractional composition of living aboveground phytomass of the arctic tundra communities. The fraction of mosses plays the leading role (from 30 to 85%) in almost all plant formations, which is a distinctive feature of tundra communities (fig. 5). It is especially high in cotton grass-sedge, willow and horsetail formations (75-85%). Its value is the lowest in the dwarf birch and willow formations (about 30%), where the main part is occupied by shrubs and dwarf shrubs (55-60%).

In dwarf shrub communities, excluding willow tundra with mosses reaching 73%, the share of shrubs and dwarf shrubs is high (20-50%). The fraction of sedges and cotton grass is at its highest in herbaceous communities, such as horsetail meadows (10%), water-sedge meadows (25%) and cotton grass-sedge tundra (8%); their share is also significant in willow and dwarf willow communities (about 5%). The fraction of cereals is registered in most formations, but its share does not exceed 7%. The phytomass of all communities contains a fraction of lichens, and it reaches its highest values of 16% in Cassiope formation.

Therefore, we can note that the total phytomass stock in the arctic tundra is not quite high, reaching no more than 2100 g/m^2. The largest phytomass stock is common for the dwarf (willow) and sedge-cotton grass tundra. The fractional composition is dominated by mosses, while some communities (formations of mountain cranberry, Dryas, dwarf birch, willow) have a large share of shrubs and dwarf shrubs. We also found some communities (dwarf birch, willow, horsetail, water-sedge) with mortmass values exceeding those of living phytomass in various ratios.

Typical Tundra

The typical tundra consists of 19 plant formations of 6 groups, with the exception of dwarf shrubs, cotton grass-sedge, mesophytic and hygrophytic meadows, psammophyte communities. Formations of shrub tundra are widespread in these territories.

Dwarf shrub tundra occupies the largest areas of the typical tundra subzone (38.8% of the territory), while shrub tundra occupies only 22.1% (fig. 6). A significant part of the territory is covered with sedge and cotton grass tundra and bogs (25.8%). Mesophytic and hygrophytic meadows are much less common (8.6 and 4.1% respectively). The same way as it is throughout the entire tundra zone, the smallest areas are occupied by communities and groups of psammophytes (0.6%), however, in the typical tundra they are more common than in other subzones. Excessive pasture and industrial loads on tundra territories (construction of oil and gas facilities, roads and active transport usage) lead to destruction of native vegetation, spread of deflationary outcrops (sand bulge) and landslides, the open sands create habitats for the development of psammophytes communities and groups of extremely low density and poor species composition (photo 6). In the typical tundra the values of phytomass stock were analyzed for 15 plant formations within 5 classes.

The total phytomass stocks in the studied formations differ significantly, from 87 g/m^2 in horsetail meadows (*Equisetum arvense*) to 3080 g/m^2 in willow tundra (*Salix glauca, S. lanata*; fig. 7). The high values are also common for the dwarf birch, alder (*Alnus viridis*) and Labrador tea communities (2480, 2413 and 1630 g/m^2 respectively).

Willow (*Salix glauca, S. lanata*) tundra plays the main role in the group of shrub tundra formation, covering 21.9% of the territory (photo 7). Willow communities occupy vast areas in the west of Yamal, are spread through the southeast of the subzone, in the south of the Gydan Peninsula due to more severe climatic conditions, and along the Gydan Ridge as well, moving along the rivers to the north. They grow on the sandy river terraces, along the creeks, on the slopes of valleys, depressions, gullies and ridges, but avoid the watersheds; however, sometimes they can be found on the flat interfluves in the south, in the shrub tundra. These are mainly mixed grasses-horsetail-moss

willow forests with dominant *Salix lanata* and *S. glauca,* which can grow up to 100 cm. These communities usually have the maximal total phytomass stock (3080 g/m^2). The stock of living phytomass (2500 g/m^2) is more than 4 times higher than mortmass (581 g/m^2; fig. 7).

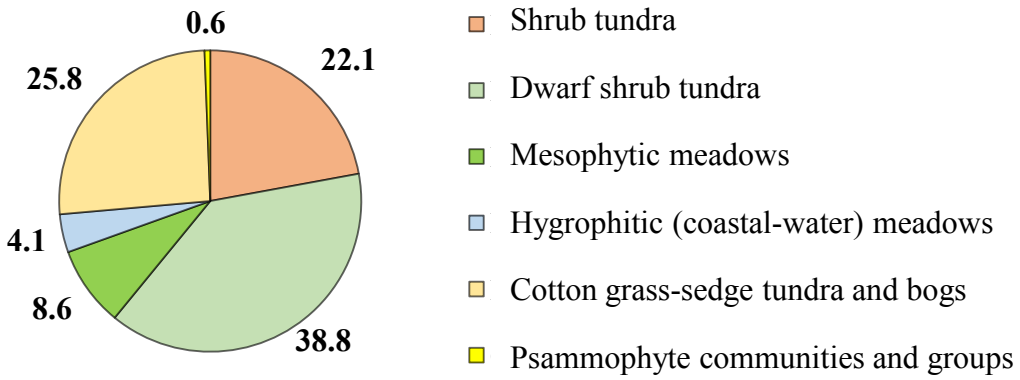


Fig. 6. Ratio between the areas occupied by different groups of tundra vegetation formations in the typical tundra subzone (%).

Photo 6. Sand swells at the camping site of reindeer herders in northern Yamal (photo by N.B. Leonova).

Alder communities (*Alnus viridis*) are more local (less than 0.5% of the territory). They occupy covered areas of river valleys near the southern border of the typical tundra, which has a better heat availability, deep long-term permafrost, good drainage and thick snow cover. Alder usually grows up to 1.5-1.8 m, forming the upper shrub layer, but some shrubs can be about 3 m. The lower shrub layer is usually formed by *Betula nana* or *Salix lanata*. Grass cover is thin (5-10%), consisting mostly of *Carex concolor*, *Equisetum arvense* and mixed grasses, such as *Polemonium acutiflorum, Valeriana capitata, Stellaria* spp. Moss layer is fragmented around the margins (but the ground under the large shrubs is covered only with forest litter). Despite the fact that alder communities

occupy small territories, they make a significant contribution to the phytomass accumulation. Their total phytomass stocks are the 3rd largest ones in the subzone of the typical tundra (after willow and dwarf birch formations). The indices of living phytomass (1720 g/m^2) are 2.5 higher than those of mortmass (693 g/m^2).

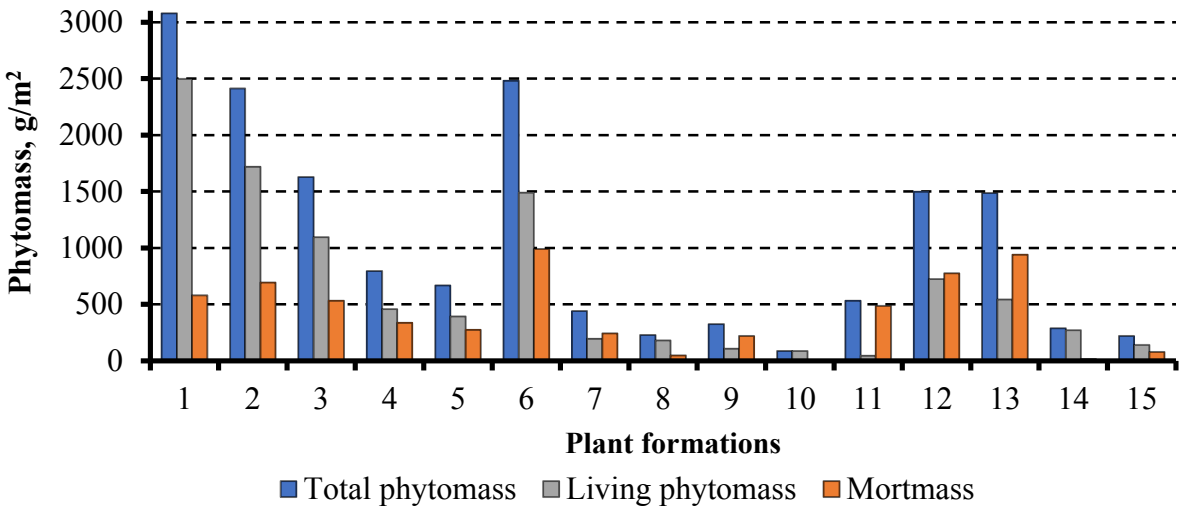


Fig. 7. Values of the total phytomass, living phytomass and mortmass for formations of the subzone of typical tundra (dry weight, g/m^2). *Legend for Fig. 7-8.* Plant formations. Shrub tundra: 1 − *Salix glauca* L., *S. lanata* L., 2 − *Alnus viridis* (Ehrh.) Pouzar. Dwarf shrub tundra: 3 − *Ledum palustre* ssp. *decumbens* (Ait.) Hult.), 4 − *Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus* (Lodd.) Hult.), 5 − *Dryas punctata* Juz., *D. octopetala* L., 6 − *Betula nana* L., 7 − *Salix nummularia* Anderss., *S. polaris* Wahlenb., 8 − *Empetrum nigrum* L. Mesophytic meadows: 9 − *Bistorta vivipara* (L.) Delarbre, *Tanacetum bipinnatum* (L.) Sch. Bip., *Poa* spp., *Festuca* spp., 10 − *Equisetum arvense* ssp. *boreale* (Bong.) Tolm. Cotton-grass-sedge tundra and bogs: 11 − *Carex aquatilis* Wahlenb., *C. concolor* R. Br., 12 − *Carex* spp., *Eriophorum* spp., 13 − *Eriophorum* spp. Hygrophytic (coastal-water) meadows: 14 – *Arctophila fulva* (Trin.) Anderss, 15 − *Comarum palustre* L.

Photo 7. Willow (*Salix glauca* L., *S. lanata* L.) formation in the typical tundra of the Gydan Peninsula (photo by D.A. Sorochinskaya).

In dwarf shrub tundra the *Ledum palustre* (*Ledum palustre* ssp. *decumbens*) formation is the most widespread, occupying 14.4% of the territory. They are primarily common on the Gydan Peninsula, while in Yamal the similar habitats are usually occupied by willow formations of shrub tundra, which can be related to the less continental climate. These communities grow on a wide belt between the Taz Bay and the Yenisey Gulf, stretching along the Gydan and Yuribey Ridges. Labrador tea tundra can be found on the gentle slopes of the valleys, lakes, on the slopes and tops of the ridges. The most significant dwarf shrubs are *Betula nana*, *Vaccinium uliginosum, V. vitis-idaea* ssp. *minus, Salix glauca, Andromeda polifolia.* The grass dominants are *Carex concolor, C. rotundata, Eriophorum polystachion.* The projective cover of mosses is up to 80%, with *Sphagnum* spp. and *Dicranum* spp. prevailing; the species composition of lichens (cover up to 50%) is very diverse, but the projective cover of individual species is not high. Some species such as *Cladonia* spp., *Bryocaulon divergens, Flavocetraria nivalis* can be found there. The phytomass stock of *Ledum* tundra is 1628 g/m^2, stocks of living phytomass are 1096 g/m^2, which is almost 2 times higher than those of mortmass (532 g/m^2) .

Dwarf birch kinds of tundra (*Betula nana*) occupy 11.7% of the total territory, from everywhere in Yamal, especially in the eastern part of the peninsula, to the south of the Gydan Peninsula, the Gydan Ridge and Tanam Elevation. They grow on the gentle slopes of watersheds, river valleys, ridges, ravines, gullies, lake depressions, on sands and loams. They are very diverse, but mostly represented by mountain cranberry-dwarf birch or willow-mountain cranberry-dwarf-moss communities, sedge-moss, cloudberry-moss and moss-lichen communities. The projective cover of *Betula nana* is 30-90%, the average community height vary from 20 to 50 cm. The dominants of the dwarf shrub layer are *Salix glauca, S. lanata, Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus*; the grasses are represented mostly by *Carex* spp., *Eriophorum* spp. and *Equisetum arvense*; the projective cover of mosses is 90-100%, consisting of *Sphagnum* spp., *Hylocomium splendens, Polytrichum* spp., *Dicranum* spp.; the projective cover of lichens is low (5-10%), consisting of *Bryocaulon divergens, Thamnolia vermicularis, Sphaerophorus globosus.* Among the dwarf shrub formations group this one has the largest stocks of total phytomass (2480 g/m^2), which makes dwarf birch tundra the 2nd in the subzone of the typical tundra (after willow community). The stocks of living phytomass (1407 g/m^2) are 1.5 times higher than those of mortmass (990 g/m^2).

Mesophytic meadows are a specific type of tundra vegetation, where the main role is played by mesophytic grasses and the moss-lichen cover is poorly developed. These meadows are represented by *horsetail* (*Equisetum arvense*) and *mixed grasses-cereals* (*Bistorta vivipara, Tanacetum bipinnatum, Poas* spp., *Festuca* spp.) formations (photo 8). They can be found everywhere, but do not occupy vast territories, spreading gradually throughout the typical tundra in the areas with the most favorable conditions of heat availability, snow accumulation and soils thawing: on the landslide surfaces, terraces and valley slopes. Sometimes they form as the result of the anthropogenic impact and shrubs deforestation. In the subzone of the typical tundra these meadows have the lowest phytomass stocks: 87 g/m^2 for horsetail and 326 g/m^2 for mixed grasses-cereals. The mixed grass-cereals meadows usually have high mortmass indices (220 g/m^2), which is 2 times higher than living phytomass (106 g/m^2) due to the high amount of dead cereals residuals.

Hygrophytic (coastal-water) meadows are represented by *pendant grass* (*Arctophila fulva*) and *purple marshlocks* (*Comarum palustre*) formations, occupying small areas in the river valleys, on the bogged and waterlogged territories in the eastern Yamal, on the Gydan Peninsula along the both sides of the Gydan Ridge. The pendant grass formations spread in the hollows, overgrowing channels, former riverbed, depression bottoms and lake depressions. Aside from *Arctophila fulva* they consist of *Carex chordorrhiza* and *Carex concolor*; the share of mosses is rather high, represented by *Dicranum* spp., *Anastrophyllum minutum, Polytrichum* spp., *Sphagnum* spp.; the lichens are sparse. The grass layer of the purple marshlocks communities is dominated by *Carex* spp. and *Comarum palustre*; the moss layer includes *Calliergon* spp., *Sphagnum* spp., *Warnstorfia*

spp. The coastal-water meadows have rather small phytomass stocks (288 g/m^2 in pendant grass communities and 221 g/m^2 in the purple marshlocks ones), the mortmass values are low.

Photo 8. Horsetail (*Equisetum arvense* ssp. *boreale* (Bong.) Tolm.) meadow in the typical tundra of Central Yamal (photo by D.A. Sorochinskaya).

The group of cotton grass-sedge tundra and bogs formations occupy 25% of the typical tundra territory, including water-sedge (*Carex aquatilis, C. concolor*), sedge-cotton grass (*Carex* spp., *Eriophorum* spp.) and cotton grass (*Eriophorum* spp.) formations with total phytomass stocks of 531, 1500 and 1485 g/m^2 respectively. The mortmass of these formations exceeds the living phytomass, which is especially noticeable in the water-sedge communities (10:1, with a high amount of mosses and litter in the mortmass composition). The almost similar ratio was also registered in the monograph of N.I. Bazilevich (1993) for the sedge-cotton grass communities and the bogs of the southern and typical tundra. The sedge-cotton grass tundra are widespread, from the Gydan Peninsula where they are the most abundant, to the vast territories of the northern and southeastern parts of the peninsula (photo 9), while in Yamal they are not so common.

The sedge-cotton grass communities occupy the most depressed, waterlogged and bogged territories on sands, can be found in hollows, on the bottom of lake depression, former riverbeds, on the gentle slopes, lake and river terraces, on the flat tops of ridges. The various grass-moss bogs have formed in the large lake depressions with dominant sedge species which differ depending on the flooding level. The overgrowing lakes are dominated with *Carex concolor*, and the moss cover is usually absent. The most depressed and flooded areas are occupied by sedge-feather mosses bogs

with *Carex rotundata, C. rariflora, C. concolor*, *C. chordorrhiza*, as well as by sedge-cotton grass-sphagnum bogs with variety of sphagnum species (*Sphagnum balticum, S. lenense, S. fimbriatum, S. steerei, S. compactum, S. squarrosum*). There can be also found bogs with abundant *Betula nana*, transforming into the bogged dwarf shrub tundra. The grass height is up to 30 cm, the height of dwarf shrubs is 20 cm, the projective cover is high (90-100%), but some communities have patches of bare ground and open water. Their microrelief is lumpy, knob-and-kettle, bulgy-swampy, with small tussocks, sometimes with polygonal fracturing and bulges and swamps. As it was mentioned before, their phytomass is quite high (1500 g/m^2), and due to the fact that they occupy large areas, their contribution to the organic matter production in the subzone is very significant.

Photo 9. Sedge-cotton grass (*Carex* spp., *Eriophorum* spp.) formation in the typical tundra on the Gydan Peninsula (photo by D.A. Sorochinskaya).

Fractional composition of living aboveground phytomass of the typical tundra communities. The woody plants are predominant in the fractional composition of the most plant communities of shrub and dwarf shrub groups of formations (fig. 8). Their share is 80-95% in shrub communities, as well as in dwarf shrubs Dryas (*Dryas octopetala, D. punctata*) and crowberries (*Empetrum nigrum*) tundra, with a high projective cover of the dwarf shrub layer and a low one of the moss-lichen layer. In the formations of Labrador tea (*Ledum palustre* ssp. *decumbens*), mountain cranberry (*Vaccinium vitis-idaea* ssp. *minus*), dwarf birch and willow (*Salix nummularia, S. polaris*) the share of mosses is still high (40-60%), while the share of shrubs and dwarf shrubs is about 30%.

In the meadow communities the fractions of cereals are very abundant (40% in the mixed grasses-cereal communities (*Bistorta vivipara, Tanacetum bipinnatum, Poa* spp., *Festuca* spp.), 20% on the horsetail meadows), as well as grasses (8-15%), horsetails and clubmosses (10%). A significant part of the horsetail meadows is occupied by the fraction of dwarf shrubs (45%), while the total phytomass stock remains low (fig. 7).

In the sedge-cotton grass and cotton grass tundra the most abundant fraction is mosses (55-65%), with shrubs and dwarf shrubs (20%), and sedges and cotton grass produce about 10-15% of the total phytomass.

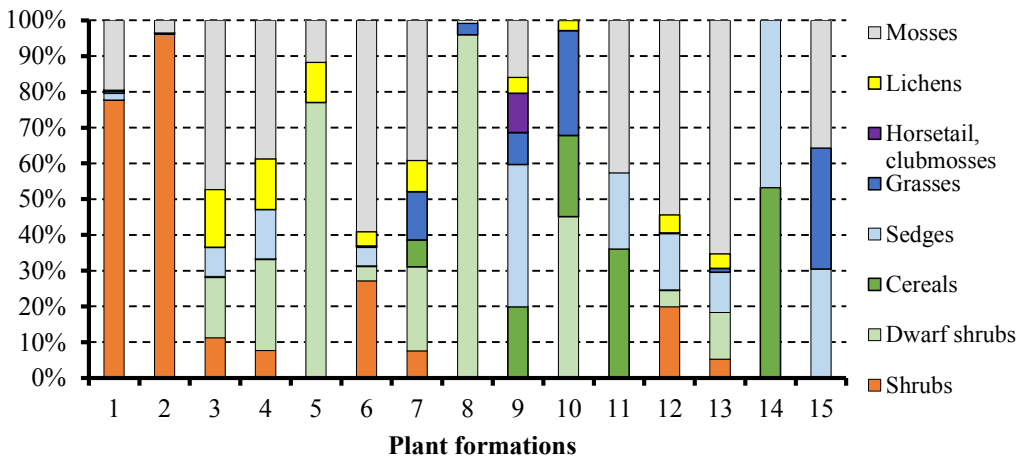


Fig. 8. Proportion of phytomass of various fractions in the formations of the typical tundra subzone.

The coastal-water vegetation is represented by the lowest number of fractions. In the formation of pendant grass the entire phytomass consists equally of cereals and sedges, in the fraction of purple marshlocks it consists of sedges, grasses and mosses.

Therefore, in the typical tundra the largest phytomass stocks are registered in the group of shrub tundra formations within the communities of willow and alder formations; while in dwarf shrub tundra the highest stock is found in the dwarf birch and willow tundra. High phytomass indices are also found in the group of cotton grass-sedge tundra formations and bogs in cotton grass and sedge-cotton grass formations, where an excess of mortmass indices over living phytomass was also registered, especially in the water-sedge communities (exceeding more than 10 times). An insignificant excess of mortmass was also noted in willow dwarf shrub tundra and mixed grass-cereal meadow communities. The smallest stocks are common for the tundra meadows and coastal-water meadows. In the fractional phytomass structure the proportion of shrubs and dwarf shrubs is significantly higher in comparison with the arctic tundra, while the share of mosses remains rather high.

Southern Tundra

The southern shrub tundra subzone includes 20 plant formations, divided into 6 groups.

Dwarf shrub tundra is the most widespread group (42% of the territory; fig. 9) in tundra zone. The large areas are occupied by grass (sedge and cotton grass) tundra and bogs (28.9%) and shrub communities (19.4%). Despite the fact that shrub communities are smaller than both shrub tundra and sedge and cotton grass tundra and bogs, they are the one to determine the appearance of the subzone vegetation.

Shrub communities of the southern tundra grow in the habitats of flat interfluves, and are very coenotically diverse, with relatively high shrubs stability in the subzone communities. Mesophytic and hygrophytic meadows are less widespread (3.6% and 5.2%); psammophytes communities and groups occupy less than 0.05% of the territory. Generally, the ratio between the areas with different groups of formations in the southern and typical tundra subzones is similar.

We analyzed the aboveground phytomass stock for 17 plant formations, grouped in 5 classes. The values of total phytomass in the shrub and dwarf shrub communities of the southern tundra are maximal (fig. 10). In most of the studied formations these values are about 300-2000 g/m^2,

however, in some formations of the shrub and dwarf shrub tundra they are close to 4000 g/m^2. Those are formations of willow (*Salix lanata, S. phylicifolia, S. glauca*) with 4634 g/m^2, alder with 5583 g/m^2, and bog bilberry with 3960 g/m^2.

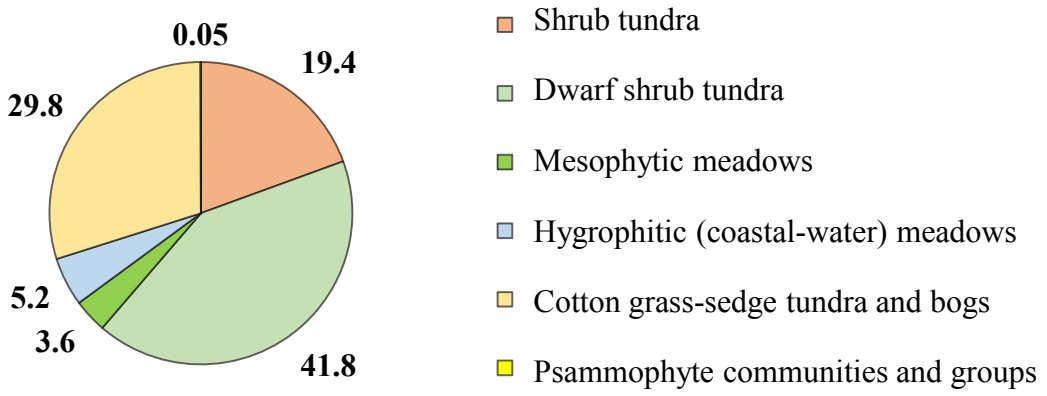


Fig. 9. The ratio between the areas occupied by different types of tundra vegetation in the southern tundra subzone (%).

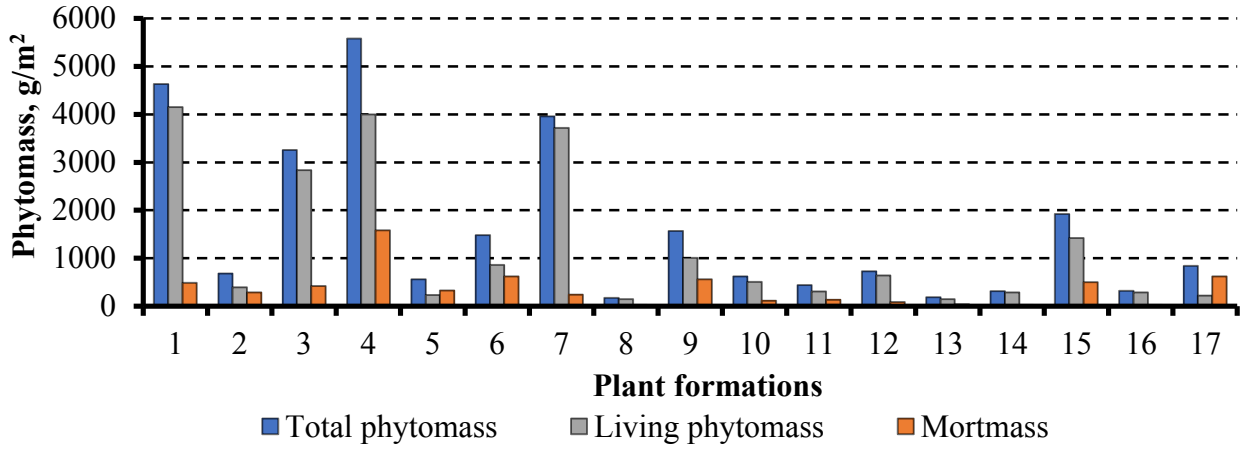


Fig. 10. Values of the total phytomass, living phytomass and mortmass for the formations of the southern tundra subzone (dry weight, g/m^2). *Legend for Fig. 10-11.* Plant formations. Shrub tundra: 1 − *Salix lanata* L., *S. phylicifolia* L., *S. glauca* L., 2 − *Salix lapponum* L., *S. glauca* L., *S. phylicifolia* L., 3 − *Betula nana* L., 4 − *Alnus viridis* (Ehrh.) Pouzar. Dwarf shrub tundra: 5 − *Arctous alpina* (L.) Nieden., 6 − *Ledum palustre* ssp. *decumbens* (Ait.), 7 − *Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum* Lange, 8 − *Salix nummularia* Anderss., *S. polaris* Wahlenb., 9 − *Betula nana* L., 10 − *Empetrum nigrum* L. Mesophytic meadows: 11 − *Festuca* spp., *Poa* spp., 12 − *Hedysarum hedysaroides* (B. Fedtsch.) P. W. Ball, *Astragalus* spp., 13 − *Juncus trifidus* L., 14 − *Equisetum arvense* ssp. *boreale* (Bong.) Tolm. Cotton-grass and sedge tundra and bogs: 15 − *Carex* spp., *Eriophorum* spp. Hygrophytic (coastal-water) meadows: 16 − *Carex aquatilis* Wahlenb., *C. concolor* R. Br., 17 − *Arctophila fulva* (Trin.) Anderss.

In shrub tundra the communities of *Alnus viridis* (8% of the territory, or almost half of the entire shrub communities) formation are the most widespread. The values of its total phytomass

stock are the highest among the formations of the southern tundra (5583 g/m^2). They cover large areas and have a significant input into production of organic matter.

Alder communities occupy the edges of watersheds and ridges, watershed slopes, floodplains of large rivers, and are unevenly spread in the south of Yamal and Gydan, as well as on the Taz Peninsula. The dominant communities are represented with plant litter (if the shrub layer is very dense), moss (*Calliergon* spp.) and mixed grasses (*Petasites frigidus, Equisetum arvense, Chamerion angustifolium*). Their shrub layer is very developed (alder forms an almost impenetrable canopy up to 2-2.5 m), while the projective cover of other shrubs and dwarf shrubs remains low.

Aside from the communities where *A. viridis* is an absolute dominant, there can be also found alder-birch communities (*A. viridis, B. nana*). The projective cover of alder in these communities is relatively low and about 30-35%, the average height of shrub layer 1.5-2 m, the dwarf shrub layer with its project cover of 50%, and the average height about 0.5-1 m, is formed mostly with *B. nana* and *Ledum palustre*, and sometimes with another shrubs and dwarf shrubs. The grass cover is dominated by sedges (*Carex vaginata, C. bigelowii*). The moss layer is developed unevenly (its projective cover is 10-85%), while its species composition is quite diverse (*Aulacomnium* spp., *Calliergon* spp.); the lichens are rare.

Communities of *willow formation* (*Salix lanata, S. phylicifolia, S. glauca*) cover 5% of the territory and mostly concentrated in the northern part of the subzone, mostly on the Yamal Peninsula, and are less spread in Gydan and Taz, usually growing in the river floodplains, lake depressions and on the gentle slopes of river valleys. They divide into formations of moss (*Polytrichum* spp., *Sphagnum* spp., *Tomentypnum nitens, Calliergon* spp., *Aulacomnium* spp., *Hylocomiums plendens*) and mixed grass-sedge (*Carex aquatilis, C. rariflora, C. rotundata, Alopecurus pratensis, Veratrum album, Equisetum pratensis*).

The *mixed grass-sedge willow* formations have a high projective cover of grass layer (about 50%, including 15% of grasses aside from graminoids), the grass, shrub and dwarf shrub species are abundant. These communities usually form in the river floodplains and creeks valleys, on the lower parts of slopes of river valleys. Their total phytomass is not very high (680 g/m^2).

The *moss willow* formations has a high projective cover (100%), the moss cover is dense as well (90-100%), the cover of the shrub layer is 30-60%, the grass layer is dominated by graminoids, with its cover up to 40%, the average height of the community is up to 50 cm. These communities form in the damp watershed hollows, on the slopes and bottoms of gullies, and in the floodplains. They have high phytomass stocks (4635 g/m^2), which makes them the 2nd largest producer of the total phytomass in the southern tundra formations.

The high values of the total phytomass are also common for the *large-birch tundra* (3260 g/m^2). These communities are widespread in the territory (6.6%), mostly occupying the northern part of the subzone, Yamal and Gydan, and are less common for the Taz Peninsula (photo 10). They are common for the ridges, slopes of thermokarst depressions, sides of river valleys and above-floodplain terraces, and can also be found on the flat interfluves. Aside from *Betula nana,* the shrub layer is represented by *Salix phylicifolia, S. glauca*; the dwarf shrub layer is formed by *Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum, V. vitis-idaea* ssp. *minus, Ledum palustre* ssp. *decumbens.* While the total projective cover is 90-100%, the average cover of the shrub layer is 60%. Among the plants of the grass layer the main one is *Rubus chamaemorus*. Usually, the moss-lichen layer is well-developed, with its projective cover about 85-90%. The dominants of the layer are various species of mosses and lichens, such as *Dicranum* spp., *Pleurozium schreberi, Hylocomium splendens, Cetraria islandica, C. islandica*, etc.

The dwarf shrub tundra is the most widespread type of tundra vegetation in the subzone of the southern tundra and is divided into 9 formations. The highest phytomass stocks are found in the *Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum* formation (3960 g/m^2).

The bog bilberry communities form on the watershed slopes, lake terraces and gentle ridges.

The main dominants of the dwarf shrub layer are *Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum* and *Betula nana* (the projective cover of bilberry can be up to 45%, while the total cover is 90-100%, and the average height is 15-20 cm). In the *Cetraria* (*Cetraria islandica, Cetrariella delisei*) and moss (*Sphagnum* spp., *Polytrichum* spp.) communities, where the cover of the moss-lichen layer is about 60-80%, the bog bilberry is dominant in the dwarf shrub layer, while in some communities the dominants are another species of dwarf shrubs, such as *Ledum palustre* ssp. *decumbens, V. vitis-idaeae, Empetrum nigrum*.

The average phytomass value of *Ledum palustre* communities is 1480 g/m^2. They (*Ledum palustre* ssp. *decumbens*) are the most common formations of dwarf shrub group in the southern tundra (18.2% of the territory). They evenly occupy vast areas in the south and of Yamal, Gydan and Taz. They grow on the bogged territories of watersheds and floodplains, on the turf hillocks, thermokarst ridges and small ridges (photo 11). *Ledum palustre* ssp. *decumbens* is their main dominant with its projective cover of 35%, the dwarf shrub layer also includes *Betula nana,* while *Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum, V. vitis-idaea* ssp. *minus, Empetrum nigrum* are scarce (1-5%). A distinctive feature of this formation is its high abundance of *Rubus chamaemorus* and cotton grass species, especially of *Eriophorum vaginatum*. Its moss-lichen layer is well-developed, with the projective cover of 85-90% (*Sphagnum* spp., *Dicranum* spp., *Polytrichum* spp., *Flavocetraria cucullata*, *Cladonia stygia*). The total cover is usually about 100%.

Photo 10. Dwarf birch (*Betula nana* L.) formation in the southern tundra of the Taz Peninsula (photo by D.A. Sorochinskaya).

The lowest phytomass stocks in the dwarf shrub tundra are common for the bearberry (559 g/m^2), willow (175 g/m^2) and crowberry (618 g/m^2) communities. They occupy small areas in the southern tundra territories (0.1-3%).

The total phytomass stocks of meadow communities mostly vary from 200 to 400 g/m^2,

the highest stock is common for the *mixed grass-legume formation* (727 g/m^2). Communities of this formation (*Hedysarum hedysaroides, Astragalus* spp.) occupy steep and warm slopes with light substrate. This formation has a high projective cover of legume (*Hedysarum hedysaroides, Astragalus* spp.). The grass layer also includes *Campanula rotundifolia, Equisetum arvense, Festuca rubra, Tanacetum bipinnatum*; the dwarf shrub layer includes *Salix nummularia*, the projective cover of which is about 10-15%.

Meadows with mixed grass-legume, rushes and horsetail occupy small territories (0.1-0.5%), while the largest areas are usually occupied with cereal-mixed grass communities of mostly anthropogenic origin (2.7%). Natural tundra meadows are common for the floodplain habitats and slopes; anthropogenic meadows can be also found on the flat interfluves.

Photo 11. *Ledum palustre* ssp. *decumbens* (Ait.) formation in the southern tundra by the Baidarata River (photo by D.A. Sorochinskaya).

Formation group of sedges and cotton grass tundra and bogs consists of one *sedge-cotton grass formation* only. Its total phytomass stock is up to 1925 g/m^2, exceeding mortmass values almost 3 times (1424 and 500 g/m^2 respectively), in comparison to the typical tundra. The input of this tundra into phytmass production within the subzone is significant, because its communities with *Carex* spp. and *Eriophorum* spp. occupy almost 30% of the southern tundra territories. They are especially spread on the Yamal Peninsula and occupy smaller areas of the Gydan and Taz Peninsulas. Sedge-cotton grass communities form in the well-humidified, waterlogged and bogged habitats. They are usually found in the damp floodplains, thermokarst and lake depressions, in the areas with stagnant water, on the gentle slopes of ridges and on the watersheds. Sedges and cotton grasses (*Carex chordorrhiza, C. concolor, C. aquatilis, Eriophorum scheuchzeri, E. russeolum*) form dense layer, the projective cover of which is 65-90% (the total cover is 90-100%), and its average height is 20-30 cm. Shrubs and dwarf shrubs are sporadic and do not form a thick. Moss layer is mostly formed with sphagnum, feather mosses and *Aulacomnium* species, its projective cover can be up to 100%. Lichens are sparse but can be found almost everywhere, but their share in the projective cover is insignificant.

Coastal-water vegetation is represented by pendant grass (*Arctophila fulva*) and water-sedge (*Carex aquatilis, C. concolor*) formations.

Phytomass of *pendant grass* communities is rather low (319 g/m^2). This formation occupies small territories, and is mostly found on the Yamal Peninsula, on the river and lake shores is almost absent (with rare small patches of sphagnum and feather moss), as well as shrubs and dwarf shrubs. *Arctophila fulva* is the only dominant, its projective cover varies from 15 to 90%, and its average height is 50 cm. The areas with open water are common for this formation; some communities include *Eriophorum scheuchzeri*. Litter is almost absent there, and the mortmass is 29.4 g/m^2.

Communities of *water-sedge formation* has slightly higher phytomass values (844 g/m^2), however the values of their mortmass are 3 times higher than those of living phytomass (620 and 223 g/m^2 respectively).

Communities of *Carex aquatilis* and *C. concolor* can be found near the bodies of water and in the waterlogged floodplains, on the bottoms of damp hollows, gullies and thermokrast hollows with sand and turf-sandy substrate. The moss layer is formed with sphagnum and feather mosses, its projective cover varies from almost zero to 100%, the lichens are very rare, the single shrubs of *Salix* spp. and *Betula nana* cannot form a dense layer. Sedges mostly form mono-dominant communities (their projective cover is 70%, the average height is 40-50 cm) with a few species of cotton grass and cereals, and sometimes with *Comarum palustre*.

Analysis of fraction composition of living phytomass in the southern tundra communities. In the faction composition of the southern tundra shrubs are the leading phytomass producers (fig. 11). In the group of shrub tundra formations the share of the woody species is 55-98%, the share of mosses is low.

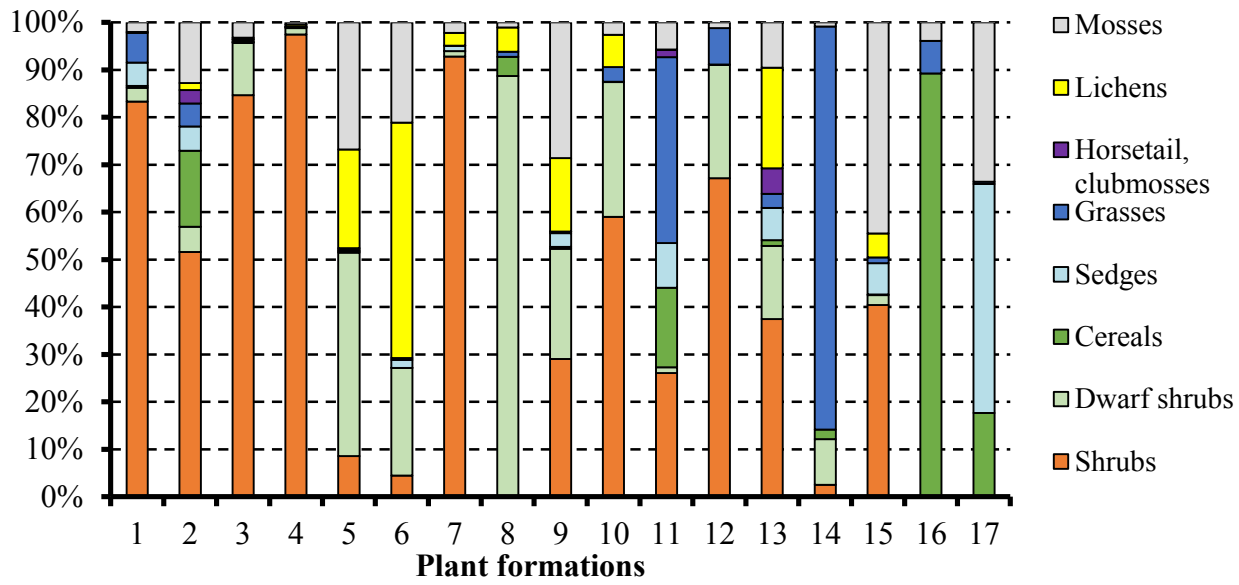


Fig. 11. Proportion of phytomass of various fractions in the formations of the southern tundra.

In the dwarf shrub tundra the share of shrubs and dwarf shrubs varies from 87 to 93% in the formations of bog bilberry, willow and crowberry.

The share of dwarf shrubs is slightly lower in the bearberry, *Ledum palustre* and small-bush formations (28-50%), while the role of lichens (up to 50% in *Ledum palustre* tundra) and mosses (20-25%) is high.

In meadow communities, the fractional composition is dominated by grasses (up to 90% in horsetail meadows), the share of shrubs and dwarf shrubs is large (from 10 to 50%), and the fraction of mosses produces 10% of the total phytomass.

In the sedge-cotton grass tundra the mosses (45%) and shrubs (38%) are dominant, the share of cotton grass and sedges is about 10%, the *Arctophila* formation is represented by cereals (90% of the phytomass), the water-sedge tundra is represented by sedges (45%), and the amount of mosses is high as well (33%).

Therefore, it is obviously a tendency of an increasing total phytomass stock, going from the arctic tundra to the southern one. The stocks of the southern tundra subzone reach 4600-5600 g/m^2 in shrub communities, although in most formations they vary from 300 to 2000 g/m^2. Among the studied formations of the subzone, the alder communities are the absolute leader in terms of phytomass, followed by willow, large-birch and bog bilberry formations. The lowest phytomass indices, just like in the typical tundra, are common for meadow and coastal-water communities. On the contrary, in the arctic tundra the phytomass of these communities is higher than in some dwarf shrub tundra because phytomass indices do not vary too much within different formations. The excess of mortmass values over living phytomass is significant only in the water-sedge formation (3:1). Generally, the stocks of living phytomass are 5-9 times higher than those of mortmass in the studied formations, which corresponds to the data obtained by N.I. Bazilevich (1993).

Shrubs are the absolute dominants in the fractional composition of the phytomass, the role of dwarf shrubs is smaller, while the amount of mosses is insignificant, however, their share in some sedge and dwarf shrub communities can be up to 20-40%.

Conclusions

The results of this study allow us to draw some conclusions about the ecological and geographical features of the aboveground phytomass structure of the studied tundra communities, and its distribution throughout the territory.

The total phytomass stock of plant communities in the tundra zone of Western Siberia depends on their geographic location, it increases while moving from north to south, from the subzone of the arctic tundra to the subzone of the southern tundra.

The accumulation of phytomass in tundra communities within one subzone differs significantly depending on the nature of their vegetation. The analysis of the aboveground phytomass distribution in communities of various formations showed the maximum indices for dwarf willows (1800 g/m^2) and sedge-cotton grass (2070 g/m^2) in the *arctic tundra*. In the *typical tundra* the highest values were in the groups of shrub formations (3080 g/m^2 for willows, 2413 g/m^2 for alder), and in dwarf birch tundra (2480 g/m^2). In the *southern tundra* communities the maximum phytomass stocks were recorded for the shrub alder (5580 g/m^2), willow (4630 g/m^2), large-birch (3258 g/m^2) and dwarf blueberry (3960 g/m^2) communities. The composition of plant communities and, respectively, the phytomass structure depend on the geological and geomorphological, climatic and soil conditions.

The analysis of the fractional composition of living phytomass within the subzones showed that in the *arctic tundra* the fraction of <u>mosses</u> (up to 90%) was prevalent, in the *typical tundra* it was <u>shrubs and dwarf shrubs</u> (30-80%) with a high share of mosses (20-40%), in the *southern tundra* the absolute dominant was <u>shrubs</u> (60-90%), and <u>dwarf shrubs</u> to a lesser extent (20-30%), while the role of mosses remained insignificant.

We determined the ratios between mortmass and living phytomass in communities of various formations within subzones, which is an important index of carbon deposition in the tundra zone. In the formations of dwarf birch, willow, horsetail and water-sedge of the *arctic tundra* the values of mortmass exceed the ones of living phytomass. In the *typical tundra* the mortmass prevails over the phytomass stocks only in the waterlogged habitats (such as cotton grass-sedge tundra and bogs). In the *southern tundra* the opposite tendency can be seen, meaning that the living phytomass stocks are 5-9 times higher than the mortmass values almost in all formations.

These results can be used to compile a map of stocks and structure of phytomass of the tundra

communities of West Siberia to assess the reindeer capacity of pastures and carbon deposits in the vast and poorly explored territories.

Acknowledgements. The authors want to thank K.A. Yermokhina, the senior researcher of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, for the opportunity to join the expedition, for the help with data processing and for the provided materials; and O.V. Khitun, the senior researcher of the V.L. Komarov Botanical Institute, for the aid with tundra flora identification; as well as the researchers of the Russian Center for Arctic Development for their great support of the filed works.

REFERENCES

Aleksandrova V.D. 1969. Classification of Vegetation. Review of Classification Principles and Classification Systems of Different Geobotanical Schools. Leningrad: Nauka. 275 p. [in Russian; *Александрова В.Д.* 1969. Классификация растительности. Обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах. Л.: Наука. 275 с.]

Andreyashkina N.I. 1971. Addition to the Method of Determining the Ground Mass of Shrubs and Dwarf Shrubs of Forest-Tundra // Ecology. No. 2. Pp. 82-84. [in Russian; *Андреяшкина Н.И.* 1971. К методике определения наземной массы кустарников и кустарничков лесотундры // Экология. № 2. С. 82-84.]

Bazilevich N.I. 1993. Biological Productivity of Ecosystems in North Eurasia. Moscow: Nauka. 295 p. [in Russian; *Базилевич Н.И.* 1993. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука. 295 с.]

Bazilevich N.I., Titlyanova A.A. 1978. Studying Methods of the Biological Cycle in Various Natural Zones. Moscow: Mysl. 345 p. [in Russian; *Базилевич Н.И., Титлянова А.А.* 1978. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль. 345 с.]

Gvozdetsky N.A., Mikhaylov N.I. 1987. Physiography of the USSR. Asian Territory. Moscw: Vysshaya Shkola. 414 p. [in Russian; *Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И.* Физическая география СССР. Азиатская часть. М.: Высшая школа, 1987. 414 с.]

Zones and Types of Zonality of Russian Vegetation. 1999. Map, Scale 1:8,000,000 / Ed. G.N. Ogureeva. Moscow: Ekor. [in Russian; Зоны и типы поясности растительности России. 1999. Карта М. 1:8000000 / Ред. Г.Н. Огуреева. М.: Экор.]

Zemlyansky V.A. 2018. Ecological-Geographical Analysis of Vegetation of the Southern and Typical Tundra of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug // Master Thesis in the Specialty "Ecology and Nature Management". Moscow: M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography. 107 p. (manuscript). [in Russian; *Землянский В.А.* 2018. Эколого-географический анализ растительности южных и типичных тундр Ямало-Ненецкого автономного округа // Магистерская диссертация по специальности «Экология и природопользование». М.: МГУ имени М.В. Ломоносова: географический факультет. 107 с. (рукопись).]

Karelin D.V., Zamolodchikov D.G., Gilmanov T.G. 1995. Phytomass carbon reserves and production in tundra and forest-tundra ecosystems of Russia // Agroforestry. No. 5. Pp. 29-36. [in Russian; *Карелин Д.В., Замолодчиков Д.Г., Гильманов Т.Г.* 1995. Запасы и продукция углерода в фитомассе тундровых и лесотундровых экосистем России // Лесоведение. № 5. С. 29-36.]

Klokov K.B. 2013. Impact of Climate Changes and Industrial Development on the Reindeer Husbandry of Yamal: Cumulative Effect // Bulletin of the Saint-Petersburg State Agrarian University. No. 30. Pp. 211-214. [in Russian; *Клоков К.Б.* 2013. Воздействие изменений климата и промышленного освоения на оленеводческое хозяйство Ямала: кумулятивный

эффект // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. № 30. С. 211-214.]

Lavrenko E.M. 1959. Basic Patterns of Plant Communities and Methods to Study Them // Field Geobotany. Leningrad: Nauka. Vol. 1. Pp. 13-75. [in Russian; *Лавренко Е.М.* 1959. Основные закономерности растительных сообществ и пути их изучения // Полевая геоботаника. Ленинград: Наука. Т. 1. С. 13-75.]

Makunina A.A. 1985. Physical Geography of the USSR. Moscow: Publishing house of the Moscow State University. 294 p. [in Russian; *Макунина А.А.* 1985. Физическая география СССР. М.: Изд-во МГУ. 294 с.]

Milkov F.N., Gvozdetsky N.A. 1970. Physical Geography of the USSR. Moscow: Mysl. 468 p. [in Russian; *Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А.* 1970. Физическая география СССР. М.: Мысль. 468 с.]

Research Work Report "Geobotanical Assessment of Reindeer Pastures in the Yamal and Tazovsky Regions of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug". 2017. Department for Science and Innovation of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. 253 p. [in Russian; Отчет по НИР «Геоботаническая оценка оленьих пастбищ Ямальского и Тазовского района ЯНАО». 2017. Департамент по науке и инновациям Ямало-Ненецкого автономного округа. 253 с.]

Rakovskaya E.M., Davydova M.I. 2001. Physical Geography of Russia: a Textbook for Students of Teachers' Training Institutes. In 2 pt. Moscow: Humanitarian publishing center VLADOS. 304 p. [in Russian; *Раковская Э.М., Давыдова М.И.* 2001. Физическая география России: учебник для студентов педагогических высших учебных заведений. В 2 ч. М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС. 304 с.]

Simonov M.I. 1977. Climate. Yamal-Gydan Region (Physiographical Characteristics). Leningrad: Hydrometeoizdat. Pp. 27-51. [in Russian; *Симонов М.И.* 1977. Климат. Ямало-Гыданская область (физико-географическая характеристика). Л.: Гидрометеоиздат. С. 27-51.]

Sorochinskaya D.A. 2018. Structure of tundra vegetation cover of the Gydan Peninsula // Graduate Bachelor's Work in the Specialty "Ecology and Nature Management". Moscow: M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography. 60 p. (manuscript). [in Russian; *Сорочинская Д.А.* 2018. Структура растительного покрова тундр Гыданского полуострова // Выпускная бакалаврская работа по специальности «Экология и природопользование». М.: МГУ им. М. В Ломоносова: географический факультет. 60 с. (рукопись).]

Yunatov A.A. 1964. Types and Composition of Geobotanical Researches. Selecting Sample Plots and Establishing Ecological Profiles // Field Geobotany. Leningrad: Nauka. Vol. 3. Pp. 9-36. [in Russian; *Юнатов А.А.* 1964. Типы и содержание геоботанических исследований. Выбор пробных площадей и заложение экологических профилей // Полевая геоботаника. Л.: Наука. Т. 3. С. 9-36.]

Billings W.D. 1987. Carbon balance of Alaskan tundra and taiga ecosystems: past, present and future // Quaternary Science Reviews. Vol. 6. Pp. 165-177.

Bolin B. 1986. How much CO, will remain in the atmosphere? // The Greenhouse Effect, Climate Change, and Ecosystems. Scope 29 / Eds B. Bolin, B. Doos, J. Jager, R. Warrick. London: JohnWileyandSons. Pp. 93- 155.

Circumpolar Arctic Vegetation Map. 2003. Scale 1:7,500,000. U.S. Fish and Wildlife Service, Anchorage, Alaska.

Database of High Spatial Resolution Global Weather and Climate Data. 2020. WorldClim. [Available at https://www.worldclim.org/ (Date of access 04/12/2020)].

Melillo J.M., McGuire A.D., Kicklighter D.W., Moore B., Vorosmarty C.J., Schloss A.L. 1993. Global climate change and terrestrial net primary production // Nature. Vol. 363. No. 6426. Pp. 234-240.

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2020, том 4, № 3, с. 60-144

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

УДК 581:630 (470.31)

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЛЕСОВ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА[1]

© 2020 г. Т.В. Черненькова*, Е.Г. Суслова, О.В. Морозова*, Н.Г. Беляева*, И.П. Котлов*****

**Институт географии РАН*
Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29
E-mail: chernenkova50@mail.ru, olvasmor@mail.ru

***Московский государственный университ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии*
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 1. E-mail: lena_susl@mail.ru

****Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова*
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: ikotlov@gmail.com

Поступила в редакцию 27.07.2020. После доработки 30.07.2020. Принята к публикации 01.08.2020.

Основные результаты включают инвентаризацию лесов Московского региона на площади 23.4 тыс. км^2 с детальной оценкой организации коренных и производных лесных сообществ разного типа. Согласно эколого-фитоценотической классификации полевых описаний выделено 11 формаций и 33 группы ассоциаций лесной растительности. Сформирована система паспортизации лесов. Выделенные синтаксоны охарактеризованы по единой схеме с учетом диагностических признаков, состава и структуры сообществ, а также экологии местообитаний. Выполнен анализ пространственного распределения еловых, сосновых, широколиственных и мелколиственных лесов в рамках физико-географических провинций. Полученные данные дали полное представление о фитоценотической структуре сообществ Московского региона, состав которых отражает сукцессионную стадию, зональные черты растительности, приуроченность к определенным ландшафтным элементам и характеризует направленность восстановительных смен лесов разных типов.

Ключевые слова: Московский регион, типы лесных сообществ, состав и структура сообществ, эколого-фитоценотическая классификация, видовое и типологическое разнообразие, распространение, физико-географические провинции.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10065

Значимость лесов – «зеленого пояса» Московского региона[2] для сохранения природного потенциала и выполнения социально-экологических функций является исключительной. Несмотря на относительно высокую лесистость в регионе (более 50%), современный лесной покров мозаичен, представлен на большей площади производными лесами из мелколиственных пород, значительня часть из которых сформировалась на месте лесных культур. Современные леса Московского региона отличает ряд особенностей: значительная рекреационная нагрузка вследствие высокой плотности населения, ограничение рубок промышленных и ухода (в соответствии с Лесным кодексом РФ леса относятся к группе

[1] Работа выполнена по теме Института географии РАН в части изучения состава лесных сообществ и гранта РНФ №18-17-00129 в части пространственного анализа биоразнообразия лесов. Для хранения и анализа материалов полевых геоботанических описаний использована база данных «FORDIV» (Св. о гос. регистрации №2014620979).

[2] Исследуемая территория Московского региона включает Московскую область и территорию «Новой Москвы».

защитных), неудовлетворительное санитарное состояние и нестабильная экологическая обстановка.

Растительный покров Московской области (МО) изучался многими исследователями и научными коллективами (Алехин, 1947; Любимова, 1957; Курнаев, 1968; Леса Восточного ..., 1979; Дылис, 1971; Ильинская и др., 1982; Леса Южного …, 1985; Леса Северного …, 1993; Савельева, 2000; Маслов, 2012; Суслова, 2019). Под редакцией Г.Н. Огуреевой разработана карта растительности Московской области масштабом 1:200000 (Растительность Московской области, 1996), выполненная по материалам лесотаксационных данных и наземных исследований. В настоящее время внедрение в практику цифрового моделирования и количественных методов анализа полевой, дистанционной и картографической информации позволяет с большей детальностью отразить современное состояние лесного покрова территории и его отдельных характеристик (Reese et al., 2002; Ustin et al., 2004; Пузаченко и др., 2006, 2014; McRoberts, 2006; Tomppo et al., 2008; Крышень, Литинский, 2013; Chernenkova et al., 2019).

Оценка состава и качества лесов в рамках лесохозяйственной инвентаризации не обеспечивает полноту, а также доступность данных о состоянии и биоразнообразии лесов. Получение актуальной информации о типологическом составе и площади лесных массивов для устойчивого существования ценопопуляций как видов-лесообразователей, так и редких видов растений и животных является важной задачей для научных и природоохранных целей. В этой связи есть необходимость разработки системы паспортизации лесов, сопровождающейся цифровым картографированием фитоценотического разнообразия лесного покрова. Для МО выполнен цикл работ по оценке современного типологического разнообразия лесов (Черненькова и др., 2015, 2018, 2019; Беляева и др., 2018; Суслова, 2019; Chernenkova et al., 2020). Представленное исследование является продолжением данного цикла работ и включает обобщение разработанных ранее систем типологии и классификации природных сообществ Московского региона с учетом структурных, ценотических и сукцессионно-динамических критериев.

В задачи работы вошли: а) характеристика сосвременного формационного состава лесов и пространственного распределения в рамках ландшафтных единиц – физико-географических провинций (ФГП); б) более детальная инвентаризация биоразнообразия лесов с разработкой перечня синтаксонов лесной растительности (ранга групп ассоциаций) как основы будущей развернутой легенды карты; в) характеристика выделенных синтаксонов по единой схеме с учетом диагностических признаков, состава и структуры сообществ, а также экологии.

Материалы и методы

Московская область расположена в центральной части Восточно-Европейской (Русской) равнины – 35° 10’-40° 15’ в.д., 54° 12’-56° 55’ с.ш., занимает площадь 4.58 млн. га (с учетом территории «Новой Москвы» площадью 0.15 млн. га). По своим природным условиям регион отличается значительным разнообразием, – здесь проходит несколько важных природных и ботанико-географических рубежей, обусловленных климатическими градиентами и неоднородностью моренных и водноледниковых отложений, сформированных во время покровных оледенений Четвертичного периода (Chernenkova et al., 2020).

В наших работах по изучению закономерностей распространения растительных сообществ разного типа в МО мы используем физико-географическое районирование, проведенное авторским коллективом (Анненская и др., 1997) кафедры физической географии и ландшафтоведения географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. На территории МО авторами выделено 7 физико-географических провинций: 1 – Верхне-Волжская, 2 – Смоленская, 3 – Московская, 4 – Москворецко-Окская, 5 – Мещерская, 6 – Заокская и 7 –

Среднерусская (рис. 1).

По схематической карте климатических областей и районов Европы Московская область отнесена к умеренно континентальной области (Rivas-Martínez et al., 2004). Среднегодовая температура воздуха достигает 2.7°-3.8°С, а осадки составляют 560-640 мм (Литвиненко, Калинина, 2018). Рельеф территории в целом – пологохолмистый, высоты варьируют от 90 до 320, в среднем 174 м н.у.м. БС, средний уклон составляет 2.06° (0-30.9°). Различия характеристик рельефа приведены в таблице 1.

В соответствии со схемой геоботанического районирования, основная часть Московской области находится в пределах зоны хвойно-широколиственных лесов, на юге региона проходит граница с зоной широколиственных лесов (Петров, 1968; Курнаев, 1973; Растительность …, 1980; Зоны и типы ..., 1999; табл. 1). Смена зональных рубежей связывается с изменением геоморфологических условий, вызванным положением района по отношению к границе московского оледенения: слабодренированные суглинистые плато на западе сменяются по направлению к востоку хорошо дренированными эродированными междуречьями.

Рис. 1. Физико-географические провинции Московской области (Природоохранный Фонд …, 2018; Анненская и др., 1997). **Fig. 1.** Physical-geographical provinces of the Moscow region (Природоохранный Фонд …, 2018; Анненская и др., 1997).

Геоботанические описания общим числом 1684 выполнены по стандартной методике в пределах растительных сообществ, однородных по общему флористическому составу, составу доминантов каждого яруса, физиономии (аспекту, структуре сообществ) и условиям местообитания, на пробных площадях 20×20 м с использованием GPS-позиционирования. Пробные площади закладывались на расстоянии не менее 200 м друг от друга. Оценивали состав и структуру древесного яруса (проективное покрытие крон, среднюю высоту взрослых деревьев и подроста). Выявлялся полный видовой состав кустарникового, травяно-

Таблица 1. Основные характеристики физико-географических провинций Московсого региона (Chernenkova et al., 2020). **Table. 1.** The main characteristics of the Moscow region physical-geographical provinces (Chernenkova et al., 2020).

Физико-географические провинции	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
	Верхне-Волжская	**Московская**	**Смоленская**	**Москворецкая**	**Мещерская**	**Заоскская**	**Среднерусская**
Оледенения	4	3	3	2-3	2-3	2	2
Климат							
Т ср. янв., °С	-9.65	-9.16	-8.94	-8.27	-8.78	-8.85	-8.63
Т ср. июл. °С	17.49	17.47	17.25	18.10	18.79	18.52	18.50
Осад. год, мм	636.90	652.31	635.76	620.90	613.90	573.61	558.17
Осад. тепл., мм	86.23	87.62	84.61	84.61	86.95	82.33	78.96
Рельеф							
Абс. высота, м н.у.м. БС	146.7	206.8	213.1	174.4	133.5	168.6	176.4
Уклон, °	1.39	2.25	2.04	1.88	1.43	2.02	1.69
Отложения	Зандровые, морено-водно-ледниковые покровные суглинки и пески, подстилаются известняками либо глинами	Моренные, морено-водно-ледниковые суглинки и пески	Моренные суглинки, водно-ледниковые и озерно-водно-ледниковые суглинки и пески	Моренные, морено-водно-ледниковые суглинки и пески	Водно-ледниковые, древне-аллювиальные пески и суглинки	Покровные лёссовидные суглинки на моренных и водно-ледниковых песках	Покровные и моренные, водно-ледниковые суглинки на выступе коренных пород
Почвы	Дерново-подзолистые глееватые	Дерново-подзолистые глееватые, болотные	Дерново-подзолистые	Дерново-подзолистые, светлосерые лесные	Дерново-подзолистые, подзолистые глееватые, болотные	Серые, светлосерые лесные	Серые лесные
Леса	Березово-сосновые, мелко-лиственно-еловые	Широколиственно-еловые, мелколиственно-еловые	Широколиственно-еловые, мелколиственно-еловые	Мелколиственные	Елово-дубово-сосновые, Березово-сосновые	Мелколиственные, мелколиственно-широколиственные	Дубравы

кустарничкового и мохового ярусов с оценкой проективного покрытия (ПП) в процентах. Для оценки видового разнообразия оценивалась видовая насыщенность растений наземных ярусов, как среднее число видов на единицу площади.

Названия видов сосудистых растений приводятся по работе С.К. Черепанова (1995), мхов – по работе М.С. Игнатова и Е.А. Игнатовой (2003). Виды мхов определены Е.А. Игнатовой.

Типизация сообществ выполнена на основе эколого-фитоценотической классификации с использованием матричного принципа (Заугольнова, Морозова, 2004; Chernenkova, Morozova, 2017). По доминирующей лесной породе выделены формации, каждая из которых представлена сообществами с разным сочетанием общих доминантов в нижних ярусах. Выделение синтаксонов на уровне групп ассоциаций проведено по преобладающим эколого-морфологическим группам растений подчиненных ярусов.

Характеристика синтаксонов дана на основе *диагностических признаков, состава и структуры сообществ*. Диагностическими признаками служило процентное соотношение эколого-ценотических групп (ЭЦГ) в нижних ярусах сообщества (с учетом проективного покрытия видов) и набор диагностических видов.

Оценка состава ЭЦГ выполнена по модифицированной схеме В.Э. Смирнова с соавторами (2006) с учетом диагностических видов классов растительности в системе Браун-Бланке (Ермаков, 2012; Mucina et al., 1993). Выделены следующие группы: Br (бореальная, включающие бореальные кустарнички, бореальное мелкотравье и виды бореальных зеленых мхов), Nm (неморальное широкотравье, включая виды мхов неморальных сообществ), NW (нитрофильно-влажнотравная), Md (луговая), Eg (опушечная), St (степная), Ad (адвентивная), Olg (олиготрофно-болотная), Wt (травяно-болотная). Луговая и опушечная группы не многочисленны и, как правило, рассмотрены вместе как лугово-опушечная.

Диагностические виды для групп ассоциаций выделены по методу *IndVal* (Dufrene, Legendre, 1997). Диагностические виды рассчитываются на основе втречаемости и их обилия в выборке. Виды со значением *IndVal*>25% (p<0.005) рассматривались как диагностические.

Характеристика состава и структуры синтаксона даны на основе выделения константных видов (виды с встречаемостью IV-V), доминантных видов (пр. покрытие ≥25% в отдельных описаниях), а также основных показателей организации древесного (A1, A2), кустарникового (B), травяно-кустарничкового (C) и мохового (D) ярусов.

Экологическая характеристика групп рассчитана по шкалам Элленберга (Düll, 1991; Ellenberg et al., 1991) с учетом проективного покрытия каждого вида в каждом ярусе.

Для интерпретации экологического содержания выделенных синтаксонов в рамках формационной группы применены методы непрямой ординации – неметрическое многомерное шкалирование (NMDS ординация) в программной среде R (R: A language …, 2020). Из значений покрытий был извлечен квадратный корень и проведена двойная Висконсинская стандартизация, использовано расстояние Брея-Кертиса (square root transformation and Wisconsin double standardization, Bray-Curtis distance). При ординации и интерпретации осей для каждого описания оценены его балловые значения в шкалах Элленберга. Рассчитаны показатели освещенности (L), богатства почвы минеральным азотом (N), кислотности почвы (R), увлажнения почвы (M) в программе Juice 7 (Tichý, 2002). Таким образом, были получены значения факторов для каждого описания, которые использовались при наложении векторов на ординационное пространство и при оценке различий групп сообществ по факторам. Анализ дифференциации анализируемых групп сообществ выполнен на основе состава наземных ярусов (C, D).

Пространственное моделирование синтаксонов на уровне формации выполнено методом линейного дискриминантного анализа (Пузаченко и др., 2014). Спектральные яркости снимка Landsat 8, Цифровая модель рельефа SRTM v3, дополненные производными

спектральными индексами и морфометрическими параметрами использованы в качестве признаков. Принадлежность точек описаний к формациям, выявленная в ходе эколого-фитоценотической классификации, использована в качестве образцов объектов дискриминантного анализа (обучающая выборка). Построенные таким образом дискриминатные оси интерполированы на всю исследуемую территорию (Chernenkova, 2019).

На основе разработанной карты лесных формаций оценена их площадь и доля условно-коренных лесов от общей лесопокрытой площади в рамках городских округов.

Результаты

В результате классификации лесных сообществ выделено 11 формаций и 33 группы ассоциаций, различающихся по составу и обилию видов древесного и подчиненных ярусов.

Классификационная схема лесных сообществ Московского региона

Хвойные и хвойно-мелколиственные леса

Еловые и елово-мелколиственные леса

Еловые с березой, осиной, сосной, местами с дубом и липой:

1) кустарничковые мелкотравно-зеленомошные,
2) мелкотравные,
3) мелкотравно-широкотравные,
4) широкотравные.

Елово-мелколиственные:

5) кустарничковые мелкотравно-зеленомошные,
6) мелкотравные,
7) мелкотравно-широкотравные,
8) широкотравные.

Сосново-еловые и сосновые леса

Сосново-еловые:

9) кустарничковые мелкотравно-зеленомошные,
10) мелкотравные,
11) мелкотравно-широкотравные,
12) широкотравные.

Сосновые с елью и березой, местами с липой и дубом:

13) кустарничковые мелкотравно-зеленомошные,
14) мелкотравные,
15) мелкотравно-широкотравные,
16) широкотравные,
17) разнотравные,
18) кустарничковые травяно-сфагновые.

Широколиственные и елово-широколиственные леса:

19) дубовые с липой, елью и березой широкотравные,
20) липовые с дубом, местами с елью и березой широкотравные,
21) елово-широколиственные широкотравные.

Мелколиственные леса

Березовые с елью и осиной, местами с дубом и липой:

22) мелкотравные,
23) мелкотравно-широкотравные,
24) широкотравные,

25) влажнотравно-широкотравные,
26) травяно-болотные,
27) разнотравные,
28) кустарничковые травяно-сфагновые.

Осиновые с елью и дубом:

29) широкотравные,
30) влажнотравно-широкотравные.

Сероольховые:

31) влажнотравно-широкотравные.

Черноольховые:

32) влажнотравно-широкотравные,
33) травяно-болотные.

Пространственное распределение. По нашей оценке, общая лесистость исследуемой территории составляет 51%, доля еловых лесов составила 18% от общей площади лесной территории, елово-мелколиственных – 19%, сосновых – 14%, широколиственных – около 8%, широколиственно-еловых – 1%. Максимальная площадь – под производными сообществами с преобладанием мелколиственных пород – более 30% (Chernenkova et al., 2019; рис. 2).

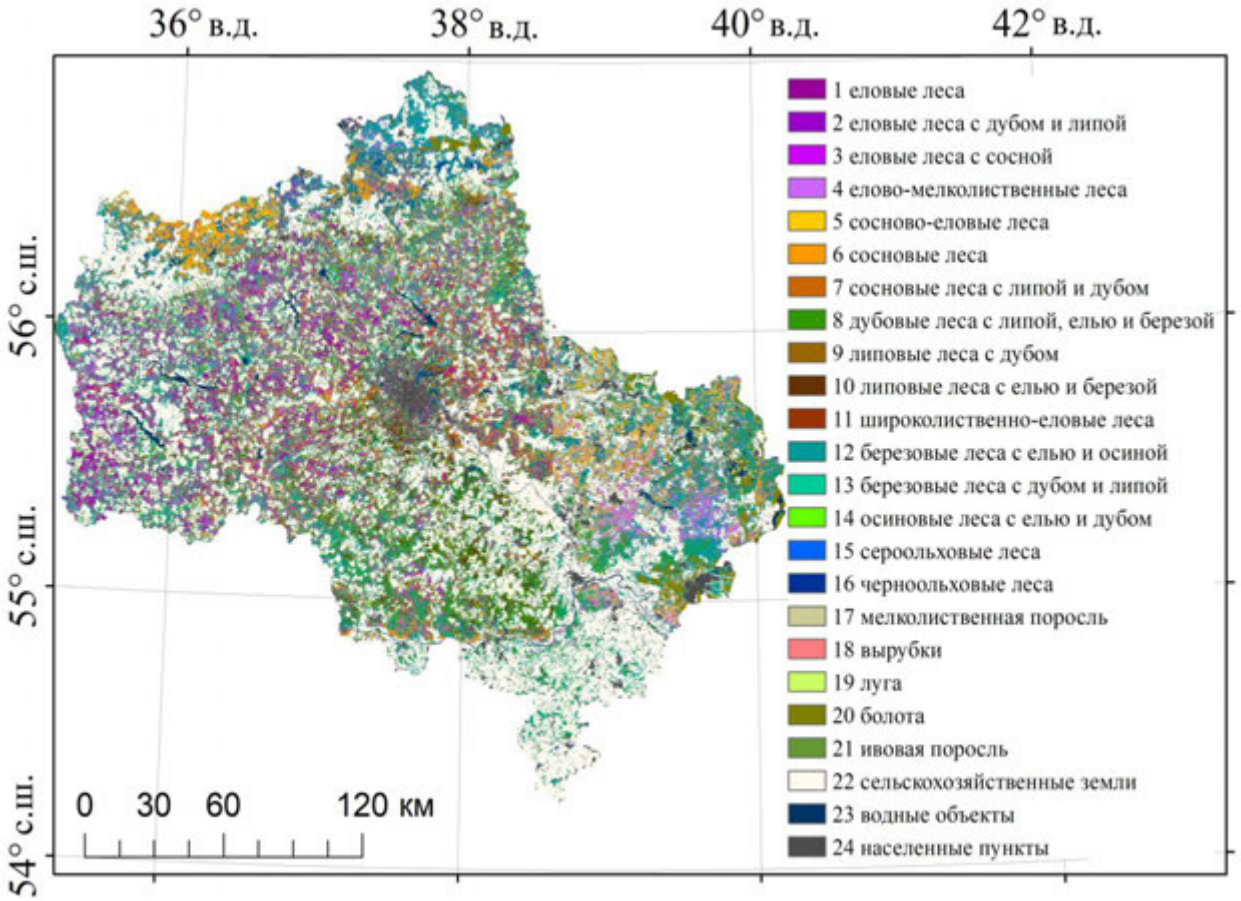


Рис. 2. Картографическая модель лесного покрова Московского региона (Chernenkova et al., 2019). **Fig. 2**. Cartographic model of the Moscow region forest cover (forest formations; Chernenkova et al., 2019).

Характеристика синтаксонов

В рамках крупных категорий – групп формаций – дана характеристика растительности с учетом состава только наземных ярусов, наиболее чутко отражающих условия экотопа. Данным классификационным категориям мы дали условное название «группы сообществ». Более детальный анализ типологического и видового состава лесных сообществ выполнен в рамках описания синтаксономических единиц уровня групп ассоциаций с учетом полного состава древесного и подчиненных ярусов.

ХВОЙНЫЕ И ХВОЙНО-МЕЛКОЛИСТВЕННЫЕ ЛЕСА

Еловые и елово-мелколиственные леса

Еловые с березой, осиной, сосной, местами с дубом и липой леса

Особенности состава еловых и елово-мелколиственных лесов проанализированы в рамках 4-х групп сообществ – кустарничковых мелкотравно-зеленомошных, мелкотравных, мелкотравно-широкотравных и широкотравных.

При анализе процентного соотношения эколого-ценотических групп видов в нижних ярусах заметно, что в сообществах кустарничковой мелкотравно-зеленомошной группы (1) преобладает бореальная ЭЦГ (72%), в которой наблюдается значительное участие бореальных кустарничков (10%) и бореальных мхов (20%), доля неморальных видов сравнительно невелика (18%), участие остальных ЭЦГ незначительно (опушечно-луговые – 5%; нитрофильно-влажнотравные – 4%; водно-болотные, олиготрофно-болотные – около 1%; рис. 3)

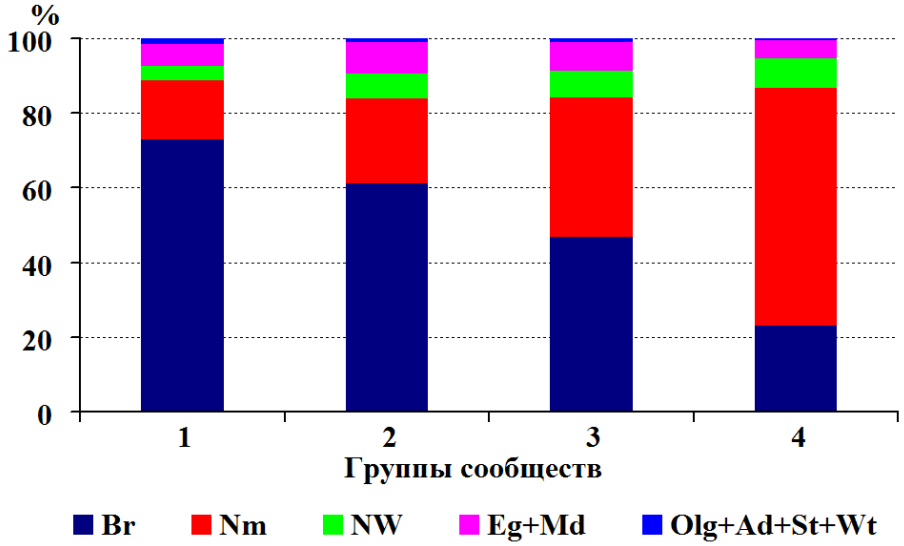


Рис. 3. Процентное соотношение эколого-ценотических групп видов в наземных ярусах еловых и елово-мелколиственных сообществ. *Условные обозначения.* Группы собществ: 1 – кустарничковые мелкотравно-зеленомошные, 2 – мелкотравные, 3 – мелкотравно-широкотравные, 4 – широкотравные. ЭЦГ: Br – бореальная, включающие бореальные кустарнички, неморальное мелкотравье и виды зеленых мхов; Nm – неморальное широкотравье; NW – нитрофильно-влажнотравная, Md – луговая; Eg – опушечная; St – степная; Ad – адвентивная, Olg – олиготрофно-болотная; Wt – травяно-болотная. **Fig 3.** The percentage of ecological-coenotic groups of grass-shrubs layer species in spruce and spruce-small-leaved communities. *Legend*. Communities groups: 1 – dwarf shrubs-small herb-green moss, 2 – small herb, 3 – small herb-broad herb, 4 – broad herb. ECG: Br – boreal; Nm – nemoral; NW – nitrophilic-wet-herb; Md – meadow-herb; Eg – edge-herb; St – steppe-herb; Ad – adventive; Olg – oligotrophic-bog herb; Wt – marshy-herb.

В сообществах мелкотравной группы (2) участие бореальных видов немного снижается за счет уменьшения участия кустарничков и зеленых мхов. Доля бореального мелкотравья становится несколько выше, чем в предыдущей группе – 52%, бореальных кустарничков – 1.5%, а бореальных мхов – 8%. Зато доля неморальных видов увеличивается по сравнению с предыдущей группой – 25%, пр. покрытие видов остальных групп незначительно: опушечно-луговые – 7%, нитрофильно-влажнотравных – 6%, водно-болотных и олиготрофно-болотных – менее 1%. Для сообществ мелкотравно-широкотравной группы (3) характерно дальнейшее снижение участия бореальных видов (бореальное мелкотравье – 39%, бореальные мхи – 4%, бореальные кустарнички – 1%) и увеличение неморальных – 42%, участие видов остальных групп по-прежнему незначительно: опушечно-луговых – 6%, нитрофильно-влажнотравных – 6%, водно-болотных и олиготрофных – менее 1%. В широкотравной группе сообществ (4) преобладают неморальные виды (65%), доля бореального мелкотравья – 21%, бореальных зеленых мхов – 2%, бореальных кустарничков – менее 1%, нитрофильно-влажнотравных – 7%, участие видов остальных групп незначительно (опушечно-луговых – 4%; водно-болотных – менее 1 %). Адвентивные и степные виды во всех группах составляют менее 1%.

Описания четырех групп сообществ с учетом видов наземных ярусов разделены по видовому составу в ординационном пространстве (рис. 4). С первой осью варьирования связаны изменения кислотности и богатства почв, а также освещенности, со второй – влажности почв. Наибольшая корреляция наблюдается с кислотностью (R^2=0.51) и богатством почв (R^2=0.35).

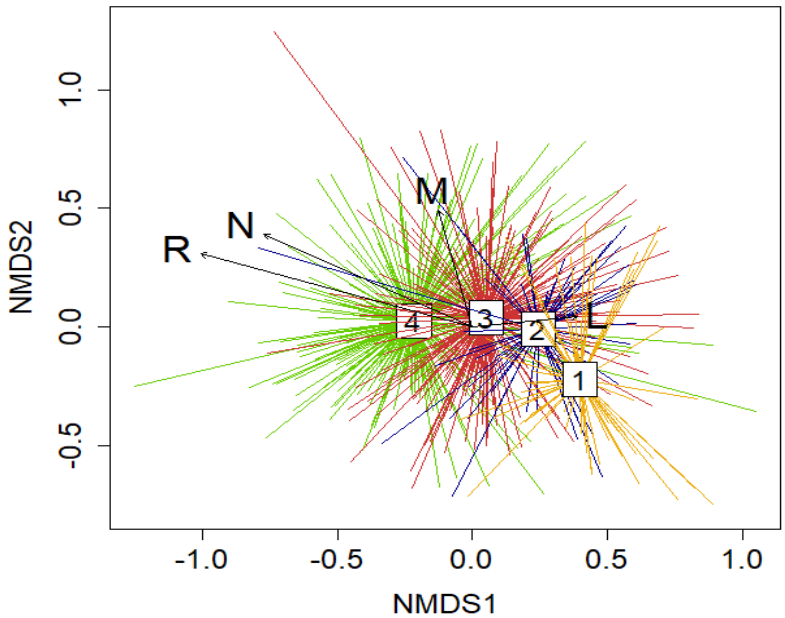


Рис. 4. Распределение еловых и елово-мелколиственных сообществ с учетом растений подчиненных ярусов в осях NMDS ординации. NMDS1 – первая ось варьирования, NMDS2 – вторая ось варьирования. *Условные обозначения.* Группы сообществ: 1 – кустарничковые мелкотравно-зеленомошные, 2 – мелкотравные, 3 – мелкотравно-широкотравные, 4 – широкотравные. Экологические факторы: L – освещенность, M – влажность, N – богатство почв, R – кислотность почв (Chernenkova et al., 2020). **Fig. 4.** Distribution of spruce and spruce-small-leaved communities in NMDS ordination axes. NMDS1 – first axis of variation, NMDS2 – second axis of variation. Communities groups: 1 – dwarf shrubs-small herb-green moss, 2 – small herb, 3 – small herb-broad herb, 4 – broad herb. Ecological factors: L – light, M – moisture, N – nutrients, R – soil reaction.

Таким образом, анализ состава растительности наземных ярусов четырех групп сообществ (кустарничковых мелкотравно-зеленомошных, мелкотравных, мелкотравно-широкотравных и широкотравных) еловых и елово-мелколиственных лесов выявил переход от бореального до неморального видового состава. В частности, при переходе от кустарничковой мелкотравно-зеленомошной к широкотравной группе в эколого-ценотическом спектре доля бореальной группы видов уменьшилась в 3.5 раза, а доля видов неморальной группы увеличилась, соответственно, – в 3 раза. Разные типы сообществ приурочены к определенным экологическим условиям, связанными с условиями освещения и почвенными характеристиками.

На ландшафтном уровне в пределах региона также отмечена субширотная дифференциация еловых и елово-мелколиственных сообществ (рис. 5). В соответствии с картой «Ландшафты Московской области» (Анненская и др., 1997), большая часть от лесопокрытой площади (30-40%) еловых и елово-мелколиственных сообществ отмечена на Смолено-Московской моренной возвышенности – в Смоленской и Московской ФГП (север и северо-запад региона), в меньшей степени – в восточной и южной частях Московского региона. Минимальное пр. покрытие ельников (менее 10%) наблюдается в Заокской и Среднерусской провинциях, где имеет место переход в зону широколиственных лесов.

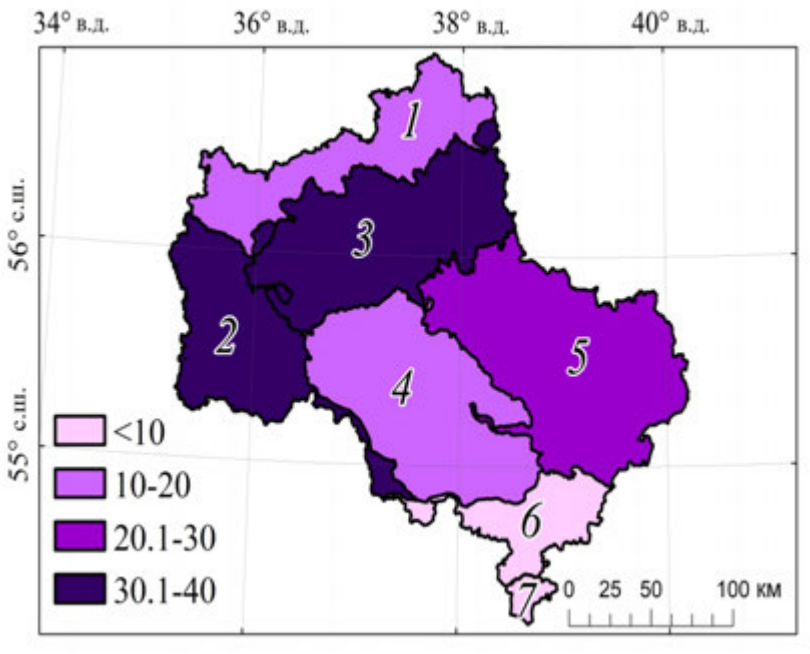


Рис. 5. Распределение еловых и елово-мелколиственных сообществ в пределах ФГП (1 – Верхне-Волжская, 2 – Смоленская, 3 – Московская, 4 – Москворецко-Окская, 5 – Мещерская, 6 – Заокская, 7 – Среднерусская) в % от лесопокрытой площади.

Fig 5. Distribution of spruce and spruce-small-leaved communities in physical-geographical provinces as a percentage of forest cover area (1 – Upper Volga pr., 2 – Smolensk pr., 3 – Moscow pr., 4 – Moskvoretsko-Oka pr., 5 – Meshchera pr., 6 – Zaoksky pr., 7 – Central Russian pr.).

В результате более дробной классификации сообществ еловых и елово-мелколиственных лесов выделено 8 групп ассоциаций, различающихся по происхождению, составу растительности древесного и подчиненных ярусов (рис. 6). Елово-мелколиственные леса мы рассматриваем как короткопроизводную стадию еловых лесов, формирующихся на месте вырубок в результате, как спонтанной сукцессии, так и в процессе развития еловых культур, что согласуется с позицией других исследователей (Ниценко, 1972; Орлов и др., 1974; Tømmerås 1994; Растительность Московской области ..., 1996). Смешанный состав древостоя может формироваться также в результате активного возобновления березы в еловых культурах при несоответствующем качестве ухода. В составе елово-мелколиственных сообществ в равных долях присутствует ель и береза (с небольшой примесью осины), тогда как в еловых лесах преобладает ель с небольшой примесью мелколиственных видов деревьев. Ниже по единой схеме с учетом диагностических признаков, состава и структуры

сообществ, а также экологии и пространственного распределения в рамках ландшафтных единиц (ФГП) дана их характеристика.

1) Еловые кустарничковые мелкотравно-зеленомошные леса

Еловые с березой, осиной и сосной кустарничковые мелкотравно-зеленомошные (фото 1). Данная группа наиболее часто представлена *ельниками чернично-брусничными кислично-зеленомошными.* Из наиболее близких по составу в эту группу можно отнести ассоциацию *ельников кислично-зеленомошных* (Рысин, Савельева, 2007).

Сукцессионный статус. Еловые кустарничковые мелкотравно-зеленомошные леса признаны большинством авторов условно коренным типом леса.

Фото 1. Внешний вид еловых кустарничковых мелкотравно-зеленомошных сообществ (гр. №1) г.о. Клин (фото О.В. Морозовой). **Photo 1.** Spruce-forest small herb-green moss communities in Klin district (Photo by O.V. Morozova).

Диагностические признаки

Диагностические виды: *Picea abies* (A)[3], *Frangula alnus* (B), *Vaccinium myrtillus, V. vitis-idaea, Calamagrostis arundinacea, Luzula pilosa, Melampyrum pratense, Maianthemum bifolium, Orthilia secunda, Sorbus aucuparia, Trientalis europaea, Pleurozium schreberi, Hylocomium splendens.*

Соотношение ЭЦГ: преобладает бореальная группа (72%), доля неморальных видов сравнительно невелика (12.4%), участие остальных групп незначительно (опушечно-луговые – 5.3%; нитрофильно-влажнотравные – 3%; водно-болотные и олиготрофно-болотные – 7.4%).

Состав и структура

[3] Здесь и далее – обозначение ярусов: A – древесный ярус, где A1 – первый древесный, A2 – второй древесный, A3 – третий древесный; B – подрост; C – травы, кустарнички, а также невысокие кустарники и подрост деревьев до 1 м высотой.

Константные виды: *Picea abies (A, B, C), Frangula alnus* (B), *Sorbus aucuparia* (B), *Calamagrostis arundinacea, Carex digitata, Convallaria majalis, Dryopteris carthusiana, Luzula pilosa, Maianthemum bifolium, Orthilia secunda, Oxalis acetosella, Rubus saxatilis, Solidago virgaurea, Sorbus aucuparia, Trientalis europaea, Vaccinium myrtillus, V. vitis-idaea, Hylocomium splendens* (D), *Pleurozium schreberi.*

Доминантные виды: *Picea abies* (среднее пр. покрытие A1 – 52%[4], A2 – 27%, B – 18%), *Juniperus communis* (B – 8%), *Sorbus aucuparia* (14%), *Calamagrostis arundinacea* (10%), *Oxalis acetosella* (28%), *Rubus saxatilis* (7%), *Vaccinium myrtillus* (22%), *Hylocomium splendens* (15%), *Pleurozium schreberi* (25%).

Древостой разновозрастный (50-130 лет), состоит из 2-х ярусов. Высота 1 древесного яруса (A1) в среднем составляет 28.5 м, сомкнутость крон деревьев в ярусе 64%[5], он сформирован, главным образом, елью *Picea abies* (52%), с участием *Betula* spp. (*B. pendula, B. pubescens* – 9.4%), *Pinus sylvestris* (11%), реже *Populus tremula* (6%). Высота 2 подъяруса (A2) – около 19 м, сомкнутость – 24%. Преобладает в основном *Picea abies* (27%), реже *Betula* spp. (*B. pendula, B. pubescens;* 8%), единичны *Tilia cordata* (5%) и *Quercus robur* (3%). Подрост представлен активно возобновляющейся *Picea abies* (17%), иногда присутствует *Tilia cordata* (3%), *Quercus robur* (2%) и *Populus tremula* (1%).

Кустарниковый ярус выражен не всегда, его проективное (пр.) покрытие варьирует от 10 до 20% (в среднем 18%), высота – 2.5 м. Чаще встречается *Sorbus aucuparia* (14%), *Frangula alnus* (7%), *Corylus avellana* (7%) и *Lonicera xylosteum* (4%), реже *Viburnum opulus* (2%), *Juniperus communis* (8%) и *Sambucus racemosa* (2%), иногда отмечены *Salix cinerea* (8%), *S. caprea* (3%) и *Padus avium* (6%).

Травяно-кустарничковый ярус (среднее пр. покрытие 58%) представлен бореальными видами кустарничков – *Vaccinium myrtillus* (22%) и *V. vitis-idaea* (22%) и бореальным мелкотравьем. Наибольшее пр. покрытие отмечено у *Calamagrostis arundinacea* (10%), *Oxalis acetosella* (28%), хотя с наибольшим постоянством присутствуют виды с меньшим пр. покрытием: *Gymnocarpium dryopteris* (3%), *Maianthemum bifolium* (3%), *Luzula pilosa* (3%), *Trientalis europaea* (2%), *Rubus saxatilis* (7%), *Solidago virgaurea* (1%), *Pyrola rotundifolia* (4%), *Orthilia secunda* (2%), *Fragaria vesca* (4%). Среди неморальных видов достаточно часто отмечены *Ajuga reptans* (2%), *Carex digitata* (3%), *Convallaria majalis* (5%), *Dryopteris filix-mas* (3%), *Mycelis muralis* (2%), *Paris quadrifolia* (1%). Из нитрофильно-влажнотравных видов достаточно часто встречается *Athyrium filix-femina* (6%).

Наземные мхи имеют пр. покрытие 60%. Преобладают типичные бореальные виды: *Pleurozium schreberi* (25%) и *Hylocomium splendens* (15%), часто встречаются *Dicranum polysetum* (6%) и *D. scoparium* (4%), реже *Polytrichum commune* (5%), а также виды из неморальной свиты – *Plagiomnium affine* (4%), *Rhodobryum roseum* (6%) и *Sciuro-hypnum curtum* (1%).

Видовое разнообразие. Всего в ценофлоре ельников кустарничковых травяно-зеленомошных 185 видов растений: сосудистых – 151, мохообразных – 34. В древесном ярусе – 8 видов, кустарниковом – 24 (15 видов кустарников, 9 деревьев), травяно-кустарничковом – 144 (12 древесных и кустарниковых видов). В сообществах насчитывается от 23 до 56 видов, в среднем – 34.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 2.3-4.8, диапазон влажности почв – 4-7.4, богатства почв минеральным азотом – 2.9-6.3. Почвы дерново-подзолистые глееватые и оглеенные в разной степени.

---

[4] Проективное покрытие деревьев яруса (либо конкретного древесного вида) – измеряется от 0 до 100%, где 0 – отсутствие деревьев, 100% – кроны полностью закрывают небо.

[5] Сомкнутость крон обычно оценивается в долях от единицы. Однако, может измерятся также, как и проективное покрытие (от 0 до 100%) в целях большей информативности.

Положение в ландшафте (рельеф). Ельники кустарничковые мелкотравно-зеленомошные отмечены по склоновым частям моренных останцов со среднедерново-среднеподзолистыми супесчано-суглинистыми почвами при уровне грунтовых вод 2-4 м (Рысин, Савельева, 2007).

Дисперсионный анализ распределения выделенных групп ассоциаций ельников и характеристик рельефа показал, что рассматриваемые группы статистически значимо определяются характеристиками рельефа. Ельники мелкотравно-зеленомошные занимают наиболее пониженные, плоские и слабонаклонные позиции водосборных территорий (Черненькова и др., 2015).

2) Еловые с участием березы и осины мелкотравные леса

Еловые леса с участием мелколиственных пород мелкотравные, с преобладанием кислицы и других таежных видов, довольно высоким пр. покрытием неморальных видов. Моховой покров не всегда выражен и образован мхами разных групп. Группа мелкотравных ельников объединяет *ельники кисличные, чернично-кисличные* и *папоротниково-кисличные* (фото 2).

Фото 2. Внешний вид елового кисличного леса (гр. № 2) г.о. Истра (фото Е.Г. Сусловой).
Photo 2. Spruce forest with *Oxalis acetosella* in Istra district (Photo by E.G. Suslova).

Сукцессионный статус. Значительная часть ельников мелкотравных представлена 80-летними культурами. При этом сформировавшиеся к настоящему времени зрелые фитоценозы искусственного происхождения приближаются по своему составу и структуре к условно коренным типам лесных сообществ (Носова и др., 2009; Пестерова и др., 2012). Снижение эдифицирующей роли древесного полога ели в монодоминантных сообществах 80-100 лет связано с образованием ветровальных окон в процессе распада древостоя. В результате режим постоянного затенения, повышенной влажности воздуха и задержание кронами осадков снижаются, увеличивается эватранспирация. В окнах появляется липа, лещина и папоротники, происходит инвазивное внедрение и дальнейшее

увеличение числа видов неморального широкотравья (*Paris quadrifolia, Mycelis muralis, Circaea alpina, Actaea spicata, Galium odoratum*). Авторы монографии «Леса Северного Подмосковья» (1993) считают ельники кисличные, произрастающие на Клинско-Дмитровской гряде, стадией восстановления широколиственно-еловых лесов.

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: участие бореальных видов – 62%, доля неморальных – 22%, пр. покрытие видов остальных групп незначительно (опушечно-луговые – 8%, нитрофильно-влажнотравные – 7.4%; водно-болотные – 0.3%).

Диагностические виды: *Picea abies* (A), *Oxalis acetosella* (C).

Состав и структура

Константные виды: *Picea abies* (A, B, C), *Betula pendula* (A), *Corylus avellana* (B), *Lonicera xylosteum* (B), *Sorbus aucuparia* (B, C), *Ajuga reptans, Athyrium filix-femina, Dryopteris carthusiana, D. filix-mas, Gymnocarpium dryopteris, Fragaria vesca, Luzula pilosa, Mycelis muralis, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Rubus saxatilis, Pleurozium schreberi* (D).

Доминантные виды: *Picea abies* (среднее пр. покрытие A1 – 50%, A2 – 23%, B – 20%), *Corylus avellana* (B – 11.2%), *Sorbus aucuparia* (B – 8.3%), *Oxalis acetosella* (C, 45.6%), *Eurhynchium angustirete* (D, 15.8%).

Древостой разновозрастный (40-120 лет), средний возраст – 80 лет, состоит из 2-х ярусов. Высота 1 древесного яруса (A1) в среднем составляет 29 м, сомкнутость – 60%, сформирован, главным образом, из *Picea abies* (50%), с участием *Betula* spp. (*B. pendula, B. pubescens)* (11%), *Populus tremula* (8%). Высота 2 подьяруса (A2) – 19.5 м, сомкнутость – 30%. Преобладает также *Picea abies* (23%), реже *Betula* spp. (*B. pendula, B. pubescens)* (9%). Подрост представлен *Picea abies* (20%), реже присутствует *Acer platanoides* (3%), *Populus tremula* (4%), *Tilia cordata* (3%) и *Quercus robur* (2%).

Кустарниковый ярус имеет пр. покрытие 20%, высота – 3 м. Наиболее часто отмечены лещина *Corylus avellana* (11%), рябина *Sorbus aucuparia* (8%), жимолость *Lonicera xylosteum* (6%), крушина *Frangula alnus* (3%).

Травяный ярусе (среднее пр. покрытие 64%) представлен с учетом пр. покрытия в основном бореальными видами: *Oxalis acetosella* (46%), *Rubus saxatilis* (5%), *Circaea alpina* (9%), *Gymnocarpium dryopteris* (4%), *Luzula pilosa* (2%). Из неморальных видов часто присутствуют *Dryopteris filix-mas* (3%), *Mycelis muralis* (3%), *Paris quadrifolia* (2%) и из нитрофильно-влажнотравных видов – *Athyrium filix-femina* (7%). Практически постоянно встречается *Dryopteris carthusiana* (5%).

Наземные мхи имеют пр. покрытие в среднем 36%, доминанты в составе отсутствуют, с невысоким пр. покрытием встречаются *Atrichum undulatum* (6%), *Dicranum scoparium* (2%), *Eurhynchium angustirete* (16%), *Hylocomium splendens* (6%), *Plagiochila porelloides* (4%), *Plagiomnium affine* (3%), *Pleurozium schreberi* (6%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (8%), *Sciuro-hypnum curtum* (2%).

Разнообразие. Всего в ценофлоре ельников мелкотравных 203 видов растений: из них сосудистых – 166, мохообразных – 37. В древесном ярусе – 8 видов, кустарниковом – 22 (14 видов кустарников, 8 деревьев), травяно-кустарничковом – 156 (15 древесных и кустарниковых видов). В сообществах насчитывается от 18 до 57 видов, в среднем – 37.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 3.1-6, диапазон влажности почв – 4.7-6.3, богатства почв минеральным азотом – 3.5-6.5. Почвы дерново-подзолистые глееватые и оглеенные.

Положение в ландшафте (рельеф). По данным Л.П. Рысина и Л.И. Савельевой (2007), сообщества, отнесенные нами к группе ассоциаций мелкотравных бореальных ельников, как правило, распространены на пологих склонах слабо выраженных всхолмлений на флювиогляциальных равнинах. Ельники с участием черники, по мнению

этих же авторов, предпочитают более дренированные местообитания верхних частей моренных останцов со среднеподзолистыми легкосуглинистыми почвами с уровнем грунтовых вод более 4 м. Однако, по нашим данным дисперсионного анализа, сообщества, отнесененые к ельникам мелкотравным, занимают наиболее пониженные и вогнутые позиции (Черненькова и др., 2015).

3) Еловые мелкотравно-широкотравные леса

Еловые леса с березой, осиной и сосной мелкотравно-широкотравные, чаще всего лещиновые зеленчуково-кисличные. Благодаря сложному составу древесного яруса, а также комбинациям различных доминирующих синузий неморального разнотравья для этой группы характерно высокое типологическое разнообразие, отмеченное и в работах других исследователей (Ильинская и др., 1982; Расительность …, 1996; Рысин, Савельева, 2007). Описаны следующие ассоциации: *кислично-зеленчуковые, кислично-волосистоосоковые, лещиновые кислично-волосистоосоковые, лещиновые кислично-широкотравные* (фото 3).

Сукцессионный статус. Еловые мелкотравно-широкотравные леса, по мнению С.Ф. Курнаева (1968), относятся к субнеморальным, они широко представлены на территории Клинско-Дмитровской гряды и по ее склонам, представляя некий переход к зональным широколиственно-хвойным лесам (Огуреева, Булдакова, 2006). При этом некоторые сообщества из данной группы представляют, возможно, стадию восстановления после рубок в хвойно-широколиственных лесах или старые трансформированные лесокультуры (Суслова, 2019).

Фото 3. Внешний вид елового мелкотравно-широкотравного леса (гр. №3) г.о. Клин (фото О.В. Морозовой). **Photo 3.** Spruce small herb-broad herb forest in Klin district (Photo by O.V. Morozova).

Диагностические признаки

Диагностические виды: *Picea abies* (A), *Corylus avellana* (B), *Ajuga reptans*.

Соотношение ЭЦГ: доля бореальных видов – 48%, неморальных – 39%, участие видов остальных групп незначительно (опушечно-луговые – 7%; нитрофильно-влажнотравные – 5.8.%; водно-болотные – 1.8%).

Состав и структура

Константные виды: *Picea abies* (A, B, C), *Betula pendula* (A), *Corylus avellana* (B), *Lonicera xylosteum* (B), *Sorbus aucuparia* (B), *Ajuga reptans, Athyrium filix-femina, Convallaria majalis, Dryopteris carthusiana, D. filix-mas, Gymnocarpium dryopteris, Luzula pilosa, Maianthemum bifolium, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Rubus saxatilis.*

Доминантные виды: *Picea abies* (среднее пр. покрытие A1 – 54%; A2 – 22%; B – 15%), *Corylus avellana* (B, 24%), *Carex pilosa* (14%), *Galeobdolon luteum* (18%), *Oxalis acetosella* (36%).

Древостой разновозрастный (50-160 лет), средний возраст около 100 лет, состоит из 2-х ярусов. Высота 1 древесного яруса (A1) в среднем составляет 29 м, сомкнутость 70%, сформирован главным образом из *Picea abies* (54%), с участием *Betula* spp. (*B. pendula, B. pubescens* – 8%), с участием *Populus tremula* (8%), *Pinus sylvestris* (10%). Высота 2 древесного яруса (A2) – около 19 м, сомкнутость – 30%. Преобладает также *Picea abies* (22%), реже *Betula* spp. (*B. pendula, B. pubescens* – 5%), единичны *Tilia cordata* (7%) и *Quercus robur* (3%). Подрост представлен *Picea abies* (15%), реже присутствует *Acer platanoides* (6%), *Populus tremula* (4%), *Tilia cordata* (12%) и *Quercus robur* (3%).

Проективное покрытие кустарникового яруса – 38%, высота – 3.7 м. Особенно значимо участие и обилие *Corylus avellana* (24%) и *Sorbus aucuparia* (9%), встречаются также *Lonicera xylosteum* (4%) и *Frangula alnus* (3%).

В травяном ярусе (среднее пр. покрытие 65%) яркие доминанты не выражены, он представлен смешанным составом из бореальных видов: *Oxalis acetosella* (36%), *Rubus saxatilis* (8%), *Equisetum pratense* (7%), *Calamagrostis arundinacea* (7%), *Circaea alpina* (7%), *Maianthemum bifolium* (3%), неморальных: *Galeobdolon luteum* (18%), *Carex pilosa* (13%), *C. digitata* (3%), *Dryopteris filix-mas* (4%), *Ajuga reptans* (5%) и нитрофильно-влажнотравных видов: *Athyrium filix-femina* (6%), *Crepis paludosa* (4%) и *Carex digitata* (3%).

Наземные мхи имеют пр. покрытие 36%, состав полидоминантный: *Eurhynchium angustirete* (9%), *Plagiochila porelloides* (4%), *Plagiomnium affine* (8%), *Pleurozium schreberi* (4%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (5%), *Sciuro-hypnum curtum* (2%). Преобладают неморальные виды.

Разнообразие. Всего в ценофлоре ельников мелкотравных 259 видов растений: сосудистых – 204, мохообразных – 55. В древесном ярусе – 12 видов, кустарниковом – 21 (14 видов кустарников, 8 деревьев), травяно-кустарничковом – 199 (19 древесных и кустарниковых видов). В сообществах насчитывается от 22 до 60 видов, в среднем – 39.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 3.5-6.5, диапазон влажности почв – 4.7-6.1, богатства почв минеральным азотом – 3.6-6.5. Почвы дерново-подзолистые глееватые.

Положение в ландшафте (рельеф). Леса данной группы распространены на выпуклых и выровненных элементах водосборных плато с дерново-среднеподзолистыми суглинистыми, хорошо дренированными почвами. Мелкотравно-широкотравные ельники тяготеют к водосборным пространствам и моренным всхолмлениям и занимают чаще всего склоновые части. Как показал дисперсионный анализ, еловые мелкотравно-широкотравные сообщества занимают возвышенные слабовогнутые слабонаклонные поверхности (Черненькова и др., 2015).

4) Еловые широкотравные леса

Еловые леса с березой, осиной, сосной и широколиственными видами деревьев

кустарниковые широкотравные. Близкие таксоны, выделенные авторами в рамках доминантной классификации – *волосистоосоковые, зеленчуковые и снытьевые* ельники (Рысин, Савельева, 2007; фото 4).

Фото 4. Внешний вид елового широкотравного леса (гр. №4) г.о. Наро-Фоминский (фото Н.Г. Беляевой). **Photo 4.** Spruce broad herb forest in Naro-Fominsk district (Photo by N.G. Belyaeva).

С у к ц е с с и о н н ы й с т а т у с. Еловые широкотравные леса с участием широколиственных пород деревьев представляют собой переход к зональным широколиственно-хвойным лесам. При этом некоторые из данной группы являются, возможно, стадиями восстановления после рубок в хвойно-широколиственных лесах или старыми трансформированными лесокультурами (Суслова, 2019).

Д и а г н о с т и ч е с к и е п р и з н а к и

Диагностические виды: *Picea abies* (A), *Corylus avellana* (B), *Lonicera xylosteum* (B), *Aegopodium podagraria, Asarum europaeum, Carex pilosa, Dryopteris filix-mas, D. carthusiana, Galeobdolon luteum, Pulmonaria obscura, Ranunculus cassubicus, Stellaria holostea.*

Соотношение ЭЦГ: преобладают неморальные виды (60%), доля бореальных – 25%, нитрофильно-влажнотравных – 7.6%, участие видов остальных групп незначительно (опушечно-луговые – 4.6%, адвентивные – 3.9%, водно-болотные – 1.6%).

С о с т а в и с т р у к т у р а

Константные виды: *Picea abies* (A, B), *Corylus avellana* (B), *Lonicera xylosteum* (B), *Sorbus aucuparia* (B), *Ajuga reptans, Asarum europaeum, Athyrium filix-femina, Dryopteris carthusiana, Galeobdolon luteum, Maianthemum bifolium, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Rubus saxatilis. Stellaria holostea.*

Доминантные виды: *Picea abies* (среднее пр. покрытие A1, 51%; A2, 22%; B, 15%), достаточно часто в A2 – *Acer platanoides* (16%) и *Tilia cordata* (A2, 13%; B, 10.3%), *Corylus avellana* (B, 29%), *Sorbus aucuparia* (B, 8%), *Oxalis acetosella* (19%), *Aegopodium podagraria* (10%), *Ajuga reptans* (5%), *Anemonoides nemorosa* (27%), *Carex pilosa* (26%), *Galeobdolon luteum* (27%).

Древостой разновозрастный (30-160 лет), средний возраст деревьев (A1) – 86 лет, состоит из 2-х ярусов. Высота 1 древесного яруса (A1) в среднем составляет 29 м, сомкнутость 70%, сформирован главным образом из *Picea abies* (51%), с участием *Betula* spp. (*B. pendula, B. pubescens* – 10%), *Populus tremula* (8%), *Quercus robur* (8%), реже *Tilia cordata* (8%) и *Pinus sylvestris* (6%). Высота 2 подъяруса (A2) – около 21 м, сомкнутость – 40%. Преобладает также *Picea abies* (22%), реже *Tilia cordata* (13%). Подрост представлен *Picea abies* (15%), реже присутствует *Acer platanoides* (7%), *Tilia cordata* (10%), иногда *Quercus robur* (5%).

Проективное покрытие кустарникового яруса максимально в еловых лесах этого типа – в среднем 40%, высота – 4 м. Наиболее часто с высоким пр. покрытием отмечена *Corylus avellana* (29%), встречаются *Lonicera xylosteum* (7%) и *Sorbus aucuparia* (8%).

В травяном ярусе (среднее пр. покрытие – 70%) преобладают неморальные виды: *Ajuga reptans* (5%), *Asarum europaeum* (6%), *Galeobdolon luteum* (27%), *Stellaria holostea* (6%), *Stellaria nemorum* (8%). Часто встречаются в небольшом количестве бореальные виды: *Oxalis acetosella* (19%), *Maianthemum bifolium* (3%), *Rubus saxatilis* (5%) и нитрофильно-влажнотравные – *Athyrium filix-femina* (7%).

Наземные мхи имеют пр. покрытие 30%, состав полидоминантный – *Atrichum undulatum* (3%), *Cirriphyllum piliferum* (2%), *Eurhynchium angustirete* (8%), *Plagiochila porelloides* (4%), *Plagiomnium undulatum* (6%), *P. affine* (3%), *Pleurozium schreberi* (5%), *Sciuro-hypnum curtum* (3%), *S. starkei* (2%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (4%), *Hylocomium splendens* (5%).

Р а з н о о б р а з и е . Всего в ценофлоре ельников мелкотравных 252 видов растений: сосудистых – 198, мохообразных – 54. В древесном ярусе – 15 видов, кустарниковом – 26 (15 видов кустарников, 11 деревьев), травяно-кустарничковом – 167 (среди них 19 древесных и кустарниковых видов). В сообществах насчитывается от 16 до 55 видов, в среднем 36 видов.

Э к о л о г и я . Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 3.3-6.9, диапазон влажности почв – 4.7-7.3, богатства почв минеральным азотом – 3.7-6.5. Почвы дерново-подзолистые.

П о л о ж е н и е в л а н д ш а ф т е (рельеф). Еловые широкотравные леса играют заметную роль в самых возвышенных природно-территориальных комплексах ландшафтов моренных равнин. Местообитания этих ландшафтов характеризуются благоприятным сочетанием хорошего дренажа и высокой трофности субстрата (Анненская и др., 1997). По мнению В.В. Алехина (1947), в далеком прошлом здесь произрастали широколиственные леса, преимущественно дубравы.

Ельники широкотравные *волосистоосоковые* приурочены к выпуклым элементам водосборных плато, в то время как на выровненных частях моренных всхолмлений на хорошо дренированных почвах чаще отмечены ельники *зеленчуковые*, а по нижним частям пологих склонов – *снытьевые*.

5) Елово-мелколиственные кустарничковые мелкотравно-зеленомошные леса

Елово-березово-осиновые леса с бореальным мелкотравьем, кустарничками рода *Vaccinium* и покровом из бореальных зеленых мхов (фото 5).

Фото 5. Внешний вид елово-березового кустарничкового мелкотравно-зеленомошного леса (гр. №5) г.о. Клин (фото О.В. Морозовой). **Photo 5.** Spruce-birch-dwarf shrubs small herb-green moss forest in Klin district (Photo by O.V. Morozova).

С у к ц е с с и о н н ы й с т а т у с . Производные сообщества, образуются при зарастании вырубок на месте еловых кустарничковых мелкотравно-зеленомошных и кустарничково-мелкотравно-зеленомошных лесов (Ниценко, 1972; Орлов и др., 1974).

Д и а г н о с т и ч е с к и е п р и з н а к и

Соотношение ЭЦГ: преобладают растения бореальной группы (40.2%), неморальные виды составляют 31.7%, лугово-опушечные – 10.3%, водно-болотные – 9.7%, нитрофильно-влажнотравные – 4.7%. Участие других групп видов не значительно. В бореальной группе доля кустарничков – 15.1%, мелкотравья – 57.2%, бореальных мхов – 27.6%.

Диагностические виды: *Vaccinium myrtillus, Hylocomium splendens* (D), *Pleurozium schreberi* (D).

С о с т а в и с т р у к т у р а

Константные виды: *Picea abies* (A1, A2, B, C), *Frangula alnus* (B), *Sorbus aucuparia* (B, C), *Ajuga reptans*, *Calamagrostis arundinacea, Convallaria majalis, Dryopteris carthusiana*, *Luzula pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Orthilia secunda, Oxalis acetosella, Rubus saxatilis, Trientalis europaea, Vaccinium myrtillus, Hylocomium splendens* (D), *Pleurozium schreberi* (D).

Доминантные виды: *Betula pendula* (A1, среднее пр. покрытие 25%), *Picea abie*s (A1, 21%), *Populus tremula* (A1, 21%), *Picea abies* (A2, 23%), *Tilia cordata* (A2, 12%), *Corylus avellana* (B, 13%), *Frangula alnus* (B, 6.8%), *Picea abies* (B, 17%), *Sorbus aucuparia* (B, 8.6%), *Asarum europaeum* (5.5%), *Calamagrostis arundinacea* (9.8%), *Convallaria majalis* (8%), *Dryopteris carthusiana* (6.8%), *Orthilia secunda* (5.6%), *Oxalis acetosella* (24%), *Picea abies* (C, 9.7%), *Pyrola rotundifolia* (9.8%), *Rubus saxatilis* (8.2%), *Vaccinium myrtillus* (19%), *Pleurozium schreberi* (D, 10%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (D, 10%), *Sphagnum* sp. (16%).

Древостой в основном двухъярусный, сомкнутость – 60%, высота 25-30 (27.7) м. Состоит из ели и березы повислой, изредка примесь составляют сосна (A1, 6.6%) и/или осина (A1, 21%). Второй древесный ярус с сомкнутостью крон 34% образован елью с редкой примесью березы повислой.

Сомкнутость крон кустарникового яруса – в среднем 30% (10-50%). Обычны *Frangula*

alnus и подрост *Picea abies*, реже встречаются *Corylus avellana*, *Lonicera xylosteum*, *Sorbus aucuparia*, лещина и рябина могут доминировать.

Травяной покров имеет сомкнутость 60%. Преобладают виды бореального мелкотравья и черника. Среди бореальных трав доминируют *Oxalis acetosella*, *Rubus saxatilis*, местами значительное пр. покрытие у *Calamagrostis arundinacea*. Постоянно присутствует и иногда доминирует *Convallaria majalis*, часто встречаются *Dryopteris carthusiana*, *Fragaria vesca*. Бореальные кустарнички (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*) не постоянны, но *V. myrtillus* иногда доминирует; характерно присутствие *Orthilia secunda*, но в среднем ее пр. покрытие небольшое.

Проективное покрытие наземных мхов от 20 до 90% (в среднем 50%). Значительный процент составляют *Pleurozium schreberi* (его пр. покрытие может достигать 60%) и *Hylocomium splendens* (до 15%). Иногда обилен *Rhytidiadelphus triquetrus* (до 38%). Пр. покрытие других мхов небольшое и встречаются они единично.

Разнообразие. В ценофлоре хвойно-мелколиственных кустарничково-мелкотравно-зеленомошных лесов 179 видов: сосудистых – 146, наземных мохообразных – 33. В древесном ярусе – 11 видов, кустарниковом – 21 (10 видов кустарников, 11 деревьев), травяно-кустарничковом – 148 (20 древесных видов). В сообществах встречается от 18 до 66 видов, в среднем – 38.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 2.9-5.3, диапазон влажности почв – 4.4-6.4, богатства почв минеральным азотом – 3.3-4.9.

Положение в ландшафте (рельеф). Поскольку елово-березовые кустарничково-мелкотравно-зеленомошные леса являются переходной стадией к еловым кустарничковым мелкотравно-зеленомошным сообществам, то наибольшая встречаемость их также отмечается в наиболее пониженных, плоских и слабонаклонных позициях рельефа северо-западных и северных частей области.

Хвойно-мелколиственные мелкотравные леса

Елово-березовые и елово-осиновые леса с преобладанием бореального мелкотравья и слабо выраженным моховым покровом (фото 6).

Сукцессионный статус. Являются производными сообществами, возникшими на месте еловых субнеморальных (южнотаежных) лесов после рубок (Курнаев, 1968; Ниценко, 1972; Абатуров и др., 1982), а также на месте еловых культур при отсутствии должного ухода.

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: в нижних ярусах доли у бореальной (35.6%) и неморальной (33%) групп видов близки, лугово-опушечные виды составляют 10.9%, травяно-болотные – 7.1%, нитрофильно-влажнотравные – 6.5%. Участие других групп видов незначительно. В бореальной группе доля кустарничков – 8.9%, мелкотравья – 64%, бореальных мхов – 27.1%.

Диагностические виды: отсутствуют. При снижении порога значимости ($p<0.05$) группу дифференцируют *Geum urbanum*, *Hypericum perforatum*, *Melica nutans*, *Moehringia trinervia*, *Mycelis muralis*, *Pyrola rotundifolia*, *Solidago virgaurea*.

Состав и структура

Константные виды: *Betula pendula* (A1), *Picea abies* (A1, A2, B, C), *Ajuga reptans*, *Dryopteris carthusiana*, *Fragaria vesca*, *Luzula pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Rubus saxatilis, Solidago virgaurea*, *Sorbus aucuparia*.

Доминантные виды: *Betula pendula* (A1, среднее пр. покрытие 28%), *Picea abie*s (A1, 23%), *Populus tremula* (A1, 13%), *Picea abies* (A2, 23%), *Frangula alnus* (B, 6.8%), *Picea abies* (B, 16%), *Ajuga reptans* (4.3%), *Dryopteris carthusiana* (7.5%), *Oxalis acetosella* (34%), *Picea*

abies (C, 12%), *Rubus idaeus* (6.7%), *R. saxatilis* (10%), *Plagiomnium affine* (D, 12%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (D, 12%).

Древостой в основном двухъярусный, сомкнутость 50%, высота 22-30 м (в среднем 28 м). Верхний древесный ярус образован елью и березой повислой (редко пушистой), изредка примесь составляют осина (A1, 13%) или сосна (A1, 6.1%). Второй древесный ярус состоит из ели, сомкнутость крон – 30%, высота – 18 м.

Проективное покрытие кустарникового яруса от 5 до 60% (в среднем 30%). Наиболее часто встречаются *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia*, подрост *Picea abies*, изредка – *Corylus avellana* и *Lonicera xylosteum*.

Фото 6. Внешний вид елово-березового мелкотравного леса (гр. № 6) г.о. Верея (фото Н.Г. Беляевой). **Photo 6.** Spruce-birch small herb forest in Vereya district (Photo by N.G. Belyaeva).

Проективное покрытие травяного яруса составляет 40-75% (в среднем – 58%). Преобладают *Oxalis acetosella* и *Rubus saxatilis*, изредка отмечены пятна *Gymnocarpium dryopteris*. Часто встречаются, но с небольшим пр. покрытием *Maianthemum bifolium*, *Trientalis europaea*, *Solidago virgaurea* и неморальные виды: *Ajuga reptans*, *Asarum europaeum*, *Convallaria majalis*, *Mycelis muralis*. Местами в увлажненных западинках отмечены *Athyrium filix-femina*, *Cirsium heterophyllum*, *Crepis paludosa*, *Geum rivale*, *Myosotis palustris*, *Viola*

epipsila.

Проективное покрытие наземных мхов – от 5 до 70 % (в среднем – 28%). Бореальные зеленые мхи встречаются изредка и с небольшим пр. покрытием. Наибольшее пр. покрытие у видов неморальной группы: *Plagiomnium affine*, *Sciuro-hypnum curtum*, *Ciriphyllum piliferum*, в понижениях изредка отмечены *Climacium dendroides* и виды рода *Sphagnum*.

Разнообразие. В ценофлоре хвойно-мелколиственных мелкотравных лесов 162 вида: сосудистых – 132, наземных мохообразных – 30. В древесном ярусе – 8 видов, кустарниковом – 20 (9 видов кустарников, 11 деревьев), травяно-кустарничковом – 127 (16 древесных видов). В сообществах насчитывается от 16 до 54 видов, в среднем – 38.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 4.3-6.2, диапазон влажности почв – 4.9-6.4, богатства почв минеральным азотом – 4.1-5.9.

Положение в ландшафте (рельеф). Елово-мелколиственные мелкотравные леса отмечены в пределах разнообразных типов ландшафтов, поскольку имеют в большей массе искусственное происхождение. Отсутствие необходимого ухода за еловыми культурами обуславливает активное внедрение мелколиственных пород.

7) Елово-мелколиственные мелкотравно-широкотравные леса

Елово-березовые и елово-осиновые леса с участием бореальных и неморальных видов в нижних ярусах сообществ (фото 7).

Сукцессионный статус. Производные сообщества, возникли на месте еловых субнеморальных (южнотаежных) лесов после рубок (Курнаев, 1968; Ниценко, 1972; Абатуров и др., 1982).

Диагностические признаки.

Соотношение ЭЦГ: в нижних ярусах преобладают неморальные виды (37%), бореальные виды имеют в среднем 28.6%; почти равны доли у лугово-опушечных (12.7%) и нитрофильно-влажнотравных (12.8%) групп видов; у травяно-болотных видов – всего 3.5%. Участие других групп видов незначительно.

Диагностические виды: *Plagiomnium affine* (D).

Состав и структура

Константные виды: *Betula pendula* (A1), *Picea abies* (A1, A2, B, C), *Populus tremula* (A1), *Corylus avellana* (B), *Sorbus aucuparia* (B), *Ajuga reptans*, *Athyrium filix-femina*, *Convallaria majalis*, *Deschampsia cespitosa*, *Dryopteris carthusiana*, *D. filix-mas, Fragaria vesca*, *Luzula pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Rubus saxatilis, Atrichum undulatum* (D).

Доминантные виды: *Betula pendula* (A1, среднее пр. покрытие 21%), *Picea abies* (A1, 23%; A2, 27%; C, 5.7%), *Populus tremula* (A1, 16%), *Alnus incana* (A2, 30%), *Betula pendula* (A2, 8.1%), *Tilia cordata* (A2, 8.1), *Corylus avellana* (B, 15%), *Lonicera xylosteum* (B, 5.7%), *Padus avium* (B, 6%), *Picea abies* (B, 20%), *Sambucus racemosa* (B, 5.7%), *Sorbus aucuparia* (B, 5.3%), *Tilia cordata* (B, 7.2%), *Ajuga reptans* (3.9%), *Athyrium filix-femina* (6.9%), *Calamagrostis arundinacea* (9.1%), *Carex pilosa* (14%), *Chelidonium majus* (17%), *Convallaria majalis* (4.5%), *Dryopteris carthusiana* (6.5%), *Equisetum pratense* (4.7%), *Fragaria vesca* (4.2%), *Galeobdolon luteum* (14%), *Gymnocarpium dryopteris* (3.5%), *Oxalis acetosella* (26%), *Pulmonaria obscura* (3.6%), *Rubus saxatilis* (7.5%), *Vaccinium myrtillus* (5.1%), в моховом ярусе (D): *Eurhynchium angustirete* (10%), *Hylocomium splendens* (3.6%), *Plagiomnium affine* (12%), *Rhytidiadelphus subpinnatus* (13%), *R. triquetrus* (9.4%).

Древостой двухъярусный; сомкнутость первого древесного яруса составляет 55-60%, высота 28 м. Преобладает ель, в равной с ней доле присутствуют береза повислая и осина, соотношение березы и осины варьирует. Возраст елей – 50-130 лет, в среднем около 70 лет.

Второй древесный ярус (35%) состоит из ели.

Проективное покрытие кустарникового яруса 5-65% (в среднем 30%). Преобладает *Corylus avellan*a, подрост *Picea abie*s, часто встречаются *Lonicera xylosteum* и *Sorbus aucuparia*.

Фото 7. Внешний вид елово-березового мелкотравно-широкотравного леса (гр. №7) г.о. Клин (фото О.В. Морозовой). **Photo 7**. Spruce-birch small herb-broad herb forest in Klin district (Photo by O.V. Morozova).

Проективное покрытие травяного яруса составляет 55%. По высоте можно выделять два травяных яруса, верхний ярус образуют *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *D. filix-mas*; в нижнем преобладают *Oxalis acetosella, Rubus saxatilis*, а также неморальные виды *Ajuga reptans, Convallaria majalis, Galeobdolon luteum.* В травяном покрове постоянно присутствуют *Paris quadrifolia, Stellaria holostea* и лугово-опушечные виды: *Deschampsia cespitosa*, *Fragaria vesca, Rubus idaeus*. Местами пятна образуют *Crepis paludosa, Lysimachia nummularia*.

Проективное покрытие наземных мхов от 5 до 60 %, в единичных случаях пр. покрытие может достигать 80%, среднее пр. покрытие – 25%. Доли пр. покрытия бореальных и

неморальных видов близки: 8.6% и 7.1% соответственно. Наиболее часто встречаются *Atrichum undulatum, Cirriphyllum piliferum, Eurhynchium angustirete, Hylocomoim splendens, Plagiomnium cuspidatum, Pleurozium schreberi, Rhytidiadelphus triquetrus*.

Разнообразие. В ценофлоре хвойно-мелколиственных мелкотравно-широкотравных лесов 237 видов: сосудистых – 188, наземных мохообразных – 49. В древесном ярусе – 10 видов, кустарниковом – 23 (12 видов кустарников, 11 деревьев), травяно-кустарничковом – 184 (22 деревянистых вида). В сообществах встречаются от 17 до 60 видов, в среднем 39.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 4.3-6.2, диапазон влажности почв – 4.9-6.4, богатства почв минеральным азотом – 4.1-5.9. Характерны дерново-среднеподзолистые суглинистые, хорошо дренированные почвы.

Положение в ландшафте (рельеф). Елово-мелколиственные мелкотравно-широкотравные леса отмечены в чаще на территории Клинско-Дмитровской гряды и ее склонах и представляют демутационную стадию субнеморальных еловых лесов, занимающих возвышенные слабовогнутые слабонаклонные поверхности. Наибольшее распространение елово-мелколиственные мелкотравно-широкотравные леса имеют в Московской и Смоленской провинциях.

8) Елово-мелколиственные широкотравные леса

Смешанные елово-березовые леса с участием широколиственных пород во втором, реже – в первом ярусе и преобладанием неморальных видов в нижних ярусах сообществ, слабо развитым моховым покровом (фото 8).

Сукцессионный статус. Считаются производными сообществами, возникшими на месте широколиственно-хвойных лесов (Курнаев, 1968; Ниценко, 1972; Абатуров и др., 1982).

Фото 8. Внешний вид елово-березового широкотравного леса (гр. № 8) г.о. Талдом (фото О.В. Морозовой). **Photo 8.** Spruce-birch broad herb forest in Taldom district (Photo by O.V. Morozova).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: в нижних ярусах преобладают неморальные виды (59.7%), бореальная группа составляет 18.3%, нитрофильно-влажнотравная – 15.6%, лугово-опушечная – 12%, травяно-болотная – 4.6%. Участие других групп видов незначительно.

Диагностические виды: *Quercus robur* (A1), *Tilia cordata* (A1), *Ulmus glabra* (A2, B), *Acer platanoides* (B), *Tilia cordata* (B), *Adoxa moschatellina*, *Aegopodium podagraria*, *Asarum europaeum*, *Carex pilosa*, *Galeobdolon luteum*, *Lathyrus vernus*, *Mercurialis perennis*, *Polygonatum multiflorum*, *Pulmonaria obscura*, *Ranunculus cassubicus*, *Stellaria holostea*, *Viola mirabilis*, в моховом ярусе (D): *Eurhynchium angustirete*, *Oxyrrhynchium hians*.

Состав и структура

Константные виды: *Betula pendula* (A1), *Picea abies* (A1, A2, B), *Populus tremula* (A1), *Corylus avellana* (B), *Lonicera xylosteum* (B), *Sorbus aucuparia* (B), *Ajuga reptans*, *Asarum europaeum*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carhusiana*, *D. filix-mas, Galeobdolon luteum*, *Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Ranunculus cassubicus, Rubus saxatilis, Stellaria holostea, Atrichum undulatum* (D).

Доминантные виды: *Betula pendula* (A1, среднее пр. покрытие 25%; A2, 7.8%), *Picea abie*s (A1, 27%; A2, 26%; B, 14%), *Populus tremula* (A1, 17%), *Acer platanoides* (A2, 17%), *Quercus robur* (A2, 7.2%), *Tilia cordata* (A2, 17; B, 10%), *Acer platanoides* (B, 10.%), *Corylus avellana* (B, 19%), *Frangula alnus* (B, 4.8%), *Lonicera xylosteum* (B, 6.3%), *Padus avium* (B, 4.5%), *Sorbus aucuparia* (B, 6.9%), *Aegopodium podagraria* (11%), *Ajuga reptans* (4.5%), *Athyrium filix-femina* (7.2%), *Carex pilosa* (35%), *Carex sylvatica* (4.8%), *Convallaria majalis* (3.8%), *Dryopteris filix-mas* (5.6%), *Equisetum sylvaticum* (4.3%), *Galeobdolon luteum* (22%), *Geum rivale* (5.7%), *Mercurialis perennis* (8.1%), *Oxalis acetosella* (11%), *Pulmonaria obscura* (10%), *Ranunculus cassubicus* (4.5%), *Stellaria holostea* (5.7%), *Eurhynchium angustirete* (D, 8.6%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (D, 4.4%). Весной могут доминировать *Anemone nemorosa* (20%), *A. ranunculoides* (10%).

Древостой в основном двухъярусный, сомкнутость 75%, высота 20-30 м. Преобладают береза повислая, ель и осина, изредка примесь составляют дуб (A1, 5.8%) или липа (A1, 7%). Второй древесный ярус состоит в основном из ели, его сомкнутость до 70% (в среднем 44%).

Кустарниковый ярус хорошо выражен, его пр. покрытие может достигать 70% (в среднем 37%). Высокое пр. покрытие яруса связано с обилием *Corylus avellana*, из других видов наиболее часто встречаются *Lonicera xylosteum* и подрост ели и рябины.

Травяной покров полидоминантный, его пр. покрытие составляет 70%. Преобладают виды неморального комплекса (*Aegopodium podagraria, Carex pilosa, Dryopteris filix-mas, Galeobdolon luteum, Pulmonaria obscura, Stellaria holostea* и др.). Часто встречаются виды бореального мелкотравья – *Oxalis acetosella* и *Rubus saxatilis*, но их пр. покрытие не превышает 30%.

Проективное покрытие наземных мхов от единичного до 30-40 % (в среднем – 20%). Преобладают мхи неморального комплекса: *Eurhynchium angustirete* (8.6%) и виды рода *Plagiomnium* (7%), часто встречаются *Atrichum undulatum* (3.1%) и *Cirriphyllum piliferum* (1.3%). Из бореальных видов наиболее часты *Rhytidiadelphus triquetrus* (4.4%) и *Plagiochila porelloides* (2.6%).

Разнообразие. В ценофлоре хвойно-мелколиственных широкотравных лесов участвует 228 видов: сосудистых – 183, наземных мохообразных – 45. В древесном ярусе – 14 видов, кустарниковом – 24 (11 видов кустарников, 13 деревьев), травяно-кустарничковом – 181 (22 древесных вида). В сообществах встречается от 14 до 64 видов, в среднем 35.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 4.7-6.9, диапазон влажности почв – 4.9-6.3, богатства почв

минеральным азотом – 4.6-6.

Положение в ландшафте (рельефе). Как и еловые широкотравные леса чаще встречаются в самых возвышенных природно-территориальных комплексах ландшафтов моренных равнин в условиях с благоприятным сочетанием хорошего дренажа и высокой трофности субстрата. Наибольшую долю леса этого типа занимают в Смоленской, Московской и Верхне-Волжской провинциях.

Сосново-еловые и сосновые леса

Экологический ареал сосны широк. Сосновые леса можно встретить на почвах разного механического состава и режима увлажнения, соответственно, число групп сообществ, выделенных по преобладающей экобиоморфе растительности подчиненных ярусов, по сравнению с еловыми лесами увеличилось: 1 – кустарничковые мелкотравно-зеленомошные; 2 – мелкотравные; 3 – мелкотравно-широкотравные; 4 – широкотравные; 5 – разнотравные и 6 – кустарничковые травяно-сфагновые.

Часть выделенных групп, таких как мелкотравно-зеленомошные и кустарничковые травяно-сфагновые сосняки – являются естественными по происхождению, в том числе условно-коренными. Часть групп представляет собой старые лесокультуры. Некоторые относятся к так называемой формации «дубово-липово-елово-сосновых лесов» (Ильинская и др., 1982; Рысин, 2012), занимающих промежуточное положение между сложными ельниками на водосборных мореных равнинах и сосновыми лесами на речных террасах. Л.П. Рысин считает их все же производными от сложных ельников, представляющими в настоящее время различные стадии их восстановления.

В составе группы лесов с участием сосны в первом ярусе древостоя наблюдается высокое разнообразие групп сообществ с разным сочетанием ЭЦГ видов в наземном ярусе. Это обусловлено широким диапазоном экологических условий, пригодным для произрастания, в том числе для лесопосадки сосны. Соотношение ЭЦГ растений в наземных ярусах в первых 4-х группах сообществ (кустарничковых мелкотравно-зеленомошных, мелкотравных, мелкотравно-широкотравных и широкотравных) сходно с сообществами еловой формации (рис. 6), где от 1 к 4 группе последовательно снижается доля бореальных видов от 80 до 20%, а неморальных и нитрофильно-влажнотравных, напротив, возрастает в той же пропорции. В разнотравной группе сообществ (5 группа) преобладают виды луговой и опушечной ЭЦГ (50% от общего состава). В кустарничковой травяно-сфагновой группе (6 группа) закономерно доминирует виды олиготрофно-болотной группы (60%), травяно-болотная группа составляет 6%.

Распределение сообществ с участием сосны в ординационном пространстве отчетливо подтверждает различие их по экологическим условиям местообитаний (рис. 7). С первой осью варьирования связаны изменения кислотности, богатства почв и освещенности подчиненных ярусов. Со второй – влажность почв. Наибольшая корреляция наблюдается с богатством почв (R^2=0.81) и кислотностью (R^2=0.74).

Как показали наши исследования, значительная часть лесов (1-4 группы сообществ) являются старовозрастными культурами сосны на месте вырубки или гари. В настоящий момент в сообществах бореальной группы (1 и 2 группа) в С и СЗ части МО идет активное возобновление ели. Сосновые и сосново-еловые леса группы 1 формируются на песчаных небогатых почвах, поэтому видовой состав их нижних ярусов мало отличается во вторичных, естественных лесах и лесокультурах. В сосняках с неморальным широкотравьем в наземных ярусах (группы 3 и 4), отмеченных в условиях более богатых почв, идет увеличение доли широколиственных видов деревьев в подросте и втором ярусе. Распределение последних групп сообществ увеличивается в субширотном направлении с СЗ на ЮВ. Особняком стоит группа 6 – это сосновые и березово-сосновые заболоченные сфагновые сообщества с

олиготрофными видами кустарничков, мхов и трав (рис. 8).

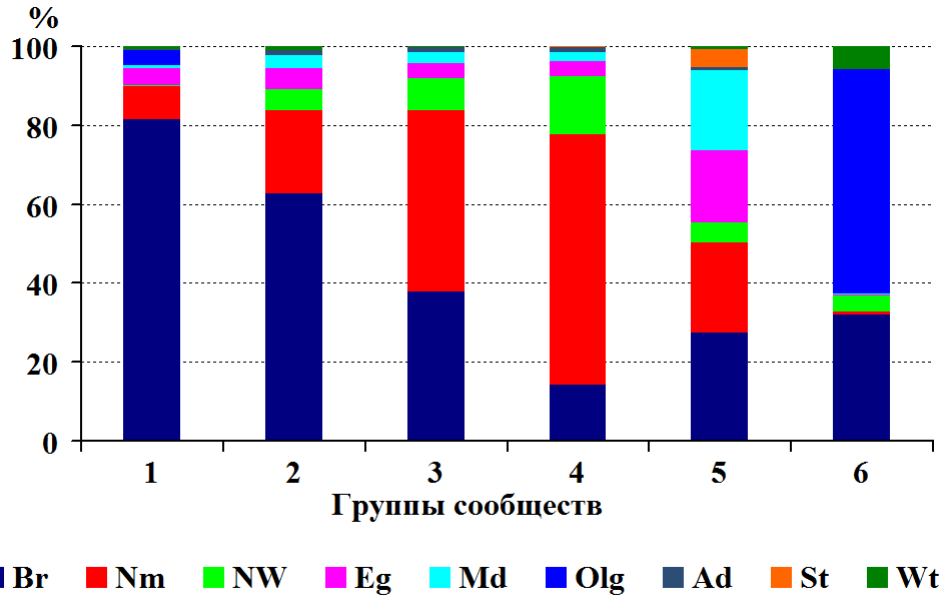


Рис. 6. Процентное соотношение эколого-ценотических групп видов в наземных ярусах сосново-еловых и сосновых сообществ. *Условные обозначения.* Группы собществ: 1 – кустарничковые мелкотравно-зеленомошные; 2 – мелкотравные; 3 – мелкотравно-широкотравные; 4 – широкотравные; 5 – разнотравные; 6 – кустарничковые травяно-сфагновые. Обозначения ЭЦГ даны на рисунке 3. **Fig. 6.** The percentage of ecological-coenotic groups of grass-shrubs layer species in pine-spruce and pine communites. *Legend.* Communities groups: 1 – dwarf shrubs-small herb-green moss; 2 – small herb; 3 – small herb-broad herb; 4 – broad herb; 5 – meadow herb; 6 – dwarf shrubs – herbal-sphagnum. ECG are shown in Figure 3.

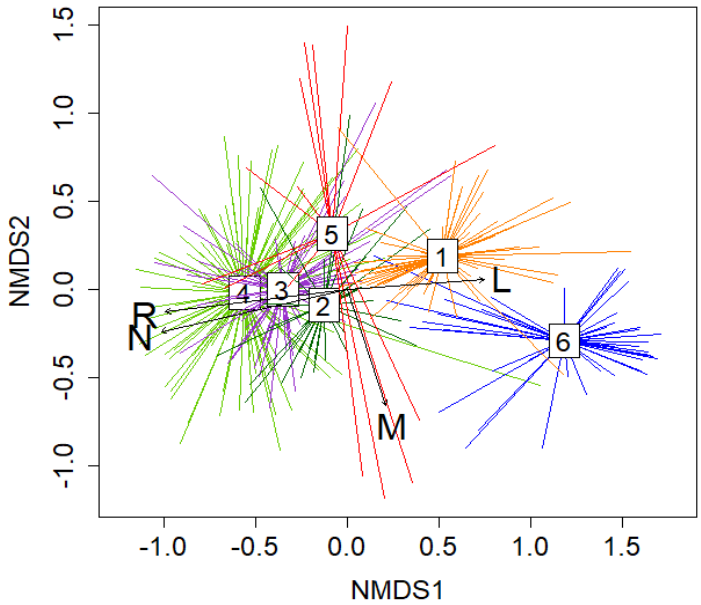


Рис. 7. Распределение сосновых и сосново-еловых сообществ с учетом растений подчиненных ярусов в осях NMDS ординации. *Условные обозначения*: 1 – кустарничковые мелкотравно-зеленомошные, 2 – мелкотравные, 3 – мелкотравно-широкотравные, 4 – широкотравные, 5 – разнотравные, 6 – кустарничковые травяно-сфагновые. Экологические

факторы: L – освещенность, M – влажность, N – богатство почв, R – кислотность почв. Условные обозначения и названия осей даны на рисунке 4. **Fig. 7.** Distribution of pine-spruce and pine communities on the NMDS ordination axes. *Legend.* Communities groups: 1 – dwarf shrubs-small herb-green moss, 2 – small herb, 3 – small herb-broad herb, 4 – broad herb, 5 – meadow herb, 6 – dwarf shrubs herbal-sphagnum. Ecological factors and ordination axes are shown in Figure 4.

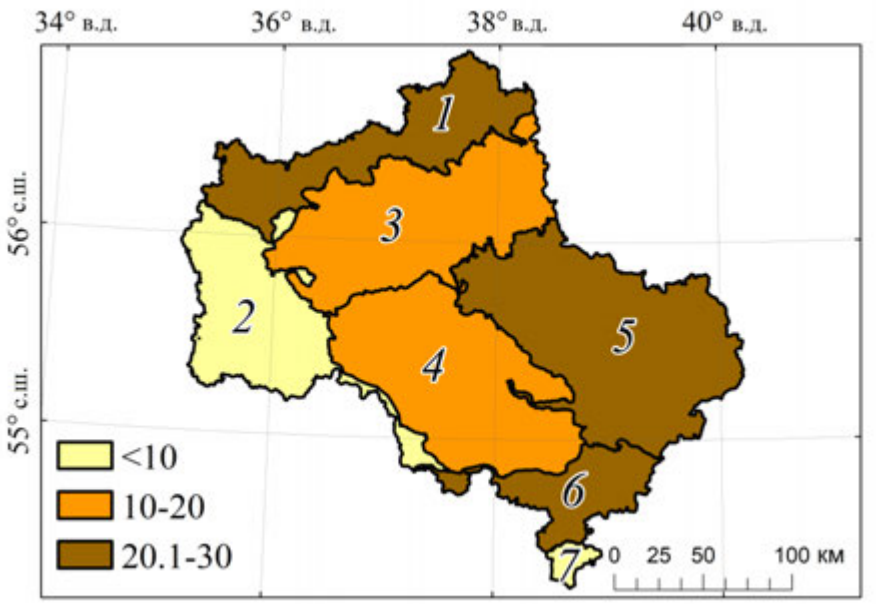


Рис. 8. Распределение сосновых и сосново-еловых сообществ в % от лесопокрытой площади. *Условные обозначения.* Физико-географические провинции: 1 – Верхне-Волжская, 2 – Смоленская, 3 – Московская, 4 – Москворецко-Окская, 5 – Мещерская, 6 – Заокская, 7 – Среднерусская. **Fig. 8.** Distribution of pine-spruce and pine communities in physical-geographical provinces as a percentage of forest area. *Legend.* Physical-geographical provinces: 1 – Upper Volga, 2 – Smolensk, 3 – Moscow, 4 – Moskvoretsko-Oka, 5 – Meshchera, 6 – Zaoksky, 7 – Central Russian.

Сосновые и сосново-еловые леса наиболее распространены в самых пониженных и выровненных провинциях, на флювиогляциальных, зандровых и моренно-водноледниковых отложениях Мещерской и Верхне-Волжской ФГП, а также на песчаных отложениях Заокской провинции. На территории ФГП с выраженным моренным ландшафтом данные сообщества встречаются реже.

Таким образом, анализ состава выделенных групп сообществ, с одной стороны, отражает экологическую специфичность их набора видов, с другой стороны, – переходный сукцессионный статус в направлении к более «зрелой» стадии, в частности, для сообществ искусственного происхождения. В так называемых «сложных» сосняках с участием липы и дуба мелкотравно-широкотравных доля культур (по материалам геоботанических описаний) – около 80% (Черненькова и др., 2019). На водосборных поверхностях восстановительные сукцессии идут по двум направлениям: в одном случае восстановление сопровождается активной демутацией ели; в другом – при повышенном богатстве почв – широколиственными породами, исключающими существование сосновых и сосново-еловых сообществ через несколько десятков лет. Небольшая доля сосновых насаждений сохранится по крутым склонам рек в силу благоприятных для сосны экологических условий (легкие

песчаные почвы с хорошим дренажем) при постоянно поддерживаемом рекреационном воздействии, а также в гидроморфных условиях. Отсутствие возобновления сосны в сообществах автоморфных местообитаний свидетельствует о производном происхождении сосняков после пожаров и на месте вырубок, а также в составе искусственных насаждений. Наш вывод согласуется с мнением других исследователей (Маслов, 2000; Рысин, Савельева, 2008) о производном характере всех сосняков Московского региона за исключение сосняков верховых болот.

В результате более детальной классификации сообществ сосновых и сосново-еловых лесов выделено 10 групп ассоциаций, различающихся по происхождению, а также по составу древесного и подчиненных ярусов.

9) Сосново-еловые кустарничковые мелкотравно-зеленомошные леса

Данная группа представлена лесами из сосны, ели и березы, при этом ель разного возраста широко встречается в первом древесном ярусе, господствует во втором и подросте. В наземных ярусах постоянно присутствуют черника, типичное таежное мелкотравье и таежные зеленые мхи. Абсолютно доминируют виды бореальной эколого-ценотической группы (фото 9). Близкие таксоны: *сосняк с елью бруснично-чернично-зеленомошный, сосняк с елью черничный, сосняк с елью чернично-кисличный* (Рысин, 2012).

Сукцессионный статус. Значительная часть сосново-еловых кустарничково-мелкотравно-зеленомошных лесов практически не имеет подроста сосны, при этом ель присутствует в большом количестве во втором ярусе, постепенно выходит в первый и обеспечена разновозрастным подростом. Подобные сосново-еловые леса являются стадией восстановления после вмешательства человека (вырубки и гари), в том числе представляют собой местами старовозрастные лесокультуры сосны, в которых активно возобновляется ель (Суслова, 2019). С.Ф. Курнаев (1982) считал такие сосняки с елью коренными, но, по мнению Л.П. Рысина (2012), в ближайшие десятилетия ель в таких местообитаниях заменит сосну.

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: преобладает бореальная группа (86%), остальные группы представлены небольшим числом видов с низким пр. покрытием: неморальные (8.2%) и опушечно-луговые (4.5%).

Диагностические виды: *Picea abies* (A2, B1, C), *Pinus sylvestris* (A1), *Frangula alnus* (B2), *Calamagrostis arundinacea, Goodyera repens, Luzula pilosa, Maianthemum bifolium, Melampyrum pratense, Orthilia secunda, Pteridium aquilinum, Sorbus aucuparia, Trientalis europaea, Vaccinium myrtillus, Vaccinium vitis-idaea, Veronica officinalis, Dicranum polysetum, Dicranum scoparium, Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi, Polytrichum commune.*

Состав и структура

Константные виды: *Picea abies* (A, B, C), *Pinus sylvestris* (A), *Betula* spp. (A1), *Sorbus aucuparia* (B, C), *Frangula alnus, Calamagrostis arundinacea, Dryopteris carthusiana*, *Luzula pilosa, Maianthemum bifolium, Melampyrum pratense, Orthilia secunda, Oxalis acetosella, Rubus idaeus, Rubus saxatilis, Trientalis europaea, Vaccinium myrtillus, Vaccinium vitis-idaea, Dicranum scoparium, Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi*

Доминантные виды: *Pinus sylvestris* (A1 – 33.6%), *Picea abies* (A1 – 14.2%, A2 – 32.8%, B1 – 18.6%), *Betula* spp. (8.9%), *Calamagrostis arundinacea* (7.7%), *Dryopteris carthusisna* (8.2%), *Oxalis acetosella* (17.5%), *Vaccinium myrtillus* (29.4%), *Sorbus aucuparia* (C – 9.4%), *Hylocomium splendens* (9.6%), *Pleurozium schreberi* (31.5%).

Древостой во всех лесах группы двухярусный, в первом ярусе доминирует сосна, довольно много ели и березы, во втором доминирует ель, встречается береза. Средняя сомкнутость крон древостоя 63%, высота 25-30 м (28 м в среднем). Первый ярус состоит из

сосны (пр. покрытие 33.6%), ели (14.2%) и березы (8.9%). Единично встречается *Populus tremula* (5.3%). Второй древесный ярус хорошо выражен, состоит из *Picea abies* (32,8%), в нем редко и единично отмечены береза (5.6%), крайне редко – *Tilia cordata, Quercus robur, Acer platanoides.* Сомкнутость второго древесного яруса в среднем – 23.5%, высота – 12-25 м (в среднем 17 м), диаметр стволов 16.3 см.

Фото 9. Сосново-еловый кустарничковый зеленомошный лес (группа № 9) в г.о. Клин (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 9.** Pine-spruce dwarf shrubs-green moss forest in Klin district (Photo by E.G. Suslova).

Подрост представлен преимущественно елью (10Е), ее пр. покрытие в среднем 19%, на востоке области редко отмечен подрост дуба (1-10%), осины и сосны (1-2%).

Кустарниковый ярус выражен слабо, его пр. покрытие от 0,5 до 3% (в среднем 1.5%). Чаще других видов встречаются *Sorbus aucuparia* (9.6%) и *Frangula alnus* (3.5%), редко *Corylus avellana*, пр. покрытие которого может достигать 30% (в среднем 10.6%), еще реже *Lonicera xylosteum* (2.8%), *Euonymus verrucosa* (2.5%) и *Juniperus communis* (2.2%).

Травяно-кустарничковый покров почти сплошной, до 90% (среднее пр. покрытие 55%), преобладает *Vaccinium myrtillus,* пр. покрытие которого составляет в среднем 29.4%, высокая встречаемость у кислицы (17.5%), вейника тростниковидного (7.7%), щитовника картузианского (4.7%), брусники – 5%. Довольно часто встречаются *Carex digitata* (2,4%), *Convallaria majalis* (8%), *Fragaria vesca* (2.1%), *Frangula alnus* (1.4%), *Luzula pilosa* (2.2%), *Maianthemum bifolium* (2.7%), *Melampyrum pretense* (2,1%), *Orthilia secunda* (2.7%), *Pteridium aquilinum* (9.4%), *Rubus saxatilis* (5.7%), *Solidago virgaurea* (0.7%), *Sorbus aucuparia* (2.9%), *Trientalis europaea* (1.4%), *Veronica officinalis* (1.7%). Остальные виды имеют низкое среднее пр. покрытие.

Наземные мхи (в основном бореальные) покрывают от 15 до 100% (в среднем – 65%). Преобладает *Pleurozium schreberi* (31.5%), *Hylocomium splendens* (9.6%), виды *Dicranum* (8.5%). Изредка встречаются *Polytrichum commune* (2.2%)

Разнообразие. Всего в ценофлоре сосново-еловых кустарничково-мелкотравно-зеленомошных лесов около 160 видов растений: сосудистых – 129, мохообразных – 30. В древесном ярусе – 7 видов, кустарниковом – 19 (11 видов кустарников, 8 деревьев), травяно-кустарничковом – 120 (16 древесных видов и кустарников). В сообществах насчитывается от 22 до 40 видов, в среднем 28 видов.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 2-4.8, диапазон влажности почв – 4-6.6, богатства почв минеральным азотом – 2.5-4.8

Положение в ландшафте (рельеф). Сосново-еловые кустарничковые мелкотравно-зеленомошные леса занимают слабо повышенные и выровненные участки флювиогляциальных равнин на водосборах с относительно хорошо дренированными супесчаными почвами, а также понижения в сухих сосновых кустарничковых лесах, естественные сообщества данного типа окружают верховые и переходные болота. Встречаются на востоке области в Щелковском, Раменском, Орехово-Зуевском, Егорьевском, Шатурском г.о., на севере области – в Талдомском, Сергиево-Посадском, Клинском г.о. Локальные участки сосняков данной группы представлены в г.о. Одинцово в долине р. Москвы.

10) Сосново-еловые мелкотравные леса

Данная группа представлена лесами из сосны и ели, при этом ель разного возраста господствует во втором древесном ярусе, кислица – в травяном ярусе (фото 10). Черника встречается группами, не образуя сплошного покрова. Преобладают виды бореальной эколого-ценотической группы, но довольно много и неморальных видов. Обычно хорошо выражен кустарниковый ярус, а моховой покров развит слабо и представлен таежными и неморальными мхами. Близкие таксоны: *сосняк с елью мезофильно-разнотравно-черничный* (Рысин, 2012*)*.

Фото 10. Сосново-еловый мелкотравный лес (№ 10) в г.о. Щелково (фото Е.Г. Сусловой).
Photo 10. Pine-spruce small herb forest in Shchelkovo district (Photo by E.G. Suslova).

Сукцессионный статус. Значительная часть сосново-еловых мелкотравных лесов практически не имеет подроста сосны, при этом ель присутствует в большом количестве во втором ярусе, постепенно выходит в первый и обеспечена разновозрастным подростом. Подобные субнеморальные кисличные леса могли сформироваться лишь при вмешательстве человека, представляя собой стадии восстановления после рубок (Рысин, 2012) или трансформированные лесокультуры (Суслова, 2019).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: преобладает бореальная группа (среднее пр. покрытие 69%), на втором месте – неморальные виды (17.3%), луговые и опушечные имеют среднее пр. покрытие 8.7%.

Диагностические виды: *Picea abies* (A1, A2), *Sorbus aucuparia* (A2) *Angelica sylvestris, Dryopteris carthusiana, Gymnocarpium dryopteris, Oxalis acetosella, Mycelis muralis, Rubus idaeus, Urtica dioica, Plagiomnium affine.*

Состав и структура

Константные виды: *Picea abies* (A, B, C), *Pinus sylvestris* (A), *Sorbus aucuparia* (B, C), *Dryopteris carthusiana*, *Fragaria vesca, Gymnocarpium dryopteris, Luzula pilosa, Maianthemum bifolium, Oxalis acetosella, Rubus idaeus, Urtica dioica.*

Доминантные виды: *Pinus sylvestris* (A1 – 27.3%), *Picea abies* (A1 – 18.7%, A2 – 22%, B1 – 8.6%), *Dryopteris carthusisna* (8.2%), *Oxalis acetosella* (среднее пр. покрытие 52%), *Sorbus aucuparia* (C – 15.1%).

Древостой во всех лесах группы двухярусный, в первом ярусе доминируют и ель, и сосна, во втором – только ель, сосна встречается очень редко. Сомкнутость крон A1 – 51.6%, возраст деревьев первого яруса – в среднем 70-100 лет (от 60 до 140), диаметр стволов – 42 см, высота в среднем – 29.4 м. Первый ярус состоит из сосны (пр. покрытие 27.3%) и ели (18.7%). Единично встречаются *Betula pendula* (16.3%), очень редко *Populus tremula* (7-15%). Второй древесный ярус хорошо выражен, состоит из *Picea abies* (22%), в нем редко и единично отмечены *Betula pendula* (1-3%), крайне редко – *Tilia cordata* (1-12%), *Quercus robur* (3%), *Ulmus laevis* (3%), *Acer platanoides* (5%), *Alnus incana* (3%) Сомкнутость второго древесного яруса в среднем – 23.5%, высота – 12-25 м (в среднем 17 м), диаметр стволов – 16.3 см.

Подрост представлен преимущественно елью, ее проективное покрытие в среднем – 8.6%, единично и редко отмечен подрост клена (в среднем 10.7%), дуба (1.7%), крайне редко с низким пр. покрытием (<1%) встречаются другие древесные породы.

Кустарниковый ярус образован разнообразными видами, его пр. покрытие в разных лесах группы колеблется от 0.5 до 30% (в среднем 22%). Чаще других видов встречаются *Sorbus aucuparia* (15%) и *Corylus avellana*, пр. покрытие которого может достигать 30% (в среднем 8%), еще реже *Lonicera xylosteum* (4%), *Padus avium* (2.5%), *Frangula alnus* (1.8%). Отмечена также в трех описаниях адвентивная *Sambucus racemosa* (1-10%).

Травяно-кустарничковый покров довольно густой, от 50 до 90% (среднее пр. покрытие 70%), преобладает *Oxalis acetosella,* пр. покрытие которой составляет в среднем 52%, *Sorbus aucuparia* (15%), относительно высокое пр. покрытие у щитовника картузианского (8%), небольшое пр. покрытие у довольно часто встречающегося *Athyrium filix-femina* (2.5%), *Dryopteris filix-mas* (2%), *Fragaria vesca* (1.4%), *Gymnocarpium dryopteris* (4.2%), *Luzula pilosa* (1.6%), *Maianthemum bifolium* (1.4%), *Mycelis muralis* (1.3%), *Paris quadrifolia* (1%), *Rubus saxatilis* (4%), *Rubus idaeus* (5%), *Vaccinium myrtillus* (4.2%), в некоторых лесах встречается *Calamagrostis arundinacea* (среднее пр. покрытие 9.5%). Остальные виды единичны и имеют низкое среднее пр. покрытие.

Наземные мхи (бореальные и неморальные) имеют невысокое общее пр. покрытие: от 1 до 40% (в среднем 15%). Все виды имеют низкое проективное покрытие, только у

Plagiomnium affine в некоторых лесах пр. покрытие достигает 20% (в среднем 3.6%).

Разнообразие. Всего в ценофлоре сосново-еловых мелкотравных лесов 137 видов растений: сосудистых – 113, мохообразных – 24. В древесном ярусе – 10 видов, кустарниковом – 19 (6 видов кустарников, 13 деревьев), травяно-кустарничковом – 103 (14 древесных видов и кустарников). В сообществах насчитывается от 27 до 55 видов, в среднем 37 видов.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 3.8-4.8, диапазон влажности почв – 4.9-6, богатства почв минеральным азотом – 3.6-5.7.

Положение в ландшафте (рельеф). Сосново-еловые мелкотравные леса занимают выровненные участки флювиогляциальных равнин на водосборах моренных и моренно-водноледниковых ландшафтов Московской, Мещерской, реже Смоленской и других физико-географических провинций.

11) Сосново-еловые мелкотравно-широкотравные

Данная группа представлена лесами из сосны и ели, при этом во втором древесном ярусе господствует ель разного возраста, присутствуют дуб и липа, в травяном ярусе преобладают кислица, зеленчук, часто встречаются папоротники, живучка ползучая (фото 11).

Фото 11. Сосново-еловый мелкотравно-широкотравный лес (№ 11) в г.о. Щелково (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 11**. Pine-spruce small herb-broad herb forest in Shchelkovo district (Photo by E.G. Suslova).

Значительно участие видов неморальной эколого-ценотической группы, довольно много видов нитрофильно-влажнотравной группы. Хорошо выражен кустарниковый ярус из

лещины, в подросте, кустарниковом и травяном ярусах обильна рябина, везде много малины. Напочвенный покров образован неморальными мхами. Близкие таксоны: *сосняк с елью папоротниково-зеленчуковый, сосняк с елью лещиновый кисличный*, *сосняк лещиновый мезофильно-разнотравно-кисличный* (Рысин, 2012).

Сукцессионный статус. Значительная часть сосново-еловых мелкотравно-широкотравных лесов представляет собой кислично-зеленчуковые и папоротниково-кислично-зеленчуковые лесокультуры разного возраста, в том числе старые трансформированные *(Суслова, 2019). Л.П. Рысин (2012)* однозначно считает такие сообщества старыми культурами, из которых сосна постепенно выпадет.

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: бореальная (48.3%) и неморальная (36.3%) группы видов. Опушечно-луговая (7%) и нитрофильно-влажнотравная (7.4%) группы имеют значительно меньшее среднее пр. покрытие.

Диагностические виды: *Picea abies* (A1), *Pinus sylvestris* (A1), *Corylus avellana, Sorbus aucuparia* (B2)*, Ajuga reptans, Asarum europaeum, Dryopteris carthusiana, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Rubus idaeus.*

Состав и структура

Константные виды: *Picea abies* (A, B, C), *Pinus sylvestris* (A), *Sorbus aucuparia* (B2), *Corylus avellana, Lonicera xylosteum, Ajuga reptans, Athyrium filix-femina, Convallaria majalis, Dryopteris carthusiana*, *Fragaria vesca, Gymnocarpium dryopteris, Luzula pilosa, Maianthemum bifolium, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Rubus idaeus, Rubus saxatilis.*

Доминантные виды: *Picea abies* (A – 21%, A2 – 28%, B1 – 12%), *Pinus sylvestris* (31%), *Corylus avellana* (29%), *Sorbus aucuparia* (B2 – 12.3%), *Athyrium filix-femina* (6%), *Dryopteris carthusiana* (8.3%), *Galeobdolon luteum* (21%), *Oxalis acetosella* (42%).

Древостой, как правило, двухярусный, возраст 60-80 лет, диаметр стволов первого яруса 30-40 см. Сомкнутость древесного яруса 63%, высота первого яруса 25-30 м (в среднем 28 м), второго – 12-20 м (в среднем 16 м), состоит из сосны (пр. покрытие 31%) и ели (21%). Единично встречаются *Betula pendula* (10%), *Populus tremula* (3.6%). Второй древесный ярус хорошо выражен, состоит из *Picea abies* (28%), отмечены *Betula pendula* (3.2%), редко – *Tilia cordata* (2.5%) или *Quercus robur* (4%).

Подрост (среднее пр. покрытие 20%) представлен преимущественно елью, ее проективное покрытие в среднем 12%, на востоке области редко отмечен подрост дуба, осины и сосны (1-2%).

В кустарниковом ярусе (пр. покрытие 43.7%) чаще других видов встречаются *Sorbus aucuparia* (12.3%) и *Frangula alnus* (3.2%), *Corylus avellana* (29%), *Lonicera xylosteum* (4%), *Euonymus verrucosa* (2%) и редко – *Juniperus communis* (2%).

Травяно-кустарничковый покров довольно густой, от 30 до 90% (среднее пр. покрытие 70%), преобладают *Oxalis acetosella* (42% и *Galeobdolon luteum* (21%), высокое среднее пр. покрытие у часто встречающихся *Athyrium filix-femina* (6%), *Dryopteris carthusiana* (8.3%), нередко встречаются – *Aegopodium podagraria* (8%), *Ajuga reptans* (4%), *Asarum europaeum* (4.5%), *Calamagrostis arundinacea* (6.6%), *Carex digitata* (3.4%), *Circaea alpina* (3.7%), *Convallaria majalis* (4.6%), *Dryopteris filix-mas* (2.8%), *Equisetum sylvaticum* (2.6%), *Fragaria vesca* (2%), *Gymnocarpium dryopteris* (3%), *Luzula pilosa* (2%), *Lysimachia vulgaris* (1.6%), *Maianthemum bifolium* (2.5%), *Mycelis muralis* (2%), *Paris quadrifolia* (2%), *Ranunculus cassubicus* (5%), *Rubus saxatilis* (5.6%), *R. idaeus* (5%), *Stellaria holostea* (4.5%), *S. nemorum* (5.2%), *Vaccinium myrtillus* (6.3%).

Наземные мхи покрывают от 1 до 70% (в среднем 21%). Чаще других встречается *Cirriphyllum piliferum* (1.2%), *Sanionia uncinata* (1.6%), *Plagiomnium affine* (1.4%), *Sciuro-hypnum starkei* (1.4%), *Sciuro-hypnum curtum* (1.2%).

Разнообразие. Всего в ценофлоре сосново-еловых мелкотравно-широкотравных лесов 202 вида растений: сосудистых – 155 мохообразных – не менее 47. В древесном ярусе – 12 видов, кустарниковом – 25 (14 видов кустарников, 11 деревьев), травяно-кустарничковом – 140 (13 древесных видов и кустарников). В сообществах насчитывается, в среднем 39 видов растений.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 4.2-5.9, диапазон влажности почв – 4.9-6.6, богатства почв минеральным азотом – 4.5.

Положение в ландшафте (рельеф). Сосново-еловые мелкотравно-широкотравные леса занимают выровненные участки водосборов моренных и мореноводноледниковых ландшафтов Мещерской и Московской, реже – Москворецко-Окской, еще реже – Смоленской и Верхне-Волжской физико-географических провинций.

12) Сосново-еловые широкотравные леса

Данная группа представлена сосново-еловыми лесами с березой. Во втором древесном ярусе и подросте доминирует ель. В древостое обоих ярусов есть незначительная примесь широколиственных пород (фото 12). Кустарниковый ярус хорошо выражен – в нем доминируют лещина и жимолость лесная. В травяном покрове преобладают виды неморальной эколого-ценотической группы, довольно много бореальных и нитрофильно-влажнотравных видов. Близкими таксонами являются *сосняки с липой лещиновые кислично-зеленчуковые, лещиновые мезофильно-разнотравно-кисличные, сосняки с липой волосистоосоково-зеленчуковые* (Рысин, 2012).

Сукцессионный статус. Сосново-еловые широкотравные папоротниково-кислично-зеленчуковые леса очень близки по видовому составу нижних ярусов сосново-еловым мелкотравно-широкотравным лесам и также как они в большинстве своем являются лесокультурами (Суслова, 2019). Сосняки лещиновые волосистоосоковые, сосняки с липой лещиновые кислично-зеленчуковые, лещиновые мезофильно-разнотравно-кисличные, сосняки с липой волосистоосоково-зеленчуковые Л.П. Рысин (2012) однозначно считает старыми культурами, в которых сосна постепенно выпадет.

Фото 12. Сосново-еловый широкотравный лес (№ 12) в г.о. Талдомский (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 12.** Pine-spruce broad herb forest in Taldom district (Photo by E.G. Suslova).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: преобладает неморальная группа видов (53.3%), значительно меньшие значения для бореальной (19.5%) и нитрофильно-влажнотравной (16.7%) групп. На луговые и опушечные виды приходится 9.4%.

Диагностические виды: *Corylus avellana, Lonicera xylosteum, Padus avium* (B2), *Ajuga reptans, Athyrium filix-femina, Dryopteris filix-mas, Geum rivale, Lysimachia nummularia, Ranunculus cassubicus.*

Состав и структура

Константные виды: *Betula pendula* (A1), *Picea abies* (A1, A2, B1, C), *Pinus sylvestris* (A1), *Corylus avellana, Lonicera xylosteum, Padus avium, Sorbus aucuparia, Ajuga reptans, Athyrium filix-femina, Convallaria majalis, Dryopteris carthusiana, Dryopteris filix-mas, Fragaria vesca, Paris quadrifolia, Ranunculus cassubicus, Rubus idaeus, Sorbus aucuparia* (C).

Доминантные виды: *Betula* sp. (A1 – 10%), *Picea abies* (A1 – 18.3%, A2 – 21.5%, B1 – 12.5%), *Pinus sylvestris* – 26.3%, *Corylus avellana* – 24.7%, *Padus avium* – 6.4%, *Athyrium filix-femina* (11%), *Galeobdolon luteum* (22%), *Oxalis acetosella* (10%), *Carex pilosa* (17%).

Древостой в лесах группы двухъярусный. Сомкнутость крон древесного яруса – 55%. Первый ярус образован сосной 26.3%), елью (18.3%) и березой (10%). Второй древесный ярус состоит из ели (21.5%) и березы (11%). В древостое обоих ярусов есть незначительная примесь широколиственных пород.

Среднее проективное покрытие подроста 20%, он представлен преимущественно елью (12.5%), иногда липой (6.2%).

Кустарниковый ярус образован разнообразными видами кустарников, его пр. покрытие в среднем 34%. Чаще других видов встречаются *Corylus avellana* (24.7%), *Lonicera xylosteum* (6.4%), *Padus avium* (6.4%), остальные виды единичны.

Травяно-кустарничковый покров среднесомкнутый (58%), преобладают: *Athyrium filix-femina* (11%), *Galeobdolon luteum* (22%), *Oxalis acetosella* (10%). Часто встречаются: *Ajuga reptans* (5.7%), *Convallaria majalis* (2.8%), *Dryopteris carthusiana* (4.7%), *D. filix-m*as (3.8%), *Gymnocarpium dryopteris* (2%), *Lysimachia nummularia* (2.2%), *Maianthemum bifolium* (1.4%), *Paris quadrifolia* (1.5%), *Rubus saxatilis* (4%), *Rubus idaeus* (4%), *Sorbus aucuparia* (2.4%).

Моховой покров образован в основном неморальными видами мхов (общее среднее пр. покрытие 19%). Чаще других встречается *Atrichum undulatum* (1.8%), *Cirriphyllum piliferum* (1.4%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (2%), виды рода *Sciuro-hypnum*.

Разнообразие. Всего в ценофлоре сосново-еловых широкотравных лесов 206 видов растений: сосудистых – 168, мохообразных – как минимум 38 видов. В древесном ярусе – 12 видов, кустарниковом – 14 (11 видов кустарников, 3 вида деревьев), травяно-кустарничковом – 162 вида (в том числе 22 древесных и кустарниковых вида). В сообществах насчитывается в среднем 36 видов.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 3.7-6.8, диапазон влажности почв – 4.8-7.1, богатства почв минеральным азотом – 4.6-7.3.

Положение в ландшафте (рельеф). Сосново-еловые широкотравные леса распространены чаще всего на относительно богатых почвах моренных и моренно-водноледниковых ландшафтов Москворецко-Окской, несколько реже – в Московской и Верхне-Волжской, Мещерской и Смоленской, еще реже – в Заокской ФГП.

13) Сосновые с елью и березой кустарничковые мелкотравно-зеленомошные леса

Данная группа представлена лесами из сосны, ели и березы, при этом сосна доминирует в первом ярусе, а второй древесный ярус образуют ель и береза разного возраста. Из кустарников обычны крушина ломкая и можжевельник. Во всех ярусах преобладают

бореальные виды, встречаются опушечно-луговые и олиготрофно-болотные, доминируют кустарнички, орляк, вейник тростниковидный, обчно обилен ландыш и марьянник луговой, моховой ярус из таежных мхов хорошо выражен (фото 13). Близкие таксоны: *сосняк с елью чернично-зеленомошный, сосняк с елью бруснично-чернично-зеленомошный, сосняк чернично-орляковый, сосняк вейниково-зеленомошный, сосняк можжевельниковый зеленомошный* (Рысин, 2012).

Фото 13. Сосновый зеленомошный с можжевельником лес (№ 13) – лесокультуры на песчаных почвах в г.о. Шатура (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 13.** Pine forest with green moss and *Juniperus communis*, the silvicultures on sandy soils in Shatura district (Photo by E.G. Suslova).

Сукцессионный статус. Большая часть сосновых с елью и березой кустарничково-мелкотравно-зеленомошных лесов практически не имеет подроста сосны, при этом ель присутствует в значительном количестве во втором ярусе, постепенно выходит в первый и обеспечена разновозрастным подростом. Подобные леса могли сформироваться после вмешательства человека (как лесокультуры) или на гарях, которые происходят в данных ландшафтах достаточно регулярно (Суслова, 2019).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: абсолютно преобладает бореальная группа (среднее проективное покрытие 86%), неморальные виды (7%), намного меньше участие видов других групп: опушечно-луговые (6%), олиготрофно-болотные (5.7%), остальные группы видов представлены небольшим числом видов с невысоким пр. покрытием.

Диагностические виды: *Calluna vulgaris, Melampyrum pratense, Pteridium aquilinum, Vaccinium myrtillus, Vaccinium vitis-idaea, Dicranum scoparium, Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi.*

Состав и структура

Константные виды: *Picea abies* (A1, A2, B1, C), *Pinus sylvestris* (A1), *Sorbus aucuparia* (B2), *Frangula alnus* (B2), *Dryopteris carthusiana*, *Calamagrostis arundinacea, Convallaria majalis, Luzula pilosa, Maianthemum bifolium, Melampyrum pratense, Pteridium aquilinum, Solidago virgaurea, Trientalis europaea, Vaccinium myrtillus, Vaccinium vitis-idaea, Dicranum scoparium, Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi.*

Доминантные виды: *Pinus sylvestris* (A1 – 43%), *Picea abies* (A1 – 21.5%, B1 – 14.2%), *Betula pendula* (8.5%), *Calamagrostis arundinacea* (8%), *Pteridium aquilinum* (11%), *Hylocomium splendens* (12%), *Oxalis acetosella* (1.3%), *Pleurozium schreberi* (37%), *Vaccinium myrtyllus* (27%), *Vaccinium vitis-idaea* (7.3%), *Dicranum scoparium* (9%).

Древостой, как правило, двухярусный, сомкнутость крон древостоя в среднем 60%. Первый ярус состоит из сосны (43%), березы (8.5%) и ели (21.5%). Единично встречается *Populus tremula* (5.2%). Второй древесный ярус хорошо выражен, состоит из *Picea abies* (21.4%) и березы (4%).

Общее проективное покрытие яруса B – 21.5%. Подрост (16.7%) представлен преимущественно елью (среднее пр. покрытие 14%) и березой (5%). Местами есть подрост дуба (3.7%). Кустарниковый ярус (в среднем 12.6%) образован *Sorbus aucuparia* (10%) и *Frangula alnus* (4%), изредка встречается *Juniperus communis* (5.6%), редко – *Corylus avellana* (13.7%).

Травяно-кустарничковый покров – от 30 до 90% (среднее пр. покрытие 60%), преобладает *Vaccinium myrtillus,* пр. покрытие которого составляет в среднем 27%, высокая встречаемость и пр. покрытие у вейника тростниковидного (8%), орляка (11%), брусники – 7.3%. Довольно часто встречаются *Convallaria majalis* (6.5%), *Dryopteris carthusiana* (3.1%), *Frangula alnus* (1%), *Luzula pilosa* (1.6%), *Maianthemum bifolium* (2%), *Melampyrum pratense* (3%), *Orthilia secunda* (1%), *Pteridium aquilinum* (11%), *Solidago virgaurea* (1%), *Trientalis europaea* (1.5%), *Veronica officinalis* (1.4%). Остальные виды встречаются реже и имеют низкое среднее пр. покрытие.

Наземные мхи (в основном бореальные) покрывают от 35 до 100% (в среднем 67%). Преобладают *Pleurozium schreberi* (37%), *Hylocomium splendens* (12%), *Dicranum scoparium* (9%).

Разнообразие. Всего в ценофлоре сосновых с елью и березой кустарничково-мелкотравно-зеленомошных лесов около 186 видов растений: сосудистых – 145, мохообразных и лишайников минимум – 41. В древесном ярусе – 6 видов, кустарниковом – 19 (13 видов кустарников, 3 дерева), травяно-кустарничковом – 122 (12 древесных и кустарниковых видов). В сообществах насчитывается от 22 до 40 видов, в среднем 29 видов.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 1.7-4.4, диапазон влажности почв – 4-8.1, богатства почв минеральным азотом – 1.3-5.2.

Положение в ландшафте (рельеф). Сосновые с елью кустарничково-мелкотравно-зеленомошные леса занимают выровненные участки водосборов зандровых равнин Мещерской и Верхне-Волжской физико-географических провинций, а также небольшие понижения в сухих сосновых кустарничковых лесах, окружают верховые и переходные болота в некоторых других провинциях, где они занимают незначительную площадь.

14) Сосновые с елью и березой мелкотравные

Данная группа представлена лесами из сосны, ели и березы папоротниково-кисличными. Сосна образует первый ярус, а ель господствует во втором древесном ярусе и подросте (фото 14). Преобладают виды бореальной эколого-ценотической группы, при этом достаточно много неморального широкотравья, черники, костяники и ландыша. Повсеместно много рябины, лещины, характерны бузина и малина. Моховой ярус почти не выражен. Близкие таксоны: *сосняк с елью лещиновый кисличный*, *сосняк лещиновый мезофильно-разнотравно-кисличный* (Рысин, 2012).

Сукцессионный статус. Значительная часть сосновых с елью и березой мелкотравных лесов практически не имеет подроста сосны, при этом ель присутствует в

значительном количестве во втором ярусе, постепенно выходит в первый и обеспечена разновозрастным подростом. Подобные папоротниково-кисличные леса с черникой и костяникой могли сформироваться лишь при вмешательстве человека, представляя собой трансформированные лесокультуры (Суслова, 2019).

Фото 14. Сосновый мелкотравный лес (№ 14) г.о. Щелково (фото Е. Сусловой).
Photo 14. Pine forest with small herbs in Shchelkovo district (Photo by E.G. Suslova).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: преобладает бореальная группа (64.3%), на втором месте – неморальные виды (17.6%), луговые и опушечные имеют по 9.6%, нитрофилы – 6.6%.

Диагностические виды: *Picea abies* (A1, A2), *Sorbus aucuparia*, *Dryopteris carthusiana, Maianthemum bifolium, Mycelis muralis, Oxalis acetosella, Rubus idaeus, Rubus saxatilis*

Состав и структура

Константные виды: *Picea abies* (A, B, C), *Pinus sylvestris* (A1), *Sorbus aucuparia* (B, C), *Corylus avellana, Frangula alnus, Athyrium filix-femina, Convallaria majalis, Deschampsia cespitosa, Dryopteris carthusiana*, *Dryopteris filix-mas, Fragaria vesca, Gymnocarpium dryopteris, Luzula pilosa, Maianthemum bifolium, Mycelis muralis, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Rubus idaeus, Rubus saxatilis, Sambucus racemosa, Vaccinium myrtillus*

Доминантные виды: *Pinus sylvestris* (A1 – 45.4%), *Picea abies* (A1 – 8%, A2 – 26%, B1 – 13%), *Oxalis acetosella* (31%), *Vaccinium myrtillus* (10.7%).

Древостой во всех лесах группы двухярусный, в первом ярусе доминируют сосна и ель, довольно много березы, во втором – только ель, сосна и береза встречается изредка. Сомкнутость крон древостоя 63%. Первый ярус состоит из сосны (пр. покрытие 45.4%) и ели (8%). Единично встречаются *Betula pendula* (9.4%), очень редко *Populus tremula* (5.2%).

Второй древесный ярус хорошо выражен, состоит из *Picea abies* (26%) и березы (12%), в нем редко и единично отмечен *Quercus robur* (2.3%), другие породы единичны.

Среднее проективное пр. покрытие яруса В – 31%. Подрост (20%) представлен преимущественно елью, ее проективное покрытие в среднем 12.8%, единично и редко отмечен подрост *Acer platanoides* (3%), *Tilia cordata* (4.5%), крайне редко с низким пр. покрытием (менее 1%) встречаются другие древесные породы.

Кустарниковый ярус образован разнообразными видами, его пр. покрытие в разных лесах группы в среднем 23%. Чаще других видов встречаются *Sorbus aucuparia* (19 %) и *Corylus avellana* (4%), реже *Frangula alnus* (3.6%) и *Lonicera xylosteum* (2.6%).

Травяно-кустарничковый покров довольно густой, от 35 до 80% (среднее пр. покрытие 60%), преобладает *Oxalis acetosella,* пр. покрытие которой составляет в среднем 31%, относительно высокое покрытие у *Vaccinium myrtillus* (11%), *Dryopteris carthusisna* (6%), *Calamagrostis arundinacea* (7.7%), небольшое пр. покрытие имеют довольно часто встречающиеся *Convallaria majalis* (5.6%), *Rubus idaeus* (4%), *Rubus saxatilis* (3.6%), *Gymnocarpium dryopteris* (4%), *Athyrium filix-femina* (2.5%). Остальные виды единичны и имеют низкое среднее пр. покрытие.

Наземные мхи (бореальные, неморальные, опушечные) имеют невысокое общее пр. покрытие: от 1 до 70% (в среднем – 22%). Все виды встречаются редко и имеют низкое проективное покрытие, только у *Hylocomium splendens* пр. покрытие достигает в среднем 6.2%, а у *Eurhynchium angustirete* (6%). Довольно часто встречается *Sciuro-hypnum curtum* (1%).

Р а з н о о б р а з и е . Всего в ценофлоре сосново-еловых мелкотравных лесов 178 видов растений: сосудистых – 142, мохообразных и эпигейных лишайников – 36. В древесном ярусе – 9 видов, кустарниковом – 22 (10 видов кустарников, 12 деревьев), травяно-кустарничковом – 137 (17 древесных и кустарниковых видов). В сообществах насчитывается в среднем 35 видов.

Э к о л о г и я . Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 3.2-6, диапазон влажности почв – 4.4-6.8, богатства почв минеральным азотом – 3-6.

П о л о ж е н и е в л а н д ш а ф т е (рельеф). Сосновые с елью и березой мелкотравные леса занимают выровненные участки водосборов моренных и моренно-водноледниковых ландшафтов Мещерской, Московской, Верхне-Волжской, Смоленской и Москворецко-Окской физико-географических провинций.

15) Сосновые с елью, березой и примесью широколиственных пород мелкотравно-широкотравные леса

Данная группа представлена лесами из сосны и ели лещиновыми папоротниково-зеленчуково-кисличными, при этом во втором древесном ярусе и подросте господствует ель. Характерна примесь широколиственных пород во втором ярусе и подросте. В нижних ярусах участие видов бореальной и неморальной групп примерно одинаково, много также опушечно-луговых и нитрофильно-влажнотравных видов. Повсеместно встречается рябина, жимолость и малина (фото 15). В травяном покрове абсолютно главенствуют кислица и зеленчук, много папоротников, а моховой покров редкий. Близкие таксоны: *сосняк с елью папоротниково-зеленчуковый, лещиновый кисличный*, *лещиновый мезофильно-разнотравно-кисличный* (Рысин, 2012).

С у к ц е с с и о н н ы й с т а т у с . Значительная часть сосново-еловых мелкотравно-широкотравных лесов с березой и примесью широколиственных пород представляет собой папоротниково-зеленчуково-кисличные лесокультуры разного возраста, в том числе старые трансформированные (Суслова, 2019). Сосняки с липой лещиновые кислично-зеленчуковые,

сосняки с липой волосистоосоково-зеленчуковые и другие подобные сообщества Л.П. Рысин (2012) однозначно считает старыми культурами. Эта группа сосняков в значительной степени близка к сосново-еловым мелкотравно-широкотравным лесам и отличается лишь по несколько большему участию неморальных видов во всех ярусах. Об искусственном характере данных сообществ говорит и обилие рябины, черемухи и бузины в подлеске.

Фото 15. Лесокультуры сосны кустарниковые мелкотравно-широкотравные (№ 15) с сорными видами в г.о. Красногорск (фото Е.Сусловой). **Photo 15.** Shrubs of pine silvicultures with small herb-broad herb cover in Krasnogorsk district (Photo by E.G. Suslova).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: преобладает бореальная (45%) и неморальная (33.7%) группы видов. Опушечно-луговая (9.7%) и нитрофильно-влажнотравная (9.7%) группы имеют значительно меньший состав в среднем.

Диагностические виды: *Corylus avellana, Ajuga reptans, Athyrium filix-femina, Dryopteris carthusiana, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia.*

Состав и структура

Константные виды: *Picea abies* (A, B1), *Pinus sylvestris* (A1), *Sorbus aucuparia* (B2, C), *Corylus avellana, Lonicera xylosteum, Ajuga reptans, Athyrium filix-femina, Convallaria majalis, Deschampsia cespitosa, Dryopteris carthusiana*, *Fragaria vesca, Gymnocarpium dryopteris, Lysimachia nummularia, Luzula pilosa, Maianthemum bifolium, Oxalis acetosella, Paris quadrifolia, Ranunculus cassubicus, Rubus idaeus, R. saxatilis, Stellaria holostea, Viburnum opulus.*

Доминантные виды: *Picea abies* (A – 10.5%, A2 – 20.5%, B1 – 10%), *Pinus sylvestris* (41%), *Tilia cordata* (B1 – 10.5%), *Corylus avellana* (35%), *Sorbus aucuparia* (B2 – 9%), *Athyrium filix-femina* (7.3%), *Dryopteris carthusiana* (9.5%), *Galeobdolon luteum* (15.6%), *Oxalis acetosella* (39%).

Древостой, как правило, двухярусный. Сомкнутость древесного яруса 57%. Первый ярус состоит из сосны (пр. покрытие 41%) и ели (10.5%). Единично встречаются *Betula pendula* (8.2%). Второй древесный ярус хорошо выражен, состоит из *Picea abies* (20.5%), в нем

отмечены *береза* (7.5%), рябина (19%), *Acer platanoides* (11%), изредка встречаются *Tilia cordata* (12%) или *Quercus robur* (8.5%).

Общее среднее пр. покрытие видов яруса В – 20%. Подрост (пр. покрытие 20%) представлен преимущественно елью, ее проективное покрытие в среднем 10%, нередок клен (3.2%), липа (10.5%), изредка отмечен подрост дуба (5%).

В кустарниковом ярусе (пр. покрытие 33%) чаще других видов встречаются *Corylus avellana* (35%) и *Sorbus aucuparia* (9%), обычны *Padus avium* (7%), *Lonicera xylosteum* (6.3%), *Euonymus verrucosa* (3.5%), *Frangula alnus* (2.4%), и *Sambucus racemosa* (2.5%).

Травяно-кустарничковый покров довольно густой, от 35 до 85% (среднее пр. покрытие 60%), преобладают *Oxalis acetosella* (39% и *Galeobdolon luteum* (15.6%), высокое среднее пр. покрытие у часто встречающихся *Athyrium filix-femina* (7.3%), *Dryopteris carthusiana* (9.5%), местами – *Aegopodium podagraria* (8%). Довольно часто встречаются *Ajuga reptans* (5.3%), *Asarum europaeum* (3%), *Calamagrostis arundinacea* (11.3%), *Carex pilosa* (10%), *Circaea alpina* (2%), *Convallaria majalis* (8%), *Deschampsia cespitosa* (2.5%), *Dryopteris filix-mas* (2.4%), *Gymnocarpium dryopteris* (5%), *Luzula pilosa* (1.6%), *Lysimachia nummularia* (3.5%), *Maianthemum bifolium* (3.5%), *Paris quadrifolia* (1.8%), *Ranunculus cassubicus* (4.2%), *Stellaria holostea* (3.2%), *Stellaria nemorum* (7.4%), *Urtica dioica* (1.2%), *Viburnum opulus* (2.3%).

Наземные мхи покрывают от 1 до 50% (в среднем 18%). Чаще других встречается *Atrichum undulatum* (2%), *Cirriphyllum piliferum* (1%), *Dicranum scoparium* (2.6%), *Hylocomium splendens* (4.7%), *Plagiochila porelloides* (2.8%), *Plagiomnium affine* (4%), *Sciuro-hypnum starkei* (1.3%).

Р а з н о о б р а з и е . Всего в ценофлоре сосновых с елью мелкотравно-широкотравных лесов 197 видов растений: сосудистых – 162, мохообразных и лишайников – не менее 35. В древесном ярусе – 13 видов, кустарниковом – 14 (11 видов кустарников, 3 дерева), травяно-кустарничковом – 152 (18 древесных и кустарниковых видов). В сообществах насчитывается, в среднем 33 вида растений.

Э к о л о г и я . Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 3.3-6.1, диапазон влажности почв – 4.3-7, богатства почв минеральным азотом – 3.2-6.1.

П о л о ж е н и е в л а н д ш а ф т е (рельеф). Сосновые с елью, березой и примесью широколиственных пород мелкотравно-широкотравные леса занимают выровненные участки водосборов моренных и морено-водноледниковых ландшафтов Мещерской, Московской, Москворецко-Окской физико-географических провинций. Реже они отмечены в Верхне-Волжской и Смоленской привинциях.

16) Сосновые с елью широкотравные леса

Данная группа представлена сосновыми лесами с участием ели и березы лещиновыми широкотравными и кислично-широкотравными. Во втором древесном ярусе и подросте доминирует ель, встречаются дуб, липа и клен (фото 16). В травяном ярусе максимальное проективное покрытие имеют виды неморальной эколого-ценотической группы, достаточно высокое пр. покрытие и у видов бореальной и нитрофильно-влажнотравной групп. Значительную роль в разных ярусах играют рябина, черемуха, много подроста клена и липы. Близкие таксоны: сосняки лещиновые волосистоосоковые, сосняки с липой лещиновые кислично-зеленчуковые, сосняки с липой волосистоосоково-зеленчуковые (Рысин, 2012).

С у к ц е с с и о н н ы й с т а т у с . Сосновые с елью и широколиственными породами – лещиновые широкотравные папоротниково-кислично-зеленчуковые леса близки по видовому составу нижних ярусов сосновым с елью и березой широкотравным лесам и также как они в большинстве своем являются лесокультурами (Суслова, 2019). Сосняки лещиновые волосистоосоковые, сосняки с липой лещиновые кислично-зеленчуковые, сосняки с липой

волосистоосоково-зеленчуковые Л.П. Рысин (2012) однозначно считает старыми культурами. При этом сосняки с елью волосистоосоково-кисличные он считает одной из стадий восстановления еловых волосистоосоково-кисличных лесов.

Фото 16. Сосновый с елью и широколиственными породами широкотравный лес (№ 16) в г.о. Щелково (фото Е.Сусловой). **Photo 16.** Pine forest with spruce and broad-leaved species and broad herb (nemoral) cover in Shchelkovo district (Photo by E.G. Suslova).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: преобладает неморальная группа видов (54.7%), значительно меньшие значения для бореальной (18.8%) и нитрофильно-влажнотравной (17.9%) групп. На луговые и опушечные виды приходится 7.3%, адвентивные – 1.3%.

Диагностические виды: *Tilia cordata, Corylus avellana, Acer platanoides, Athyrium filix-femina, Galeobdolon luteum, Ranunculus cassubicus, Tilia cordata.*

Состав и структура

Константные виды: *Betula pendula* (A1), *Picea abies* (B1, C), *Pinus sylvestris* (A1), *Corylus avellana, Lonicera xylosteum, Padus avium, Sorbus aucuparia* (B2, C), *Ajuga reptans, Athyrium filix-femina, Convallaria majalis, Dryopteris carthusiana, Galeobdolon luteum, Ranunculus cassubicus, Rubus idaeus, R. saxatilis.*

Доминантные виды: *Betula* sp. (A1 – 7.5%), *Picea abies* (A2 – 6.5%, B1 – 6%), *Pinus sylvestris* – 39%, *Corylus avellana* – 41%, *Acer platanoides* (A2 – 13%), *Sorbus aucuparia* (B2 – 6.4%), *Tilia cordata* (A2 – 24.5%), *Athyrium filix-femina* (20.4%), %), *Carex pilosa* (33%), *Convallaria majalis* (7.6%), *Dryopteris carthusiana* (5.2%), *Galeobdolon luteum* (19%), *Oxalis acetosella* (16%), *Ranunculus cassubicus* (9.4%).

Древостой в лесах группы двухъярусный, постоянна примесь широколиственных пород. Сомкнутость крон древесного яруса – 60%. Первый ярус образован сосной (39.4%), елью (9%) и березой (75%). Второй древесный ярус состоит из ели (65%), сосны (57%), березы (45%), липы (24.5%), клена (13%), дуба (6%), рябины (6%), изредка встречается *Alnus incana* (11.5%).

Среднее проективное покрытие яруса В – 51%, пр. покрытие подроста – 24%, он представлен преимущественно елью (6%), кленом (6.7%), липой (12.4%), дубом (4.5%).

Кустарниковый ярус образован разнообразными видами кустарников, его пр. покрытие в среднем 53%. Чаще других видов встречаются *Corylus avellana* (41.3%), *Lonicera xylosteum* (7.1%), *Sorbus aucuparia* (6.4%), *Euonymus verrucosa* (2.4%), *Padus avium* (6%), Sambucus *racemosa* (3%), остальные виды единичны.

Травяно-кустарничковый покров сомкнутый (59.4%), преобладают: *Athyrium filix-femina* (20.4%), *Galeobdolon luteum* (19%), *Oxalis acetosella* (16%). Часто встречаются *Acer platanoides* (3%), *Ajuga reptans* (6.5%), *Carex pilosa* (33%), *Convallaria majalis* (7.6%), *Dryopteris carthusiana* (5.2%), *Dryopteris filix-m*as (3.4%), *Fragaria vesca* (2%), *Luzula pilosa* (1.2%), *Padus avium* (3.2%), *Paris quadrifolia* (2.6%), *Quercus robur* (2.4%), *Ranunculus cassubicus* (9.4%), *Rubus saxatilis* (3.5%), *R. idaeus* (48%), *Sorbus aucuparia* (1.5%), *Stellaria holostea* (4%), *Tilia cordata* (3.2%), *Viburnum opulus* (1.2%).

Моховой покров образован в основном неморальными видами мхов (общее среднее пр. покрытие невысокое – 11%). Чаще других встречается *Atrichum undulatum* (2%), *Cirriphyllum piliferum* (1.4%), *Eurhynchium angustirete* (2.7%), *Plagiomnium undulatum* (2.4%), *Sciuro-hypnum curtum* (1.3%).

Разнообразие. Всего в ценофлоре сосновых с елью, березой и широколиственными породами широкотравных лесов 198 видов растений: сосудистых – 157, мохообразных – как минимум 41 вид. В древесном ярусе – 14 видов, кустарниковом – 14 (12 видов кустарников, 2 – деревьев), травяно-кустарничковом – 154 вида (в том числе 26 древесных и кустарниковых видов). В сообществах насчитывается в среднем 30 видов.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 3.8-7.6, диапазон влажности почв – 4.5-7.4, богатства почв минеральным азотом – 4.3-6.2.

Положение в ландшафте (рельеф). Сосновые с елью и широколиственными породами широкотравные (папоротниково-кислично-зеленчуковые) леса распространены, чаще всего, на относительно богатых почвах моренных и моренно-водноледниковых ландшафтов Мещерской, Москворецко-Окской, Смоленской, Московской, Верхне-Волжской, гораздо реже – в других физико-географических провинциях.

17) Сосновые с елью и березой разнотравные леса

Данная группа представлена преимущественно склоновыми разреженными разнотравными лесами из сосны и березы, во втором древесном ярусе и подросте единичны виды широколиственных пород деревьев. Кустарниковый ярус разрежен и состоит из лещины, жимолости и рябины. В травяном покрове преобладают виды лугового и опушечного разнотравья, бобовых и злаков, кроме них обычно встречаются лугово-степные и боровые виды (фото 17). Близкие таксоны: *сосняк с дубом лещиновый разнотравный* (Рысин, 2012)

Сукцессионный статус. Сосновые с березой разнотравные леса являются, как правило, естественными сообществами склонов южной экспозиции в долинах крупных рек и их притоков. Их отличает разреженный древостой, большое количество луговых, опушечных и боровых видов в травяном покрове, наличие единичного подроста сосны. Некоторые из подобных сообществ являются производными сосновых с дубом и липой, сосновых с дубом или сосновых с елью, дубом и липой широкотравно-разнотравных склоновых лесов, нарушенных пожарами, выпасом и рекреационным воздействием (Суслова, 2019).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: преобладает лугово-опушечная группа видов (41.5%), на втором месте – бореальные виды (29.4%), неморальные имеют 16.6%, степные и боровые – 7%,

нитрофилы – 5%.

Диагностические виды: *Betula pendula* (A1), *Agrimonia eupatoria, Amoria montana, Astragalus glycyphyllos, Calamagrostis arundinacea, Campanula persicifolia, Carex pallescens, Clinopodium vulgare, Fragaria vesca, Galium mollugo, Knautia arvensis, Leucanthemum vulgare, Melica nutans, Pimpinella saxifraga, Stachys officinalis, Trifolium medium, Vicia cracca, Viola canina, Viola hirta.*

Фото 17. Сосновый склоновый разнотравный, местами с елью и широколиственными породами (№ 17) в г.о. Серпухов (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 17.** Pine forest with mixed herbs, partially with spruce and broad-leaved species growing on a slope in Serpukhov district (Photo by E.G. Suslova).

Состав и структура

Константные виды: *Betula pendula* (A1), *Pinus sylvestris* (A1, C), *Corylus avellana* (B2), *Calamagrostis arundinacea, Clinopodium vulgare, Convallaria majalis, Fragaria vesca, Luzula pilosa, Melica nutans, Rubus idaeus, Sorbus aucuparia, Trifolium medium, Trifolium medium, Veronica officinalis.*

Доминантные виды: *Pinus sylvestris* (A1 – 41.2%), *Betula pendula* (8%), *Calamagrostis arundinacea* (20%), в отдельных описаниях обильны – *Calamagrostis epigeios* (20%), *Chamaenerion angustifolium* (35.5%).

Древостой в лесах группы двухярусный, в первом ярусе доминируют сосна и береза, во втором встречаются береза и широколиственные породы. Сомкнутость крон древостоя 48%. Первый ярус состоит из сосны (пр. покрытие 41%) и березы (8%). Единично встречается ель (4%). Второй древесный ярус выражен плохо, фрагментарный, состоит из *Picea abies* (2.5%) и березы (5.5%), в нем редко и единично отмечен *Quercus robur* (3.4%), *Tilia cordata* (3.3%), другие породы единичны.

Среднее проективное покрытие яруса B – 13.3%. Подрост (5.6%) представлен

различными породами, такими как береза (2%) и дуб (1%), крайне редко с низким пр. покрытием (0.5-1%) встречаются другие древесные породы.

Кустарниковый ярус образован разнообразными видами, его пр. покрытие в разных лесах группы в среднем 18%. Чаще других видов встречаются *Sorbus aucuparia* (6.7%) и *Corylus avellana* (3.5%), реже *Lonicera xylosteum* (11%) и *Euonymus verrucosa* (2.3%).

Травяно-кустарничковый покров довольно густой, от 30 до 90% (среднее пр. покрытие 73%), преобладает *Calamagrostis arundinacea* (20%). Часто встречаются: *Clinopodium vulgare* (1.4%), *Convallaria majalis* (6%), *Fragaria vesca* (6%), *Knautia arvensis* (0.6%), *Luzula pilosa* (1.6%), *Melica nutans* (2.2%), *Pinus sylvestris* (2.3%), *Poa angustifolia* (14%), *Rubus idaeus* (3.1%), *Sorbus aucuparia* (0,6%), *Trifolium medium* (3%), *Veronica officinalis* (2%). Остальные виды единичны и имеют низкое среднее пр. покрытие.

Наземные мхи (бореальные, неморальные, опушечные) встречаются редко (в среднем пр. покрытие 2.4%). Все виды встречаются редко и имеют низкое проективное покрытие, только у *Pleurozium schreberi* в некоторых описаниях проективное покрытие больше 5% (в среднем 3%).

Разнообразие. Всего в ценофлоре сосновых разнотравных лесов 223 вида растений: сосудистых – 203, мохообразных и эпигейных лишайников – 20. В древесном ярусе – 7 видов, кустарниковом – 17 (8 видов кустарников, 9 деревьев), травяно-кустарничковом – 198 (16 древесных и кустарниковых видов). В сообществах насчитывается в среднем 39 видов.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 4-7.9, диапазон влажности почв – 4.1-5.9, богатства почв минеральным азотом – 1.9-5.5.

Положение в ландшафте (рельеф). Сосновые с березой разнотравные леса занимают склоны долин рек моренных и моренно-водноледниковых ландшафтов Мещерской, Москворецко-Окской и Смоленской физико-географических провинций.

18) Сосновые с березой кустарничковые травяно-сфагновые леса

Данная группа представлена заболоченными сосновыми лесами с березой пушистой во втором древесном ярусе, ель встречается обычно только в виде подроста. Большинство сообществ отличается низкорослостью сосны. В этих сообществах сосна вполне обеспечена подростом разного возраста. Обильны болотные олиготрофные кустарнички, пушица влагалищная, реже встречаются вейник сероватый и болотные осоки. В сплошном моховом покрове доминируют сфагновые олиготрофные и мезотрофные виды мхов (фото 18). В сосняках с подпиткой минерализованными водами (минератрофных) в ряде районов произрастают редкие виды орхидных, морошка, береза приземистая и др. Близкие таксоны: *сосняк травяно-сфагновый, сосняк пушицево-сфагновый, сосняк чернично-сфагновый* (Рысин, 2012)

Сукцессионный статус. Сосновые кустарничково-травяно-сфагновые леса являются естественными фитоценозами заболоченных бедных почв и приурочены к определенным специфическим формам рельефа. Ряд процессов, изменяющих их видовой состав и структуру, связан с широко распространенным осушением и природными пожарами.

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: преобладает олиготрофно-болотная группа (58%), меньше видов бореальной группы (33%), намного меньше приходится на травяно-болотные виды (6%), остальные группы представлены небольшим числом видов (нитрофилы – 1.5%).

Диагностические виды: *Betula pubescens* (B1, C), *Pinus sylvestris* (B1), *Andromeda polifolia, Calamagrostis canescens, Carex lasiocarpa, Carex nigra, Carex rostrata, Chamaedaphne*

calyculata, Eriophorum vaginatum, Sphagnum spp., *Ledum palustre, Oxycoccus palustris, Polytrichum commune, Vaccinium uliginosum, Salix cinerea, Aulacomnium palustre.*

Фото 18. Сосновый пушицево-сфагновый с кустарничками (№ 18) заболоченный лес в Дмитровском г.о. (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 18.** Swampy pine forest with *Eriophorum vaginatum*, dwarf shrubs and sphagnum mosses in Dmitrov district (Photo by E.G. Suslova).

Состав и структура

Константные виды: *Pinus sylvestris* (A1, B1, C), *Betula pubescens* (B1, C), *Salix cinerea* (B2), *Chamaedaphne calyculata*, *Eriophorum vaginatum*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*, *Vaccinium uliginosum*, *Sphagnum sp*.

Доминантные виды: *Pinus sylvestris* (A1 – 43.5%), *Chamaedaphne calyculata* (15.7%), *Eriophorum vaginatum* (18.5%), *Ledum palustre* (27%), *Oxycoccus palustris* (13.5%), *Vaccinium myrtillus* (16.7%), *Sphagnum angustifolium* (80%).

Древостой в лесах группы обычно одноярусный, абсолютно доминирует сосна (43.5%), ель и береза пушистая встречаются чаще во втором древесном ярусе. Сомкнутость крон древесного яруса – 51.6%. Второй древесный ярус состоит из березы (11%), ели (16%) и сосны (10.7%). Среднее проективное покрытие яруса B – 18%. Подрост (пр. покрытие 20%) представлен преимущественно березой (8.5%), реже елью (11.7%). Сосна встречается в виде подроста довольно часто, но имеет невысокое проективное покрытие (7.5%).

Кустарниковый ярус образован разнообразными видами кустарниковых ив, его пр. покрытие в разных лесах группы колеблется от 5 до 30% (в среднем 16%). Чаще других видов встречаются *Salix cinerea* (7%), *Frangula alnus* (6%), *Sorbus aucuparia* (4.7%),

остальные виды единичны.

Травяно-кустарничковый покров среднесомкнутый (61.3%), преобладают *Eriophorum vaginatum* (18.5%), *Ledum palustre* (27%), *Oxycoccus palustris* (13.5%), *Chamaedaphne calyculata* (15.7%), *Vaccinium myrtillus* (16.7%). Относительно высокое среднее пр. покрытие у *Vaccinium uliginosum* (6.3%), *Vaccinium vitis-idaea* (5.7%). *Calamagrostis canescens* (6%). В этом ярусе находится и подрост сосны ниже 1 м (5.2%.). Остальные виды единичны и имеют низкое среднее пр. покрытие. В данной группе отмечен целый ряд охраняемых в Московской области видов растений: *Betula humilis, Dactylorhiza maculata, Epipactis palustris, Goodyera repens, Moneses uniflora, Rubus chamaemorus.*

Моховой покров образован в основном видами сфагновых мхов (общее среднее пр. покрытие 90%). На кочках доминирует обычно *Sphagnum magellanicum* (8%), а *Polytrichum commune* встречается часто, но имеет невысокое пр. покрытие (7.7%).

Р а з н о о б р а з и е . Всего в ценофлоре сосновых кустарничковых травяно-сфагновых лесов 132 вида растений: сосудистых – 102, мохообразных – как минимум 28 видов и эпигейных кустистых лишайников рода *Cladonia* (в том числе – *Cladonia sylvatica*). В древесном ярусе – 6 видов, кустарниковом – 14 (9 видов кустарников, 5 деревьев), травяно-кустарничковом – 100 (в том числе 12 древесных и кустарниковых видов). В сообществах насчитывается в среднем 21 вид.

Э к о л о г и я . Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 1.9-4.8, диапазон влажности почв – 5.9-8.7, богатства почв минеральным азотом – 1.4-4.1.

П о л о ж е н и е в л а н д ш а ф т е (рельеф). Сосновые кустарничково-травяно-сфагновые леса нередко встречаются в ложбинах стока, понижениях водосборов моренных, моренно-водноледниковых и зандровых ландшафтов Верхне-Волжской, Мещерской, Смоленской, Московской, гораздо реже Москворецко-Окской физико-географических провинций.

ШИРОКОЛИСТВЕННЫЕ И ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫЕ ЛЕСА

Типологическое разнообразие лесов с участием широколиственных пород на уровне групп ассоциаций относительно невысоко и представлено одной широкотравной группой сообществ. Соотношение ЭЦГ в ряду рассматриваемых формаций дубовых, липовых и смешанных хвойно-широколиственных лесов отличается несущественно, – доля неморального широкотравья максимальна и составляет около 80%.

Леса с преобладанием широколиственных пород встречаются небольшими фрагментами с общей тенденцией увеличениея их присутствия в лесном покрове в ЮВ направлении в составе зональных подразделений (хвойно-широколиственной и широколиственной зон). Дубовые и липовые леса произрастают на наиболее плодородных почвах, поэтому всегда подвергались особенно интенсивной вырубке и распашке под сельскохозяйственные культуры. Распространение формаций дубо-липовых лесов на Русской равнине связано с богатыми почвообразующими породами, залегающими в условиях более расчлененного рельефа по сравнению с липовыми лесами (Курнаев, 1968).

Участие широколиственных и хвойно-широколиственных лесов в лесном покрове ФГП отличает очень сильная вариабельность (от 1 до 89%), связанная с широтным градиентом и сменой зон. Так, в Верхне-Волжской, Московской и Мещерской провинциях данные сообщества встречаются очень редко. При движении на юг к зоне широколиственных лесов их участие резко увеличивается, достигая почти 90% в Среднерусской провинции.

19) Дубовые широкотравные леса

Широколиственные леса с преобладанием дуба в первом ярусе древостоя, участием ели в

первом и во втором древесном ярусе и видов неморальной группы в нижних ярусах сообществ (фото 19). Близкие таксоны: *дубняк снытевый, волосистоосоковый, зеленчуково-волосистоосоковый* (Курнаев, 1968; Леса Южного Подмосковья, 1985; Василевич, Бибикова, 2001).

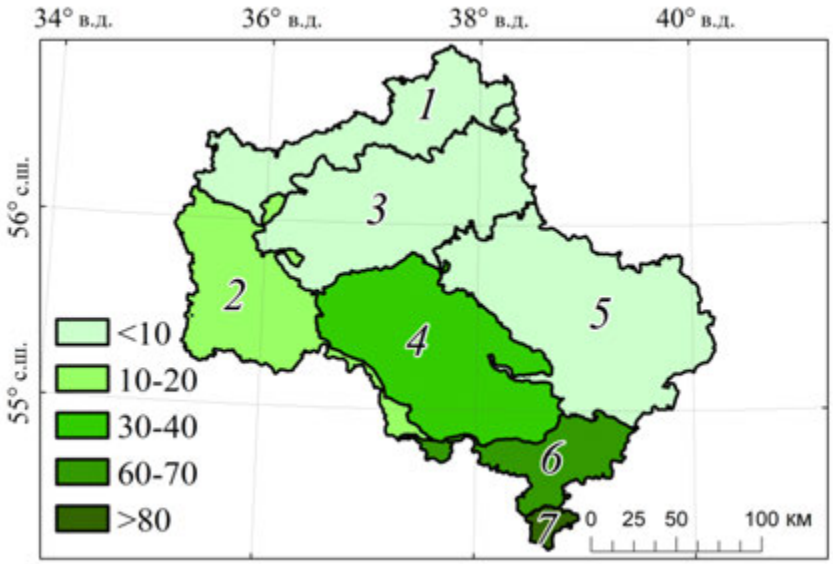


Рис. 9. Распределение широколиственных и хвойно-широколиственных сообществ в пределах ФГП (в % от лесопокрытой площади). Названия провинций (1-7) даны на рисунках 1 и 8.

Fig. 9. Distribution of spruce and spruce-broad-leaved communities in physical-geographical provinces (in % of the area covered with forest). The names of provinces (1-7) are shown in Figures 1 and 8.

Фото 19. Дубовый с лещиной широкотравный лес (№ 19) в г.о. Истра (фото Е.Г. Сусловой).
Photo 19. Oak forest with *Corylus avellana* and broad (nemoral) herb in Istra district (Photo by E.G. Suslova).

Сукцессионный статус. По мнению С.Ф. Курнаева (1968), сообщества с явным преобладанием дуба являются производными от дубово-липовых и еловых с липой и дубом лесов, древостоем из липы и дуба – коренными. На Северо-Западе Европейской России дубняки широкотравные, по мнению ряда авторов (Василевич, Бибикова, 2001), считаются коренными сообществами. Если судить по составу ярусов, это безусловно – производные кислично-широкотравных (зеленчуковых, волосистоосоковых, снытьевых) елово-широколиственных лесов (Суслова, 2019).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: В нижних ярусах доминируют виды неморальной группы (59%), вторую по значимости группу составляют лугово-опушечные виды (16%), доля бореальных видов – 13.6%, нитрофильно-влажнотравных – 5.5%. Участие других групп видов незначительно.

Диагностические виды: *Quercus robur* (A1), *Corylus avellana* (B).

Состав и структура

Константные виды: *Querceus robur* (A1, C), *Acer platanoides* (B), *Corylus avellana* (B), *Lonicera xylosteum* (B), *Aegopodium podagraria*, *Ajuga reptans, Asarum europaeum*, *Carex pilosa*, *Galeobdolon luteum, Lathyrus vernus, Pulmonaria obscura*, *Ranunculus cassubicus*, *Stellaria holostea*.

Доминантные виды: *Acer platanoides* (A1, среднее пр. покрытие 23%), *Betula pendula* (A1, 10%), *Picea abies* (A1, 22%), *Quercus robur* (A1, 40%), *Picea abies* (A2, 14%), *Quercus robur* (A2, 12%), *Tilia cordata* (A2, 10%), *Acer campestre* (B, 15%), *A. platanoides* (B, 8.4%), *Corylus avellana* (B, 44%), *Padus avium* (B, 12%), *Picea abies* (B, 9.3%), *Populus tremula* (B, 7.2%), *Sorbus aucuparia* (B, 5%), *Tilia cordata* (B, 8.2%), *Aegopodium podagraria* (15%), *Asarum europaeum* (6.2%), *Carex pilosa* (19%), *Convallaria majalis* (5%), *Equisetum pratense* (4.8%), *Galeobdolon luteum* (24%), *Mercurialis perennis* (8.5%), *Oxalis acetosella* (9.8%), *Pulmonaria obscura* (7.3%), *Quercus robur* (C, 5%), *Ranunculus cassubicus* (5%), *Stellaria holostea* (5%). Из весенних эфемероидов значительное пр. покрытие отмечено у *Anemone ranunculoides* (21%).

Древостой как правило двухъярусный. Сомкнутость крон верхнего древесного яруса составляет 66%, второго – 28%, высота 25 и 17 м, соответственно. Возраст деревьев дуба – от 65 до 135 лет, в отдельных случаях отмечены дубы 185-летнего возраста. Помимо дуба в верхнем древесном ярусе часто встречаются *Betula pendula*, *Populus tremula* (10%), значительна по пр. покрытию примесь *Picea abies* и *Acer platanoides*. Часто есть второй древесный ярус, но его состав сильно варьирует, наиболее часто встречаются *Picea abies*, *Sorbus aucuparia* (4%), *Tilia cordata*.

Ярус кустарников может покрывать до 90% (в среднем 56%) за счет *Corylus avellana*, высота которой достигает 8 м (в среднем 5 м). Помимо лещины наиболее часты *Lonicera xylosteum* (5.5%), *Padus avium*, *Sorbus aucuparia*, *Viburnum opulus* (B, 1.5%), подрост *Acer platanoides, Tilia cordata* и *Picea abies*.

Общее проективное покрытие трав составляет в среднем 60%. Характерна полидоминантность яруса. Наиболее часто встречаются и с наибольшим пр. покрытием *Aegopodium podagraria*, *Carex pilosa*, *Galeobdolon luteum*. Специфической чертой дубовых широкотравных сообществ является значительное число видов лугово-опушечной группы и изредка присутствие таких видов, как *Aristolochia clematitis* (5%), *Carex pediformis* (1.7%), *Deschampsia cespitosa* (2.5%), *Melampyrum nemorosum* (2.5%), *Rubus caesius* (5%), *Stachys officinalis* (0.7%).

Наземные мхи иногда отсутствуют, их пр. покрытие небольшое и варьирует от 0 до 40% (в среднем 5.3%). Чаще других видов встречается *Atrichum undulatum* (1.8%), а наибольшее пр. покрытие отмечено у *Eurhynchium angustirete* (3.7%), *Hylocomium splendens* (7%), *Dicranum montanum* (4%), *D. scoparium* (5%). На обнажениях почвы присутствуют виды рода

Fissidens.

Разнообразие. Всего в ценофлоре дубрав широкотравных 223 вида: сосудистых – 184, наземных мохообразных – 39. В древесном ярусе – 16 видов, кустарниковом – 32 (13 видов кустарников, 19 деревьев), травяно-кустарничковом – 168 (18 древесных видов). В сообществах 14-47 видов, в среднем 32.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 5.2-7.2, диапазон влажности почв – 4.8-7.2, богатства почв минеральным азотом – 4.7-6.6. Почвы светло-серые лесные.

Положение в ландшафте (рельеф). Дубовые широкотравные леса с елью отмечены в пределах ландшафтов Смоленской, Московской и Москворецко-Окской провинций, а также небольшими участками в долинах рек по верхним уровням пойм и надпойменным террасам Верхне-Волжской провинции.

20) Липовые широкотравные леса

Широколиственные леса с преобладанием липы в первом или втором древесных ярусах древостоя и видами неморальной группы в нижних ярусах сообществ (фото 20). В древостое и подросте изредка присутствует ель, в травяном покрове участвует кислица и некоторые бореальные виды. Близкие таксоны: *липняк волосистоосоковый, снытевый, пролесниково-снытевый* (Курнаев, 1968; Речан и др., 1993).

Сукцессионный статус. Липовые леса данной группы представляют собой коренные сообщества лишь на склонах оврагов и долин рек, на водосбороах центральной и северной частей области – это производные хвойно-широколиственных лесов (Курнаев, 1968; Суслова, 2019). Коренные липовые неморальнотравные леса представлены лишь в южной части области.

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: Для нижних ярусов характерно абсолютное доминирование видов неморальной группы (68.4%), бореальные виды составляют 13.7%, лугово-опушечные 7.5%, нитрофильно-влажнотравные 6.5%. Участие других групп видов незначительно.

Диагностические виды: *Tilia cordata* (A1), *Mercurialis perennis*.

Состав и структура

Константные виды: *Querceus robur* (A1), *Tilia cordata* (A1, B), *Acer platanoides* (B, C), *Corylus avellana* (B), *Aegopodium podagraria*, *Asarum europaeum*, *Carex pilosa*, *Dryopteris filix-mas*, *Galeobdolon luteum, Lathyrus vernus, Mercurialis perennis, Pulmonaria obscura*, *Ranunculus cassubicus*, *Stellaria holostea*.

Доминантные виды: *Acer platanoides* (A1, 19%), *Betula pendula* (A1, среднее пр. покрытие 11.1%), *Populus tremula* (A1, 11%), *Quercus robur* (A1, 11%), *Tilia cordata* (A1, 50%), *Acer platanoides* (A2, 18%), *Tilia cordata* (A2, 13%), *Acer platanoides* (B, 11.7%), *Corylus avellana* (B, 17.5%), *Euonymus verrucosa* (B, 5.3%), *Padus avium* (B, 11%), *Picea abies* (B, 10%), *Sorbus aucuparia* (B, 5.6%), *Tilia cordata* (B, 8.7%), *Aegopodium podagraria* (21.7%), *Ajuga reptans* (4.2%), *Carex pilosa* (42%), *Dryopteris filix-mas* (4.5%), *Equisetum hyemale* (12.4%), *Galeobdolon luteum* (16.4%), *Galium odoratum* (1.4%), *Geum rivale* (8%), *Gymnocarpium dryopteris* (7%), *Mercurialis perennis* (16%), *Oxalis acetosella* (15.5%), *Pulmonaria obscura* (9.3%), *Ranunculus cassubicus* (4.3%), *Stellaria holostea* (6%), *S. nemorum* (9.6%). В единичных описаниях в качестве доминантов отмечены весенние эфемероиды *Allium ursinum* (70%), *Anemone nemorosa* (55%), *A. ranunculoides* (25.3%), *Corydalis bulbosa* (11.7%), *Dentaria bulbifera* (30%), *Ficaria verna* (10%) и адвентивный вид *Impatiens parviflora* (10%).

Довольно тенистые леса, средняя сомкнутость крон 82%. Древостой 1-2-х ярусный, высотой 20-30 м. Возраст липы составляет 60-100 лет, в отдельных случаях 140 лет. Верхний древесный ярус образован липой, часто с примесью дуба, березы повислой и осины. Изредка

встречается *Picea abies* (9.2%), реже *Acer platanoides* (19%), *Pinus sylvestris* (8%), *Fraxinus excelsior* (9.2%). Второй древесный ярус выделяется редко, наиболее часто встречающиеся виды в нем *Tilia cordata* (13%) и *Acer platanoides* (18%).

Фото 20. Липовый широкотравный лес (№ 20) в Серебряноборском лесничестве (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 20**. Linden broad herb (nemoral) forest in the Serebryanoborsky Forestry (Photo by E.G. Suslova).

Проективное покрытие кустарникового яруса от 2 до 75% (в среднем 28%). Наиболее обычны из кустарников *Corylus avellana*, *Euonymus verrucosa* (5.3%), *Lonicera xylosteum* (5.5%), а среди древесного подроста *Acer platanoides* и *Tilia cordata*, изредка встречаются *Picea abies* (10%) и *Sorbus aucuparia* (5.5%).

Травяной ярус довольно густой и составляет в среднем 80%. Одной из особенностей данных сообществ является полидоминантность травяного покрова. К ярко выраженным доминантам можно отнести только *Carex pilosa* и *Aegopodium podagraria*, но помимо них могут преобладать и другие виды. Весной значительные по площади пятна образуют виды растений: *Anemone* spp., *Ficaria verna*, *Corydalis bulbosa.*

Наземные мхи иногда отсутствуют, в целом их пр. покрытие небольшое, варьирует от 0 до 40% (в среднем 8.3%). Чаще других видов встречаются *Atrichum undulatum* (2%), *Eurhynchium angustirete* (3.7%) и *Oxyrrhynchium hians* (1.7%).

Разнообразие. Всего в ценофлоре липняков широкотравных 204 вида: сосудистых – 157, наземных мохообразных – 47. В древесном ярусе – 13 видов, кустарниковом – 22 (9 видов кустарников, 13 деревьев), травяно-кустарничковом – 151 (18 древесных видов). В сообществах 17-50 видов, в среднем 29.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 5.1-7.3, диапазон влажности почв – 5-6.1, богатства почв минеральным азотом – 5.1-6.5. Почвы дерновые слабо-подзолистые, серые лесные.

Положение в ландшафте (рельеф). Липняки широкотравные отмечены в основном в пределах Москворецко-Окской, Заокской и Среднерусской провинций. Занимают

небольшие по площади участки и в других физико-географических провинциях, в том числе в Московской и Верхне-Волжской, в основном по долинам рек.

21) Елово-широколиственные широкотравные леса

Леса со смешанным древостоем из ели и широколиственных пород (дуба, липы, клена) и видами неморальной группы в нижних ярусах сообществ (фото 21). Близкие таксоны: *елово-липовый дубняк* (Речан и др., 1993), *ельник с липой* (Курнаев, 1968).

Сукцессионный статус. Коренные сообщества, которые при вырубках и обычно сменяются липовыми или еловыми лесами (Курнаев, 1968, Суслова, 2019).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: в нижних ярусах преобладают виды неморальной группы (55.5%), бореальные виды составляют 18%, нитрофильно-влажнотравные 10%, лугово-опушечные 9.2%. Участие других групп видов незначительно.

Фото 21. Смешанный с дубом, березой, елью, сосной и подростом клена и липы широокотравный (№ 21) в г.о. Егорьевск (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 21**. Mixed broad herb forest with oak, birch, spruce, pine and undergrowth of maple and linden in Yegoryevsk district (Photo by E.G. Suslova).

Диагностические виды: *Picea abies* (A1, A2, B), *Tilia cordata* (A2), *Dryopteris carthusiana*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Rubus idaeus*, *R. saxatilis*, *Stellaria nemorum*, *Eurhynchium angustirete* (D), *Rhodobryum roseum* (D), *Sciuro-hypnum curtum* (D).

Состав и структура

Константные виды: *Picea abies* (A1, B), *Quercus robur* (A1), *Acer platanoides* (B), *Corylus avellana* (B), *Lonicera xylosteum* (B), *Sorbus aucuparia* (B), *Tilia cordata* (B), *Aegopodium podagraria*, *Ajuga reptans, Asarum europaeum*, *Carex pilosa*, *Dryopteris carthusiana*, *D. filix-mas, Galeobdolon luteum, Pulmonaria obscura*, *Ranunculus cassubicus*, *Rubus saxatilis, Stellaria holostea*.

Доминантные виды: *Picea abies* (A1, среднее пр. покрытие 28%), *Quercus robur* (A1,

17%), *Tilia cordata* (A1, 17%), *Acer platanoides* (A2, 10%), *Picea abies* (A2, 10%), *Tilia cordata* (A2, 25%), *Acer platanoides* (B, 7%), *Corylus avellana* (B, 23%), *Padus avium* (B, 6.3%), *Picea abies* (B, 7.9%), *Tilia cordata* (B, 10%), *Aegopodium podagraria* (10%), *Ajuga reptans* (3.4%), *Asarum europaeum* (6.2%), *Carex pilosa* (28%), *Convallaria majalis* (6.2%), *Equisetum pratense* (5.7%), *Galeobdolon luteum* (17%), *Lysimachia nummularia* (8.3%), *Mercurialis perennis* (14%), *Oxalis acetosella* (9.6%), *Ranunculus cassubicus* (4.7%), *Stellaria nemorum* (6.8%).

Древостой двухъярусный, высотой 22-30 м, средняя сомкнутость крон 62%. Ель и широколиственные виды деревьев (дуб, липа и клен) в данном типе сообществ представлены во всех ярусах, но их соотношение варьирует. В верхнем древесном ярусе доли ели, дуба и липы близки. Во втором древесном ярусе наиболее часты ель, липа и клен остролистный, а дуб (A2, 5.3%) единичен. В кустарниковом ярусе наиболее обилен подрост ели, клена и липы, а в травяно-кустарничковом ярусе *Picea abies* (4.4%), *Acer platanoides* (3.8%), *Quercus robur* (4.4%) и *Tilia cordata* (4%) представлены в близких пропорциях.

Проективное покрытие кустарникового яруса от 10 до 80% (в среднем 35%). Наиболее обычны из кустарников *Corylus avellana*, *Lonicera xylosteum* (4%), а среди древесного подроста *Acer platanoides* (7%), *Tilia cordata* (10%) и *Picea abies* (8%).

Травяной ярус (пр. покрытие 68%) полидоминантный, преобладают *Carex pilosa*, *Galeobdolon luteum* и *Aegopodium podagraria,* а также в качестве доминантов может быть целый ряд неморальных видов: *Asarum europaeum, Pulmonaria obscura, Ranunculus cassubicus, Stellaria nemorum*. Из бореального мелкотравья часто отмечены *Oxalis acetosella* (9.6%), *Maianthemum bifolium* (2%) и *Rubus saxatilis* (2.8%).

Мхи покрывают 1 до 40% (в среднем 15%), наиболее часто встречаются *Atrichum undulatum* (2%)*, Eurhynchium angustirete* (4.7%) и виды рода *Plagiomnium*.

Р а з н о о б р а з и е . В ценофлоре хвойно-широколиственных лесов широкотравных 176 видов: сосудистых – 139, наземных мохообразных – 37. В древесном ярусе – 14 видов, кустарниковом – 22 (10 видов кустарников, 12 деревьев), травяно-кустарничковом – 130 (20 деревянистых видов). В сообществах 22-52 вида, в среднем 34 вида.

Э к о л о г и я . Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 4.9-7, диапазон влажности почв – 5-6.5, богатства почв минеральным азотом – 4.4-6.5. Почвы дерновые слабо-подзолистые.

П о л о ж е н и е в л а н д ш а ф т е (рельеф). Хвойно-широколиственные широкотравные леса отмечены в пределах большинства ландшафтов области, особенно часто на Клинско-Дмитровской гряде.

МЕЛКОЛИСТВЕННЫЕ ЛЕСА

Преобладание мелколиственных лесов в регионе связано с формированием молодняков на вырубках, а в последние десятилетия – с восстановительной сукцессией на месте выведенных из-под хозяйственного использования пахотных земель. Большая часть типов сообществ являются вторичными и могут развиваться в большом диапазоне экотопических условий. К коренным лесам относятся сероольховые и черноольховые сообщества в переувлажненных или долинных местообитаниях. Основным режимом, влияющим на дифференциацию состава сообществ, является увлажненность почв. Имеющиеся работы демонстрируют высокое разнообразие производных и коренных мелколиственных лесов (Ниценко, 1972; Абатуров и др., 1982, Василевич, 1996, 1998; Василевич, Щукина, 2001). Разнообразие мелколиственных лесных сообществ связано с широким экологическим ареалом берез (*B. pendula, B. pubescens*), а также приуроченностью лесов из ольхи серой и черной к переувлажнённым либо богатым приручьевым местообитаниям. В различных типах сообществ и в зависимости от экологических режимов местообитаний участие коренных

видов деревьев варьирует.

При наличии экологической толерантности вторичные мелколиственные леса из березы с осиной способны произрастать на почвах разного механического состава, влажности и богатства, создавая условия для восстановления условно-коренных сообществ. В совокупности с коренными лесами из ольхи серой и черной мелколиственные леса представлены наиболее разнообразным типологическим спектром; в составе этой формационной группы – 7 групп сообществ. По составу типы сообществ значительно отличаются по преобладанию различных эколого-ценотических групп: бореальной, неморальной, нитрофильно-влажнотравной, лугово-опушечной, олиготрофно-болотной и других (рис. 10).

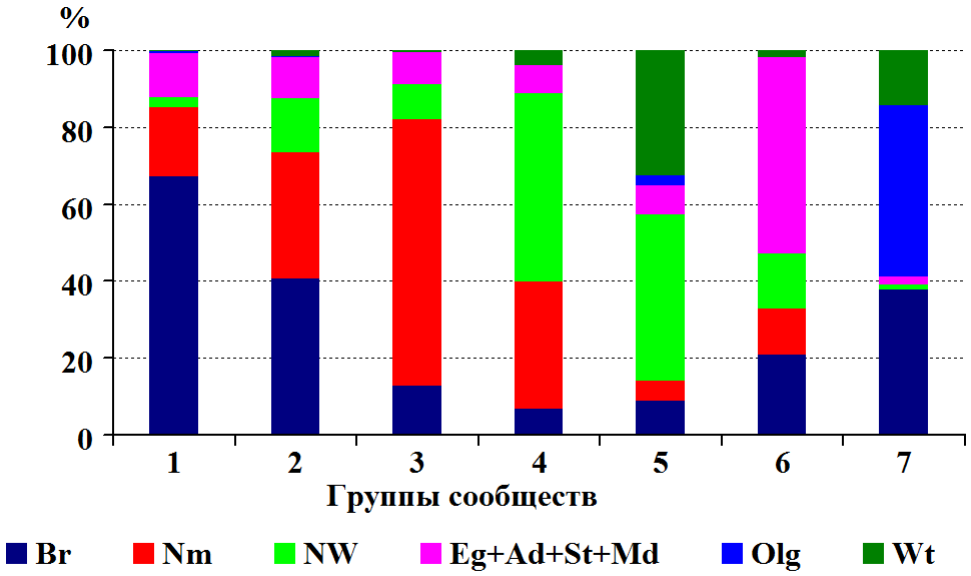


Рис. 10. Процентное соотношение эколого-ценотических групп видов в наземных ярусах мелколиственных сообществ. *Условные обозначения.* Группы сообществ: 1 – мелкотравные, 2 – мелкотравно-широкотравные, 3 – широкотравные, 4 – влажнотравно-широкотравные, 5 – травяно-болотные, 6-разнотравные, 7 – сфагновые. Эколого-ценотические группы: Br – бореальная, включающие бореальные кустарнички, неморальное мелкотравье и виды зеленых мхов; Nm – неморальное широкотравье; NW – нитрофильно-влажнотравная; Md – луговая; Eg – опушечная; St – степная; Ad – адвентивная; Olg – олиготрофно-болотная; Wt – травяно-болотная. Условные обозначения ЭЦГ как на рисунке 3. **Fig. 10.** The percentage of ecological-coenotic groups of grass-shrubs layer species in small-leaved communities. *Legend.* Communities groups: 1 – small herb; 2 – small herb-broad herb; 3 – broad herb; 4 – wet herb-broad herb; 5 – marsh herb; 6 – meadow herb; 7 – sphagnum moss. ECG are shown in Figure 3.

В мелкотравной группе наибольшую роль в составе подчиненных ярусов играет бореальная группа видов (67%), неморальная составляет только 18%. В мелкотравно-широкотравной группе это соотношение меняется – бореальные виды составляют 48%, а доля неморальных увеличивается до 39%. В широкотравной группе преобладают неморальные виды – их доля 70%, бореальные виды составляют всего 13%. Во влажнотравно-широкотравной группе доминировать начинают нитрофильно-влажнотравные виды (49%), также высока роль неморальных видов – 33%. Травяно-болотная группа отличается высоким участием нитрофильно-влажнотравных (43%) и травяно-болотных (33%) видов. В разнотравной группе преобладают лугово-опушечные виды, которые при незначительном участии адвентивных и степных (менее 1%) составляют 51%. Доля

бореальных видов в этой группе составляет 21%, а неморальных и нитрофильно-влажнотравных примерно поровну (12% и 15% соответственно). В сфагновых мелколиственных лесах преобладает олиготрофно-болотная группа (45%), также здесь высока доля бореальных (38%) и травяно-болотных (15%) видов (рис. 11).

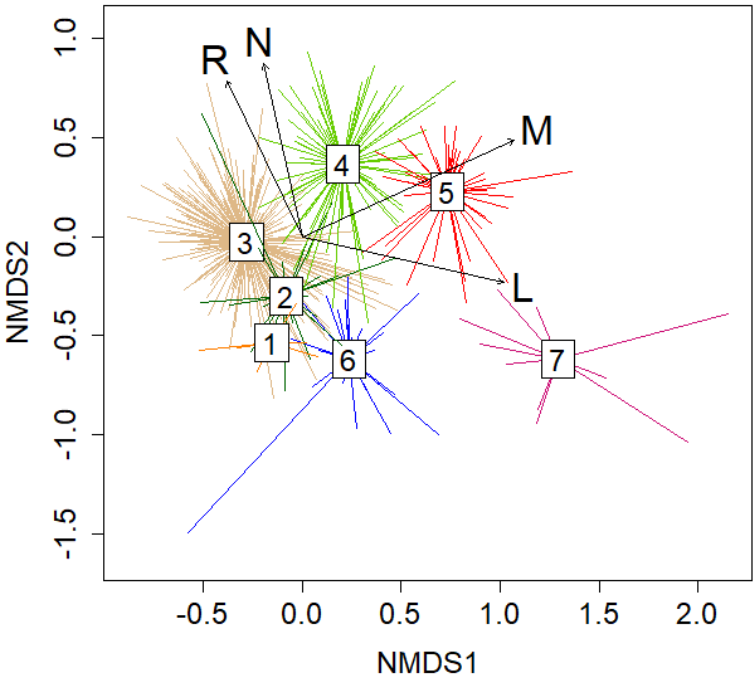


Рис. 11. Распределение мелколиственных сообществ с учетом растений подчиненных ярусов в осях NMDS ординации (названия осей даны на рисунке 4). Обозначение групп сообществ как на рисунке 10, а экологических факторов как на рисунке 4. **Fig. 11.** Distribution of small-leaved communities on NMDS ordination axes (names of axes and ecological factors are shown in Figure 4; communities groups are shown in Figure 10).

Распределение мелколиственных сообществ в ординационном пространстве отчетливо подтверждает различие их по условиям местообитаний (рис. 11). С первой осью варьирования связаны изменения влажности почв и освещенности подчиненных ярусов, со второй – кислотность и богатство почв. Наибольшая корреляция наблюдается с влажностью (R^2=0.78) почв – которая является основным дифференцирующим экологическим режимом для мелколиственных сообществ региона.

Мелколиственные леса широко распространены на территории Московской области (рис. 12). В большинстве провинций они составляют почти половину всех лесов, а в Верхне-Волжской даже более. Однако в самых южных провинциях (Заокской и Среднерусской) их участие снижается до 10% и менее. Вероятно, это связано с благоприятными условиями для ведения сельского хозяйства и высокой долей обрабатываемых земель. В результате небольшие сохранившиеся массивы лесов представляют собой широколиственные сообщества, а новые земли не зарастают мелколиственными видами деревьев.

Мелколиственные леса являются одной из самых разнообразных групп и насчитывают 12 синтаксонов в ранге групп ассоциаций. Как было сказано выше, разнообразие лесов в первую очередь связано с экологией видов берез (*Betula pendula* и *B. pubescens*), которые могут существовать в различных условиях увлажнения, богатства и кислотности почв.

22) Березовые с осиной и елью мелкотравные леса

Данная группа представлена производными лесными сообществами из берез (*Betula pendula, B. pubescens*) с примесью ели и осины в древостое и наземным покровом из преимущественно бореальных видов с отсутствием ярко-выраженных доминантов (фото 22).

С у к ц е с с и н н ы й с т а т у с: Однозначно производные сообщества на месте

вырубленных еловых и сосново-еловых мелкотравных лесов.

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: преобладает бореальная группа (50%), опушечно-луговые виды составляют 17.4%, доля неморальных – 14.7%. Доля остальных эколого-ценотических групп видов менее 7%.

Диагностические виды: *Picea abies* (A2, C), *Calamagrostis arundinacea*, *Luzula pilosa*, *Orthilia secunda*, *Sorbus aucuparia*, *Pleurozium schreberi*.

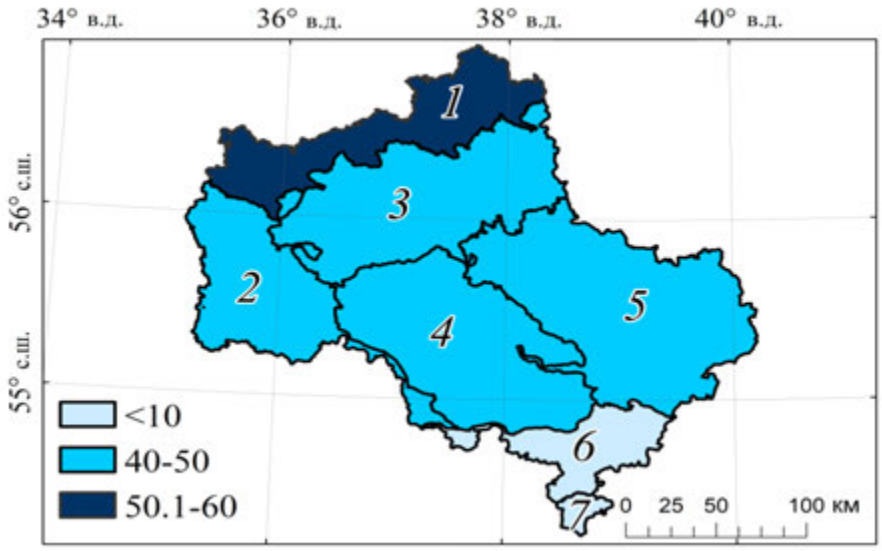


Рис. 12. Распределение мелколиственных сообществ в ФГП (в % от лесопокрытой площади). Названия провинций (1-7) даны на рисунках 1 и 8.

Fig. 12. Distribution of small-leaved communities in physical-geographical provinces (in % of the area covered with forest). The names of provinces (1-7) are shown in Figures 1 and 8.

Состав и структура

Константные виды: *Betula pendula* (A1), *Picea abies* (A2, B, C), *Corylus avellana* (B), *Sorbus aucuparia* (B, C), *Ajuga reptans, Dryopteris carthusiana, Fragaria vesca, Luzula pilosa, Maianthemum bifolium, Populus tremula* (C), *Rubus saxatilis, Stellaria holostea, Pleurozium schreberi.*

Доминантные виды: В травяно-кустарничковом ярусе встречается мало видов с высоким проективным покрытием. *Betula pendula* (A1, среднее пр. покрытие 32%), *Populus tremula* (A1, 16%), *Picea abies* (A2, 20%; C, 8.4%), *Sorbus aucuparia* (B, 7%), *Luzula pilosa* (5.6%), *Oxalis acetosella* (18%), *Pyrola rotundifolia* (13.7%).

Древостой двухъярусный, возраст 75-80 лет. Сомкнутость первого древесного яруса 45%, высота 24-30 м; сформирован березами (*Betula pendula, Betula pubescens*) с проективным покрытием 32%, осиной (16%) с примесью ели (5%) и сосны (2.5%). Второй древесный ярус образован елью (20%), с небольшим участием березы (*Betula pendula*, 3%), липы (5%) и рябины (1%).

Кустарниковый ярус выражен слабо, его пр. покрытие варьирует от 0 до 30% (в среднем 14%). Часто встречается подрост ели (11%), *Corylus avellana* (3.5%), *Sorbus aucuparia* (7%), *Frangula alnus* (7.8%). Также встречаются *Viburnum opulus*, *Padus avium*, *Lonicera xylosteum*, *Juniperus communis*; отмечен подрост широколиственных пород (5% и менее).

Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса варьирует от 30 до 80% (среднее пр. покрытие 55%). Местами высокое пр. покрытие у *Angelica sylvestris, Athyrium filix-femina, Calamagrostis arundinacea, Cerastium holosteoides, Deschampsia cespitosa, Dryopteris carthusiana, D. filix-mas, Luzula pilosa, Oxalis acetosella, Pyrola rotundifolia* (10-30%). Часто встречаются *Fragaria vesca, Maianthemum bifolium, Rubus saxatilis, Stellaria holostea, Convallaria majalis.*

Фото 22. Березовый с елью черничный лес (№ 22) в г.о. Волоколамск (фото Е.Г. Сусловой).
Photo 22. Birch with spruce and blueberry forest in Volokolamsk district (Photo by E.G. Suslova).

Мхи покрывают от 7 до 20% (в среднем 9.3%). Часто встречается *Pleurozium schreberi* (2.2%), остальные мхи присутствуют не более чем в половине описаний: *Rhytidiadelphus triquetrus* (1.7%), *Plagiomnium affine* (1.4%), *Sciuro-hypnum curtum* (1.3%).

Р а з н о о б р а з и е . Всего в ценофлоре березняков мелкотравных с елью и осиной 125 видов растений: сосудистых – 107; мохообразных – 18. В древесном ярусе – 7 видов, в кустарниковом – 12 (5 видов деревьев, 7 – кустарников), в травяно-кустарничковом – 105 (из них древесных видов – 16). В сообществах 21-60 видов, в среднем 36.

Э к о л о г и я. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 3.8-5.1, диапазон влажности почв – 4.8-7, богатства почв минеральным азотом – 3.8-5.6. Почвы суглинистые и супесчаные дерново-подзолистые без заметного оторфования и оглеения, увлажнение среднее (Ниценко, 1972).

П о л о ж е н и е в л а н д ш а ф т е (рельеф). Мелкотравные березовые сообщества встречаются на месте еловых и сосновых бореальных лесов (черничных, кисличных и др.). Таким образом, они распространены на достаточно выровненных и пониженных месообитаниях, на супесчаных и суглинистых почвах, при достаточном увлажнении (Ниценко, 1972).

23) Березовые с елью и осиной мелкотравно-широкотравные леса

Данная группа представлена производными лесными сообществами из берез (*Betula pendula, B. pubescens*) с примесью ели и осины в древостое и наземным покровом из видов таежного мелкотравья и широкотравья (фото 23).

С у к ц е с с и о н н ы й с т а т у с . Однозначно производные леса на месте субнеморальных ельников с более богатыми почвами, чем в группе мелкотравных лесов.

Д и а г н о с т и ч е с к и е п р и з н а к и

Соотношение ЭЦГ: преобладают бореальная (38%) и неморальная (30%) группы. Доля нитрофильно-влажнотравных видов составляет 13.4%, опушечно-луговых – 7.8%. Остальные группы – менее 2%.

Диагностические виды: *Picea abies* (A1, A2, B, C), *Lonicera xylosteum* (B), *Ajuga reptans*, *Athyrium filix-femina*, *Crepis paludosa*, *Dryopteris carthusiana*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Ranunculus cassubicus*, *Rubus saxatilis.*

Фото 23. Березовый с лещиной мелкотравно-широкотравный лес (№ 23) в г.о. Наро-Фоминск (фото Н.Г. Беляевой). **Photo 23**. Birch with hazel small herb-broad herb forest in Naro-Fominsk district (Photo by N.G. Belyaeva).

Состав и структура

Константные виды: *Betula pendula* и *Betula pubescens* (A), *Picea abies* (A, B, C), *Corylus avellana* (B), *Sorbus aucuparia* (B), *Ajuga reptans, Deschampsia cespitosa, Dryopteris carthusiana, Fragaria vesca, Maianthemum bifolium, Oxalis acetosella, Ranunculus cassubicus, Rubus saxatilis.*

Доминантные виды: *Betula pendula* и *B. pubescens* (A, 39%), *Picea abies* (A1, 12%; A2 – второй древесный ярус, 31%; B, 23.5%), *Populus tremula* (A, 13%), *Corylus avellana* (B, 8.4%), *Lonicera xylosteum* (B, 6.6%), *Padus avium* (6.1%), *Sorbus aucuparia* (B, 7.3%), *Aegopodium podagraria* (7.7%), *Athyrium filix-femina* (16.6%), *Calamagrostis arundinacea* (12%), *Crepis paludosa* (5.6%), *Dryopteris carthusiana* (9%), *Equisetum pratense* (6.7%), *Galeobdolon luteum* (10.8%), *Lamium album* (35%, встречается редко), *Lysimachia nummularia* (5.4%), *Oxalis acetosella* (21%), *Picea abies* (C, 10.4%), *Pyrola rotundifolia* (8.7%), *Rubus saxatilis* (9%), *Stellaria holostea* (7%), *Cirriphyllum piliferum* (7.6%).

Древостой чаще двухъярусный. Возраст первого древесного яруса 40-90 лет, сомкнутость 63%, высота 20-33 м. Состоит из берез (*Betula pendula, B. pubescens,* пр. покрытие 38.5%), ели (11.8%), осины (13.1%). Единично встречаются *Pinus sylvestris* (5.4%), *Quercus robur* (2%), *Salix caprea* (10%), *Tilia cordata* (10%). Второй древесный ярус имеет возраст 15-50 лет, сомкнутость 30%, высоту 12-20 м. Состоит преимущественно из ели (31%) с примесью *Sorbus aucuparia* (4.8%) и редко сосны (16.5%), также отмечено небольшое участие *Acer platanoides, Alnus incana, Betula pendula, Malus sylvestris, Padus avium, Populus tremula, Quercus robur, Salix caprea, Tilia cordata* с пр. покрытием меньше 2%.

Кустарниковый ярус хорошо выражен, его пр. покрытие достигает 70% (в среднем – 35%). Чаще всего и с наибольшим проективным пр. покрытием встречается подрост ели (среднее пр. покрытие 23.5%), *Corylus avellana* (8.4%), *Sorbus aucuparia* (7.3%). Подрост осины, дуба и липы в среднем составляет 2-3%. Черемуха, жимолость и крушина встречаются с пр. покрытием 6-7%.

Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 67%. Высокая встречаемость – у *Ajuga reptans, Athyrium filix-femina* (16.6%), *Convallaria majalis, Deschampsia cespitosa, Dryopteris carthusiana, Dryopteris filix-mas, Galeobdolon luteum* (11%), *Fragaria vesca, Lysimachia nummularia, Maianthemum bifolium, Oxalis acetosella* (20.9%), *Ranunculus cassubicus, Rubus saxatilis* (8.8%). Местами высокое пр. покрытие у *Aegopodium podagraria* (до 25%, среднее 7.7%), *Calamagrostis arundinacea* (среднее 12.2%), *Crepis paludosa* (5.6%), *Equisetum pratense* и *E. sylvaticum* (6.7% и 4.7% соответственно).

Мхи покрывают от 5 до 60% (в среднем – 22%). В некоторых сообществах высоко участие *Cirriphyllum piliferum* (до 50%, в среднем – 7.6%). Виды *Eurhynchium angustirete, Hylocomium splendens, Plagiomnium affine, Pleurozium schreberi, Rhytidiadelphus triquetrus* встречаются в некоторых сообществах с пр. покрытием 10%.

Разнообразие. Всего в ценофлоре березняков с елью и осиной мелкотравно-широкотравных 206 видов растений: сосудистых – 168, мохообразных – 38. В древесном ярусе – 13 видов, кустарниковом – 23 (14 видов кустарников, 9 – деревьев), травяно-кустарничковом – 161 (18 древесных видов). В сообществах 13-56 видов, в среднем – 37.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 3.7-6.2, диапазон влажности почв – 5.1-7.5, богатства почв минеральным азотом – 3.7-6. Почвы дерновые среднеподзолистые, оглеенные по понижениям. Степень оподзоленности зависит от положения в рельефе.

Положение в ландшафте (рельеф). Мелкотравно-широкотравные березовые леса встречаются в чуть более богатых местообитаниях, чем мелкотравные и очень широко распространены в регионе. Они отмечаются на склонах моренных холмов, а также на водосборных поверхностях.

24) Березовые с елью, дубом и липой широкотравные

Мелколиственные производные леса со значительным участием ели, липы, дуба, клена лещиновые широкотравные. Липа и клен обильно представлены во всех ярусах (фото 24).

Сукцессионный статус. Березняки с елью, дубом и липой широкотравные являются производными сообществами нескольких типов условно-коренных лесов: еловых, сосново-еловых, хвойно-широколиственных, дубовых и липовых широкотравных лесов. А.А. Ниценко (1972) относит данные сообщества к мезофильным березнякам богатых почв и отмечает, что они сменяют неморальные ельники, в том числе с кислицей, а также широколиственные леса. Ю.Д. Абатуров с соавторами (1982) считает данные сообщества производными от ельников неморальных.

Диагностические признаки.

Соотношение ЭЦГ: преобладает неморальная группа (65.2%), доля бореальной – 12.7%.

Остальные группы составляют менее 10%, из них наибольшее участие у опушечно-луговой – 8.2% и нитрофильной – 7.9%.

Диагностические виды: *Quercus robur* (A1, 35%), *Acer platanoides* (B, 27%), *Tilia cordata* (B, 26%), *Corylus avellana* (B, 56%), *Acer platanoides* (C, 33%), *Aegopodium podagraria* (47%), *Asarum europaeum* (46%), *Carex pilosa* (51%), *Galeobdolon luteum* (42%), *Lathyrus vernus* (41%), *Pulmonaria obscura* (53%), *Ranunculus cassubicus* (40%), *Stellaria holostea* (37%).

Фото 24. Березовый с осиной и подростом липы и дуба широкотравный лес волосистоосоковый, (№ 24) в г.о. Одинцово (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 24.** Birch with aspen and linden-oak undergrowth broad herb forest in Odintsovo district (Photo by E.G. Suslova).

Состав и структура

Константные виды: *Betula pendula* и *Betula pubescens* (A), *Corylus avellana* (B), *Picea abies* (B), *Ajuga reptans*, *Asarum europaeum*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *Galeobdolon luteum*, *Ranunculus cassubicus*, *Rubus saxatilis*, *Stellaria holostea.*

Доминантные виды: *Acer platanoides* (A1, 11%; A2, 10%; B, 6.7%), *Aegopodium podagraria* (12%), *Ajuga reptans* (4%), *Alnus incana* (A1, 18%; B, 11.5%); *Anemone nemorosa* (23.8%), *A. ranunculoides* (11.4%), *Asarum europaeum* (5.8%), *Athyrium filix-femina* (5.2%), *Atrichum undulatum* (3.1%), *Betula pendula* и *B. pubescens* (A1, 40%; A2, 10%; B, 5.5%), *Brachypodium pinnatum* (10%), *Calamagrostis arundinacea* (5.6%), *Carex pilosa* (32.4%), *Carex sylvatica* (4.2%), *Corylus avellana* (B, 25%), *Deschampsia cespitosa* (3.6%), *Dryopteris carthusiana* (4.3%), *D. filix-mas* (4%), *Equisetum pretense* (4.4%), *E. sylvaticum* (3%), *Filipendula ulmaria* (2.6%), *Galeobdolon luteum* (16.5%), *Geranium robertianum* (22.5%), *Geum rivale* (4%), *Geum urbanum* (4.6%), *Glechoma hederacea* (6%), *Lysimachia nummularia* (4.3%), *Mercurialis perennis* (6.1%), *Oxalis acetosella* (10%), *Padus avium* (B, 6.4%), *Picea abies* (A1, 8%; A2, 17%; B, 12%), *Pinus sylvestris* (A1, 6.3%), *Populus tremula* (A1, 12.3%; A2, 9.6%, B, 5.2%; C, 3.6%), *Pulmonaria obscura* (10%), *Quercus robur* (A1, 7.3%; A2, 7%), *Ranunculus cassubicus* (3.7%), *Rubus idaeus* (5.7%), *Salix caprea* (A1, 9.4%; B, 7%), *Sorbus aucuparia* (B, 7.5%), *Stellaria holostea* (7%),

Stellaria nemorum (9.9%), *Tilia cordata* (A1, 11.3%; A2, 18.6%, B, 10.7%), *Ulmus glabra* (B, 15.5%), *Urtica dioica* (3.1%), *Veronica chamaedrys* (3.1%). В одном из описанных локалитетов на юго-востоке области обильна *Dentaria bulbifera* (30%), редко встречается «беглец из культуры» – *Swida alba* (B, 60%).

Древостой чаще двухъярусный, первый древесный ярус возрастом 20-100 лет, сомкнутость 59%, высота 10-35 м. Состоит из берез (*Betula pendula* и *Betula pubescens*), среднее пр. покрытие – 39% с примесью *Acer platanoides* (11%), *Alnus incana* (18%), *Picea abies* (8%), *Pinus sylvestris* (6.3%), *Populus tremula* (12.3%), *Quercus robur* (7.3%), *Salix caprea* (9.4%), *Tilia cordata* (11.3%). Второй древесный ярус, в случае выраженности, сложен *Picea abies* (17%), иногда с высоким пр. покрытием отмечены *Acer platanoides* (10%), *Betula pendula* и *Betula pubescens* (10%), *Populus tremula* (9.6%), *Quercus robur* (7%), *Tilia cordata* (18.6%).

Кустарниковый ярус очень хорошо выражен, его пр. покрытие от 0 до 90% (среднее 40.3%). Чаще всех и с наибольшим пр. покрытием отмечены *Corylus avellana* (25%) и подрост *Picea abies* (12%). Иногда высокое участие у подроста *Acer platanoides* (6.7%), *Alnus incana* (11.5%), *Betula pendula* и *B. pubescens* (5.5%), *Populus tremula* (5.2%), *Tilia cordata* (10.7%), *Ulmus glabra* (15.5%). Среди кустарников обычны *Frangula alnus* (3.5%), *Lonicera xylosteum* (4%), *Sorbus aucuparia* (7.5%).

Травяно-кустарничковый ярус покрывает от 10 до 95%, среднее пр. покрытие – 66.4%. Часто встречается *Aegopodium podagraria* (12%), *Ajuga reptans* (4%), *Asarum europaeum* (6%), *Athyrium filix-femina* (5.2%), *Carex pilosa* (32.4%), *Dryopteris carthusiana* (4.3%), *Dryopteris filix-mas* (4%), *Fragaria vesca* (3%), *Galeobdolon luteum* (16.5%), *Lathyrus vernus* (2.6%), *Paris quadrifolia* (1.2%), *Pulmonaria obscura* (10%), *Ranunculus cassubicus* (3.7%), *Rubus saxatilis* (3.7%), *Stellaria holostea* (7%). Иногда с высоким пр. покрытием отмечены *Anemone nemorosa* (23.8%) и *A. ranunculoides* (11.4%), а также *Brachypodium pinnatum* (10%), *Geranium robertianum* (22.5%), *Mercurialis perennis* (6%), *Oxalis acetosella* (10%) и *Stellaria nemorum* (10%).

Мохово-лишайниковый ярус выражен слабо (от 0 до 50%, в среднем – 8.5%). Чаще всех встречаются неморальные мхи – *Atrichum undulatum* (3.1%), *Cirriphyllum piliferum* (1.2%), *Plagiomnium cuspidatum* (1.2%). В некоторых сообществах с пр. покрытием от 10 до 20% отмечены *Eurhynchium angustirete* (среднее 3.7%), *Plagiomnium affine* (3.4%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (2.3%).

Разнообразие. Всего в ценофлоре березняков широкотравных 312 видов растений: сосудистых – 255, мохообразных – 57. В древесном ярусе – 18 видов, кустарниковом – 29 (13 видов деревьев, 16 – кустарников), травяно-кустарничковом – 252 (26 древесных видов). В сообществах 14-65 видов, в среднем 35.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 4.4-7.3, диапазон влажности почв – 4.9-6.8, богатства почв минеральным азотом – 4-6.6. Почвы среднедерновые слабоподзолистые суглинистые, иногда оглеенные супесчаные (Коновалов, 1929; Лысиков, 2006)

Положение в ландшафте (рельеф). Березовые с елью, дубом и липой широкотравные леса встречаются на возвышенных и выпуклых моренных формах рельефа, также отмечены на моренно-водноледниковых равнинах, однако предпочитают хороший дренаж и богатые почвы. Отмечается, что эти леса также приурочены к покатым верхним участкам склонов приводосборных пространств и надопойменным террасам мелких водотоков (Абатуров и др., 1982).

25) Березовые влажнотравно-широкотравные леса

Березняки с осиной, ольхой серой, ивой козьей, елью, влажнотравьем, папоротниками и

неморальными видами (фото 25). Для Северо-Запада России В.И. Василевич (1996) выделяет одноименный тип березовых лесов (березняки влажнотравные, Lysimachio-Betuletum), которые по составу по многом аналогичны описываемой группе, но в них значительно меньше неморальных видов и больше бореальных. По его мнению, такие сообщества распространены более в средней тайге и редки в южной тайге и подзоне хвойно-широколиственных лесов. Однако в Московской области березняки влажнотравные не являются редкими, хотя и занимают небольшие площади, но встречаются спорадически, и в них существенно больше видов неморальной группы. Березняки таволговые, таволгово-крупнопапоротниковые (Ниценко, 1972).

Сукцессионный статус. Являются производными сообществами (Ниценко, 1972).

Диагностические признаки

Диагностические виды: *Ajuga reptans, Corylus avellana* (B), *Convallaria majalis*, *Fragaria vesca*, *Paris quadrifolia*.

Соотношение ЭЦГ: в нижних ярусах преобладают неморальные виды (32.1.9%); близкие доли у бореальных (21.9%), и нитрофильно-влажнотравных (22.2%) групп видов. Лугово-опушечные виды составляют 13.1%, водно-болотные – 5.3%.

Фото 25. Березовый с осиной влажнотравно-широкотравный лес (таволговый; № 25) в г.о. Можайский (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 25**. Birch with aspen wet herb-broad herb (*Filipendula ulmaria*) forest in Mozhaysk district (Photo by E.G. Suslova).

Состав и структура

Константные виды: *Betula pendula* (A), *Corylus avellana* (B), *Convallaria majalis*, *Deschampsia cespitosa*, *Dryopteris carthusiana*, *Filipendula ulmaria*, *Frangula alnus* (B), *Geum rivale, Picea abies* (B).

Доминантные виды: *Alnus incana* (A1, 10%), *Betula pendula* (A1, в среднем – 40%),

B. pendula (A2, 17%), *Athyrium filix-femina* (16%), *Calamagrostis arundinacea* (40%), *Corylus avellana* (B, 12%), *Crepis paludosa* (14%), *Deschampsia cespitosa* (10%), *Dryopteris carthusiana* (6.2%), *Equisetum pratense* (10%), *E. sylvaticum* (5.1), *Filipendula ulmaria* (13%), *Frangula alnus* (B, 7.5%), *Geum rivale* (30%), *Impatiens noli-tangere* (27%), *Padus avium* (B, 16%), *Picea abies* (A2, 20%; B, 12%), *Populus tremula* (A1, 17%), *Pulmonaria obscura* (25%), *Rubus idaeus* (8.8%), *Salix caprea* (A1, 25%).

Древостой чаще двухъярусный, сомкнутость 58%, высота 15-30 м (в среднем – 25 м). Первый древесный ярус образован березой повислой с осиной, иногда осина преобладает в первом древесном ярусе, но тогда береза обильна во втором. Во втором древесном ярусе часто встречаются ель и береза повислая. Как в первом, так и во втором древесном ярусах единичны *Alnus incana* (A1, 10%; A2, 6.2%), *Quercus robur* (A1, 7.6%; A2, 2%), *Salix caprea* (A1, 25%; A2, 1%).

Кустарниковый ярус редкий, его пр. покрытие от 5 до 60% (в среднем – 32%). Часто встречаются *Corylus avellana*, *Frangula alnus*, *Sorbus aucuparia* (8%), подрост ели, березы повислой (1.8%), изредка *Padus avium*, подрост дуба (2%), липы (2.8%), осины (1.3%).

Травяной покров двухъярусный, общее пр. покрытие составляет 67%. В верхнем травяном ярусе преобладают *Filipendula ulmaria*, папоротники (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas* (3%), *D. carthusiana*), изредка отмечены пятна *Urtica dioica* (11%). Во втором травяном ярусе наиболее часто встречаются *Ajuga reptans* (4.6%), *Convallaria majalis* (1.2%), *Deschampsia cespitosa, Fragaria vesca* (3.7%), *Geum rivale, Ranunculus repens* (3%); из бореальных видов наиболее часты хвощи *(Equisetum sylvaticum, E. pratense*), *Luzula pilosa* (1.4%) и *Rubus saxatilis* (2.3%). Часто отмечен подрост дуба (1%), рябины (1%) и осины (1%).

Проективное покрытие наземных мхов от 1 до 70% (в среднем 18%). Наиболее часто втречаются *Atrichum undulatum* (5.7%), *Cirriphyllum piliferum* (2.4%), изредка *Brachythecium rutabulum* (2.5%), *Climacium dendroides* (1.4%), *Oxyrrhynchium hians* (1.4%), *Plagiomnium cuspidatum* (1.4%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (3.6%), *Sciuro-hypnum curtum* (1.5%).

Р а з н о о б р а з и е . В ценофлоре березняков влажнотравных 180 видов: сосудистых – 142, наземных мохообразных – 38. В древесном ярусе – 10 видов, кустарниковом – 23 (9 видов кустарников, 14 деревьев), травяно-кустарничковом – 133 (14 древесных видов). В сообществах 24-53 вида, в среднем 36.

Э к о л о г и я . Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 4.1-6.4, диапазон влажности почв – 5.9-7.2, богатства почв минеральным азотом – 4-6.2.

П о л о ж е н и е в л а н д ш а ф т е (рельеф). Березняки влажнотравные отмечены в пределах практически всех ландшафтов. Занимают небольшие по площади участки в западинах, лощинообразных понижениях.

26) Березовые травяно-болотные леса

Заболоченные березняки с видами водно-болотной группы и таволгой (фото 26).

Б л и з к и е т а к с о н ы . Широко распространенный тип заболоченных березовых лесов, который в зависимости от зонального расположения отличается соотношением основных групп видов. Для северо-запада России описан березняк таволговый (Filipendulo-Betuletum; Василевич, 1997), но в отличие от водно-болотных березняков, с меньшим участием нитрофильно-влажнотравных осок. Для Верхне-Волжского региона Ю.Д. Абатуров и соавторы (1982) приводят березняк вейниково-таволговый, осоково-таволговый, которые отнесены ими к березнякам травяно-болотной группы. А.А. Ниценко (1972) выделяет березняки кочкарноосоковые.

С у к ц е с с и о н н ы й с т а т у с . Можно считать условно коренными сообществами, хотя существует и другая точка зрения, по которой все березовые леса считаются

производными (Абатуров и др., 1982).

Диагностические признаки.

Соотношение ЭЦГ: наибольшая доля у водно-болотной группы (26.3%), нитрофильно-влажнотравная составляет 20%; бореальные виды значительно преобладают по сравнению с неморальными (21% и 9.6% соответственно), лугово-опушечная составляет 10%. Участие других групп видов незначительно.

Диагностические виды: *Calamagrostis canescens*, *Carex elongata*, *C. vesicaria*, *Lysimachia vulgaris*.

Фото 26. Березовый травяно-болотный лес (№ 26) в г.о. Щелково (фото Е.Г. Сусловой).
Photo 26. Birch marshy herb forest in Shchelkovo district (Photo by E.G. Suslova).

Состав и структура

Константные виды: *Betula pubescens* (A1), *Picea abies* (B), *Frangula alnus* (B), *Lysimachia vulgaris, Calamagrostis canescens, Filipendula ulmaria, Deschampsia cespitosa, Dryopteris carthusiana, Carex vesicaria, Climacium dendroides*.

Доминантные виды: *Betula pubescens* (A1, в среднем – 43%; A2, 20%), *Betula pendula* (A1, 50%), *Populus tremula* (A1, 25%), *Picea abies* (A1, 15.3%; A2, 21.2%; B, 17.6%), *Sorbus aucuparia* (B, 13.6%), *Frangula alnus* (B, 78%), *Carex elongata* (19%), *Filipendula ulmaria* (23.6%), *Phragmites australis* (20%), *Lysimachia nummularia* (17.6%), *Calamagrostis canescens* (18.4%), *Deschampsia cespitosa* (11.5%), *Carex acuta* (16%), *Calamagrostis arundinacea* (30%), *Geum rivale* (90%), *Scirpus sylvaticus* (12%), *Carex vesicaria* (6.5%), *Sphagnum* spp. (23.4%), *Polytrichum commune* (27.5%)

Древостой чаще одноярусный, сомкнутость 64%, высота 20 м, образован березой пушистой, гораздо реже березой повислой, с примесью осины (25%), изредка ольхи черной (14%). Другие древесные виды единичны: *Padus avium* (7%), *Salix caprea* (10%) и *S. pentandra* (7%). В ряде случаев можно выделить второй древесный ярус из *Picea abies* (21%).

Проективное покрытие кустарникового яруса от 10 до 50% (в среднем – 28.5%). Обычна *Frangula alnus*, хотя и с небольшим пр. покрытием (7.8%), часто встречаются *Salix cinerea* (6.6%), подрост ели (17.6%).

Проективное покрытие травяного яруса составляет 83%. Преобладают *Filipendula*

ulmaria, *Calamagrostis canescens, Phragmites australis* (20%) осоки, образующие кочки (*Carex acuta, C. appropinquata, C. elongata*), часто встречается *Deschampsia cespitosa* (11.5%). Между кочками произрастают *Carex vesicaria* (6.5%), *Scirpus sylvaticus* (12%), *Ranunculus repens* (6.6%); изредка встречаются *Comarum palustre* (6.3%), *Caltha palustris* (1.8%), *Thyselium palustre* (3.2%), на приствольных повышениях – *Athyrium filix-femina* (10%), *Dryopteris carthusiana* (4%), *Geum rivale* (9%). Из бореальных видов обычны *Lysimachia vulgaris* (6.6%), *Equisetum sylvaticum* (7.3%).

Проективное покрытие наземных мхов от 10 до 70% (в среднем – 32%). Чаще других видов встречаются *Climacium dendroides* (4.3%) и *Aulacomnium palustre* (8.5%). На приствольных повышениях отмечаются бореальные зеленые мхи *Pleurozium schreberi* (4%) и *Dicranum scoparium* (2.5%), в ложбинах между ними – гипновые мхи (*Calliergon giganteum* – 9%, *Calliergonella cuspidata* – 5%) или виды рода *Sphagnum* (23%), иногда в понижениях стоит вода.

Разнообразие. Всего в ценофлоре березняков водно-болотных 191 вид: сосудистых – 154, наземных мохообразных – 37. В древесном ярусе – 11 видов, кустарниковом – 20 (13 видов кустарников, 7 деревьев), травяно-кустарничковом – 145 (12 древесных видов). В сообществах 24-68 видов, в среднем – 34 вида.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 4-6.7, диапазон влажности почв – 6.8-8.7, богатства почв минеральным азотом – 3.7-6.1. Почвы перегнойно-глеевые.

Положение в ландшафте (рельеф). Березняки водно-болотные не часты в Московской области. Занимают небольшие по площади участки в западинах и слабопроточных ложбинах, лощинообразных понижениях, с близким залеганием грунтовых вод.

27) Березовые с елью и осиной разнотравные леса

Производные нарушенные мелколиственные леса с елью, рябиной, ивой козьей разнотравные (фото 27).

Сукцессионный статус: однозначно производные нарушенные мелколиственные леса с на месте вырубленных еловых, при этом скорее всего продолжается рекреационное воздействие, есть признаки пожаров и замусоривания.

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: преобладает опушечно-луговая группа видов (48.1%), бореальная составляет 17.9%, нитрофильно-влажнотравная и неморальная – по 13.5%. Остальные группы слабо представлены, однако отмечается присутствие лугово-степных видов – 2.2%.

Диагностические виды: *Salix caprea* (A1), *Angelica sylvestris*, *Campanula patula*, *Chamaenerion angustifolium*, *Deschampsia cespitosa*, *Fragaria vesca*, *Galium mollugo*, *Geum rivale*, *Taraxacum officinale*, *Urtica dioica*, *Veronica chamaedrys*.

Состав и структура

Константные виды: *Deschampsia cespitosa.*

Доминантные виды: *Betula pendula* и *B. pubescens* (A1, среднее пр. покрытие 43%; B, 10%), *Populus tremula* (A1, 13.2%), *Salix caprea* (A1, 15%), *Picea abies* (A2, 16%; B, 13.6%; C, 10.5%), *Sorbus aucuparia* (A2, 10.3%), *Frangula alnus* (B, 6.8%), *Sambucus racemosa* (B, 14%), *Athyrium filix-femina* (9.9%), *Bromopsis inermis* (18.5%), *Calamagrostis arundinacea* (14%), *Calamagrostis epigeios* (15.4%), *Chamaenerion angustifolium* (14%), *Deschampsia cespitosa* (17.4%), *Festuca ovina* (25%), *Festuca rubra* (20%), *Fragaria vesca* (17.8%), *Geum rivale* (5.3%), *Lysimachia nummularia* (9.2%), *Poa pratensis* (8%), *Rubus idaeus* (8.5%), *Veronica chamaedrys* (3.8%), *Cirriphyllum piliferum* (7.8%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (19%).

Древостой как одноярусный, так и двухъярусный. Первый древесный ярус имеет возаст

20-80 лет, сомкнутость 56%, высоту 15-30 м. Состоит из берез *Betula pendula* и *B. pubescens* (пр. покрытие 43%), с примесью *Populus tremula* (13.2%) и *Salix caprea* (15%). Единично встречаются ель (2%), сосна (2.7%), дуб (5%). Второй древесный ярус (если он выражен), имеет возраст 20-60 лет, сомкнутость 20%, высота 10-24 м. В этом древесном ярусе отмечены *Picea abies* (16%), *Betula pendula* и *Betula pubescens* (8.4%), *Populus tremula* (10%), *Sorbus aucuparia* (10.3%), *Salix caprea* (3.4%), *Alnus incana* (2%), *Tilia cordata* (1.7%), *Quercus robur* (1%).

Фото 27. Березовый разнотравный лес (травяно-злаковый) (№ 27) в г.о. Раменский (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 27.** Birch meadow herb and herbs-gramineus forest in Ramensky district (Photo by E.G. Suslova).

Кустарниковый ярус чаще слабо выражен, однако в редких случаях его пр. покрытие достигает 70% (в среднем 17.7%). В некоторых сообществах высоко участие подроста ели (пр. покрытие до 50%, среднее – 13.6%), часто встречаются *Frangula alnus* (6.8%), *Sorbus aucuparia* (7.4%), *Padus avium* (5%), *Corylus avellana* (4%), подрост осины (4%). В некоторых сообществах высоко участие подроста берез (пр. покрытие до 30%, среднее – 10%). Широколиственные виды деревьев (*Tilia cordata*, *Quercus robur*) встречаются редко с пр. покрытием 2-2.5%.

Травяно-кустарничковый ярус хорошо выражен, его среднее пр. покрытие 70.4%. Часто встречаются *Angelica sylvestris, Fragaria vesca* (17.8%)*, Veronica chamaedrys, Deschampsia cespitosa* (17.4%), *Chamaenerion angustifolium* (14%), *Athyrium filix-femina* (9.9%), *Lysimachia nummularia* (9.2%), *Ajuga reptans, Convallaria majalis*, *Dryopteris carthusiana*, *Solidago virgaurea*, *Taraxacum officinale*, *Urtica dioica*, *Geum rivale*, *Lysimachia vulgaris*. В некоторых сообществах доминантами являются *Calamagrostis arundinacea* (14%), *Calamagrostis epigeios* (15.4%), *Festuca rubra* (20%), *Bromopsis inermis* (18.5%), *Poa pratensis* (8%), *Rubus idaeus* (8.5%). Южнее изредка отмечена *Fragaria viridis* (25%).

Мхи покрывают от 0 до 50%, но в среднем моховой покров слабо выражен (среднее пр.

покрытие 11%). В некоторых сообществах с пр. покрытием 10% и выше встречаются *Abietinella abietina, Atrichum undulatum, Brachythecium salebrosum, Cirriphyllum piliferum, Climacium dendroides, Oxyrrhynchium hians, Plagiomnium cuspidatum, Plagiomnium medium, Rhytidiadelphus triquetrus*

Разнообразие. Всего в ценофлоре березняков разнотравных 241 вид: сосудистых – 214, мохообразных – 27. В древесном ярусе – 10 видов, кустарниковом – 25 (15 видов кустарников, 10 деревьев), травяно-кустарничковом – 204 (16 древесных видов). В сообществах 14-57 видов, в среднем – 37.

Экология: Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 3.9-7.3, диапазон влажности почв – 4.2-6.7, богатства почв минеральным азотом – 3.2-6.8. Почвы среднедерновые, слабоподзолистые суглинистые и супесчаные (Лысиков, 2006).

Положение в ландшафте (рельеф). Данные сообщества зачастую испытывают рекреационную, а в прошлом и хозяйственную (выпас, сенокошение) нагрузку. Эти леса не приурочены к определенным элементам лнадшафта и встречаются в условиях слабого и среднего увлажнения повсеместно, преимущественно на переферии лесных массивов.

28) Березовые кустарничково-травяно-сфагновые леса

Заболоченные березняки с бореальными или олиготрофными болотными кустарничками и моховым покровом из видов родов *Sphagnum* или *Polytrichum* (фото 28). Близкие таксоны: *березняки долгомошно-сфагново-черничные, долгомошно-мелкоосоковые, долгомошно-сфагново-кустарничковые, сфагново-пушицевые* (Ниценко, 1972).

Сукцессионный статус. Считаются производными сообществами, возникшими на месте долгомошных и сфагновых хвойных лесов (Ниценко, 1972; Абатуров и др., 1982), а также при зарастании переходных болот после пожаров.

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: в нижних ярусах близки доли водно-болотных (31.7%), олиготрофно-кустарничковых (29.9%) и бореальных (26.7%) групп видов. Участие других групп видов незначительно.

Диагностические виды: *Betula pubescens* (A), *Salix cinerea* (B), *Aulacomnium palustre* (D), *Carex lasiocarpa*, *C. nigra*, *C. rostrata*, *Chamaedaphne calyculata, Eriophorum vaginatum, Juncus tenuis, Polytrichum commune, Selinum carrvifolia, Vaccinium myrtillus, V. uliginosum*.

Состав и структура

Константные виды: *Betula pubescens* (A, B, C), *Aulacomnium palustr*e (D), *Carex nigra*, *Eriophorum vaginatum, Picea abies* (B)*, Polytrichum commune* (D), *Salix cinerea* (B), *Vaccinium myrtillus*.

Доминантные виды: *Betula pubescens* (A, среднее пр. покрытие 37%), *Picea abie*s (A, 27%), *Frangula alnus* (B, 17%), *Picea abie*s (B, 14%), *Salix cinerea* (B, 11%), *Calamagrostis canescens* (13%), *Carex lasiocarpa* (14%), *Chamaedaphne calyculata* (18%), *Eriophorum vaginatum* (27%), *Ledum palustre* (35%), *Phragmites australis* (13%), *Polytrichum commune* (D, 15%), *Sphagnum magellanicum* (D, 18%), *Sphagnum* spp. (D, 60%), *Vaccinium myrtillus* (12%).

Древостой одноярусный, сомкнутость 50%, высота 15-20 м. Преобладает береза пушистая, изредка примесь составляют сосна (7.8%), ель или осина (A, 25%).

Кустарниковый ярус большей частью редкий (10-25%), хотя в единичных описаниях его пр. покрытие достигает 60% (в среднем 30%). Обычна *Frangula alnus* и *Picea abies*, часто встречается *Salix cinerea*.

Проективное покрытие травяного покрова составляет 65%. Преобладают олиготрофные болотные кустарнички или травы: *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium uliginosum* (11%),

Eriophorum vaginatum, *Carex lasiocarpa* (14%).

Проективное покрытие наземных мхов от 70 до 90 % (в среднем 85%). Основу мохового покрова составляют виды рода *Sphagnum* (61%) и *Polytrichum commune* (15%), часто, но с небольшим пр. покрытием встречается *Aulacomnium palustre* (6.6%), *Climacium dendroides* (4.2%).

Фото 28. Березовый с сосной молиниево-кустарничково-сфагновый лес (№ 28) в г.о. Лотошино (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 28**. Pine-birch dwarf shrubs-sphagnum mosses with *Molinia coerulea* forest in Lotoshino district (Photo by E.G. Suslova).

Разнообразие. В ценофлоре березняков сфагновых 75 видов: сосудистых – 63, наземных мохообразных – 12. В древесном ярусе – 4 вида, кустарниковом – 9 (4 вида кустарников, 5 деревьев), травяно-кустарничковом – 60 (8 деревянистых видов). В сообществах 13-34 видов, в среднем 23.3.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 2.3-4.1, диапазон влажности почв – 6.8-8.6, богатства почв минеральным азотом – 2.1-4.1. Почвы торфянисто-глеевые (Коновалов, 1929)

Положение в ландшафте (рельеф). Березняки сфагновые отмечены в пределах многих областей, чаще всего они представлены в Верхне-Волжской, Мещерской, Смоленской и Московской провинциях, где занимают небольшие по площади участки в западинах на водосборах, озерных котловинах, по окраинам болот, а также в заболоченных долинах рек.

29) Осиновые с елью, липой и дубом широкотравные леса

Мелколиственные леса с елью и дубом, участием других широколиственных пород, обилием видов широкотравья и папоротников в нижних ярусах (фото 29). В работе, посвященной осинникам Клинско-Дмитровской гряды, К.В. Киселева (1965) относит данный тип осинников к типу Tremuletum asperulosum odoratae.

Сукцессионный статус. Наличие в древостое широколиственных видов деревьев, а в травяном покрове видов дубравного широкотравья однозначно указывает на производный характер данных сообществ. О состоянии демутационного преобразования данного типа осинников в возрасте 80-100 лет в дубраву или в смешанный елово-дубовый лес свидетельствует материалы наблюдений К.В. Киселевой (1962, 1965).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: абсолютно преобладает неморальная группа (51.2%), доля бореальной составляет 17.2%, лугово-опушечной – 15%, нитрофильно-влажнотравной – 6.3%. Участие остальных эколого-ценотических групп 5% и менее.

Диагностические виды: *Populus tremula* (A1, 33), *Corylus avellana* (B, 26), *Aegopodium podagraria* (24), *Galeobdolon luteum* (24).

Фото 29. Осиновый с лещиной широкотравный лес (№ 29) в г.о. Раменский (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 29**. Aspen with hazel broad herb forest in Ramensky district (Photo by E.G. Suslova).

Состав и структура

Константные виды: *Populus tremula* (A1), *Betula pendula* и *Betula pubescens* (A1), *Picea abies* (B), *Corylus avellana* (B), *Lonicera xylosteum* (B), *Ajuga reptans*, *Asarum europaeum*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *D. filix-mas*, *Galeobdolon luteum*, *Ranunculus cassubicus*.

Доминантные виды: *Populus tremula* (A1, среднее пр. покрытие 40%), *Betula pendula* и *Betula pubescens* (A1, 9.4%; A2, 11%), *Tilia cordata* (A1, 10.7%; A2, 12.6%), *Quercus robur* (A1, 7.4%; B, 4%), *Picea abies* (A2, 16.6%; B, 10.4%), *Acer platanoides* (A2, 8.3%; B, 5.7%), *Corylus avellana* (B, 31%), *Padus avium* (B, 9.7%), *Carex pilosa* (30%), *Aegopodium podagraria* (17%), *Galium odoratum* (11.8%), *Pulmonaria obscura* (11.4%), *Galeobdolon luteum* (16%), *Calamagrostis arundinacea* (10%), *Mercurialis perennis* (13.6%), *Athyrium filix-femina* (7%), *Dryopteris filix-mas* (4.4%), *Glechoma hederacea* (8%), *Gymnocarpium dryopteris* (4.8%), *Stachys sylvatica* (4.8%), *Convallaria majalis* (4%), *Geum urbanum* (3.2%), *Equisetum pratense* (3.6%).

Древостой чаще двухъярусный, возраст первого древесного яруса – 10-110 лет (в среднем – 70 лет), сомкнутость – 57%, высота – 10-33 м. Состоит из *Populus tremula* (40.5%) с примесью *Betula pendula* и *B. pubescens* (9.4%), *Tilia cordata* (10.7%), *Quercus robur* (7.4%) и *Picea abies* (6.8%). Встречаются *Acer platanoides* (3.3%), *Alnus incana* (6.2%), *Ulmus glabra* (8%), *Ulmus laevis* (2%). Второй древесный ярус сформирован *Picea abies* (16.6%) с примесью *Betula pendula* и *B. pubescens* (11%), *Tilia cordata* (12.6%), *Acer platanoides* (8.3%). Отмечены также *Populus tremula* (7.8%), *Quercus robur* (5%), *Ulmus glabra* (7.2%). Остальные виды деревьев представлены единично с небольшим пр. покрытием.

Кустарниковый ярус выражен очень хорошо. Его пр. покрытие – от 2 до 90% (в среднем – 42.8%). Чаще других видов и с наибольшим пр. покрытием встречается *Corylus avellana* (31%) и подрост *Picea abies* (10.4%). Также часто отмечается подрост *Quercus robur* (4%), *Acer platanoides* (5.7%) и *Tilia cordata* (5.8%). Среди кустарников – *Padus avium* (9.7%), *Frangula alnus* (4.5%), *Lonicera xylosteum* (4.7), *Sorbus aucuparia* (4%).

Травяно-кустарничковый ярус покрывает от 10 до 100% (в среднем – 64%). Чаще всех и с наибольшим пр. покрытием встречаются *Aegopodium podagraria* (17.2%), *Ajuga reptans* (4%), *Asarum europaeum* (5%), *Athyrium filix-femina* (7%), *Carex pilosa* (30%), *Dryopteris filix-mas* (4.4%), *D. carthusiana* (3.4%), *Galeobdolon luteum* (15.8%), *Galium odoratum* (11.8%), *Geum urbanum* (3.3%), *Geum rivale* (4%), *Mercurialis perennis* (13.6%), *Pulmonaria obscura* (11.4%). Часто встречаются *Convallaria majalis* (4%), *Crepis paludosa* (2.4%), *Equisetum pratense* (3.6%), *E. sylvaticum* (3%), *Fragaria vesca* (2%), *Lysimachia nummularia* (5.3%), *Lysimachia vulgaris* (1.4%), *Paris quadrifolia* (1.3%), *Ranunculus cassubicus* (3%), *Rubus saxatilis* (3%), *Stellaria holostea* (4%), *Veronica chamaedrys* (3.3%).

Мхи покрывают от 3 до 35% (в среднем – 8.3%). Чаще всех встречаются *Atrichum undulatum* (2.4%), *Brachythecium rutabulum* (1.7%), *Cirriphyllum piliferum* (1.5%), *Eurhynchium angustirete* (4%), *Oxyrrhynchium hians* (1.4%), *Plagiomnium cuspidatum* (1.6%), *Sciuro-hypnum curtum* (1.5%).

Разнообразие. Всего в ценофлоре осиновых широкотравных лесных сообществ 253 вида: сосудистых – 199, мохообразных – 54. В древесном ярусе – 18 видов, кустарниковом – 26 (14 видов кустарников, 12 деревьев), травяно-кустарничковом – 192 (21 древесный вид). В сообществах 18-60 видов, в среднем – 34.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 4.1-7.4, диапазон влажности почв – 5-6.6, богатства почв минеральным азотом – 4.3-6.5. Почвы дерновые подзолистые слабо-глеевые суглинистые (Коновалов, 1929).

Положение в ландшафте (рельеф). Сообщества этой группы распространены на вершинах и склонах холмов, одетых суглинистыми средне- и слабоподзолистыми почвами (Киселева, 1965). Могут встречаться в элементах ландшафта с хорошим дренажом и достаточным богатством почв.

30) Осиновые с елью и березой влажнотравно-широкотравные леса

Мелколиственные леса из осины и березы с участием ели и дуба, обилием нитрофильного влажнотравья и неморальных видов. По мнению К.В. Киселевой (1965) данный тип осинников относится к типу Tremuletum caricosum silvaticae. В составе древесного яруса часто присутствует черемуха, во 2-м ярусе – липа, в – травяном покове преобладают нитрофильно-влажнотравные виды (фото 30).

Сукцессионный статус. Осиновые с березой и березово-осиновые влажнотравно-широкотравные леса обычно являются производными на месте неоднократных вырубок хвойно-широколиственных лесов в условиях близкого залегания грунтовых вод. К.В. Киселева (1965) указывает, что часто данный тип осинников не

обнаруживает тенденции к какой-либо смене, что может объясняться отсутствием поступления семязачатков дуба.

Фото 30. Осиновый влажнотравно-широкотравный лес (№ 30) в г.о. Талдомский (фото О.В. Морозовой). **Photo 30.** Aspen wet herb-broad herb forest in Taldom district (Photo by O.V. Morosova).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: преобладают нитрофильно-влажнотравные (41%) и неморальные (33.4%) виды. Доля бореальных составляет 11.2%, травяно-болотных – 7%. Доля остальных эколого-ценотических групп составляет менее 4%.

Диагностические виды: *Populus tremula* (A1), *Crepis paludosa*, *Filipendula ulmaria*, *Geum rivale*, *Pulmonaria obscura*, *Ranunculus cassubicus*.

Состав и структура

Константные виды: *Populus tremula* (A1), *Corylus avellana* (B), *Lonicera xylosteum* (B), *Picea abies* (B), *Ajuga reptans*, *Asarum europaeum*, *Athyrium filix-femina*, *Crepis paludosa*, *Dryopteris carthusiana*, *Filipendula ulmaria*, *Geum rivale*, *Lysimachia vulgaris*, *Paris quadrifolia*, *Pulmonaria obscura*, *Ranunculus cassubicus.*

Доминантные виды: *Betula pendula* и *B. pubescens* (A1, среднее пр. покрытие 21.2%), *Populus tremula* (A1, 43%), *Padus avium* (A2, 40%), *Picea abies* (A2, 9%; B, 10%), *Tilia cordata* (B, 25%), *Corylus avellana* (B, 23%), *Aegopodium podagraria* (9%), *Ajuga reptans* (7.2%), *Athyrium filix-femina* (13.8%), *Carex acuta* (26.3%), *Carex sylvatica* (11.2%), *Carex vesicaria* (17.5%), *Crepis paludosa* (7.8%), *Equisetum pratense* (12.8%), *Filipendula ulmaria* (33.4%),

Geum rivale (9.8%), *Impatiens noli-tangere* (25%), *Pulmonaria obscura* (21%), *Stellaria nemorum* (32.5%), *Urtica dioica* (18.2%), *Plagiomnium cuspidatum* (7.6%), *Rhytidiadelphus subpinnatus* (16%).

Древостой чаще двухъярусный, первый древесный ярус имеет возраст 30-70 лет (в среднем – 54 года), сомкнутость – 61%, высоту – 23-31 м. Состоит из *Populus tremula* (43%) с примесью *Betula pendula* и *B. pubescens* (21%), иногда встречается *Quercus robur* (10.2%), *Picea abies* (7.3%), *Alnus incana* (3%), *Alnus glutinosa* (8%). Второй древесный ярус слабо выражен, его возраст 35 лет, сомкнутость 18%, высота 15-20 м. Встречаются *Picea abies* (8.8%), *Acer platanoides* (2%), *Betula pendula* и *Betula pubescens* (5%), *Padus avium* (40%), *Quercus robur* (2%), *Tilia cordata* (6.7%), *Ulmus glabra* (0.1%).

Кустарниковый ярус хорошо выражен, его пр. покрытие от 5 до 75% (в среднем – 38.4%). Состоит из *Corylus avellana* (23%), подроста *Picea abies* (10%), *Lonicera xylosteum* (5.4%). Иногда встречаются *Populus tremula* (5.8%), подрост *Quercus robur* (4.6%), *Tilia cordata* (25%), *Frangula alnus* (2.6%), *Sorbus aucuparia* (5%). Единично отмечены *Acer platanoides* (3%), *Alnus glutinosa* (8%), *A. incana* (5%), *Betula pendula* и *B. pubescens* (4%), *Euonymus verrucosa* (2%), *Padus avium* (6%), *Salix cinerea* (5.7%).

Травяно-кустарничковый ярус покрывает от 60 до 100% (в среднем – 81%). Часто и с высоким проективным покрытием встречаются *Athyrium filix-femina* (13.8%), *Crepis paludosa* (7.8%), *Filipendula ulmaria* (33.4%), *Geum rivale* (10%), *Pulmonaria obscura* (21%). Часто встречаются *Ajuga reptans* (7.2%), *Asarum europaeum* (3.6%), *Dryopteris carthusiana* (3.7%), *Equisetum pratense* (12.8%), *Lysimachia nummularia* (2.8%), *L. vulgaris* (3.2%), *Paris quadrifolia* (3.4%), *Ranunculus cassubicus* (6.2%). В некоторых сообществах с высоким пр. покрытием отмечены *Aegopodium podagraria* (9%), *Carex sylvatica* (11%), *Impatiens noli-tangere* (25%), *Stellaria nemorum* (32.5%), *Urtica dioica* (18.2%).

Мхи покрывают от 2 до 79% (в среднем 16.2%). Чаще всех встречаются *Atrichum undulatum* (2%), *Brachythecium rutabulum* (2%), *Cirriphyllum piliferum* (2.2%), *Climacium dendroides* (2.4%), *Plagiomnium cuspidatum* (7.6%), *Rhizomnium punctatum* (2%), *Sciuro-hypnum curtum* (2%).

Р а з н о о б р а з и е . Всего в ценофлоре осиновых влажнотравно-широкотравных лесов 148 видов растений: сосудистых – 122, мохообразных – 26. В древесном ярусе – 11 видов, кустарниковом – 19 (10 видов кустарников, 9 – деревьев), травяно-кустарничковом – 113 (15 древесных видов). В сообществах 17-49 видов, в среднем – 33.

Э к о л о г и я: Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 5-7.2, диапазон влажности почв – 5.6-7.3, богатства почв минеральным азотом – 4.5-6.9. Почвы дерновые оглееные.

П о л о ж е н и е в л а н д ш а ф т е (рельеф). Распространены на богатых и влажных фллювиальных и делювиальных почвах в понижениях между холмами, в долинах небольших лесных водотоков (Киселева, 1965). Занимают небольшие по площади участки и могут встречаться в любых ландшафтах, где почвенное богатство достаточно для осины.

31) Сероольховые влажнотравно-широкотравные леса

Данная группа представлена главным образом сообществами из ольхи серой с крапивой, влажнотравьем, широкотравьем и покровом из неморальных видов (фото 31). Близкими таксонами, выделенными авторами в рамках доминантной классификации для территории центральной и северо-западной части Европейской России являются *сероольшаники крапивные* (Коротков, 1991; Василевич, 1998; Ликсакова, 2004), *неморальнотравные* (Василевич, 1998; Ликсакова, 2004), *чистотеловые* и *снытевые* (Василевич, 1998), *черёмухово-сероольховые влажнотравные* (Суслова, 2019).

С у к ц е с с и о н н ы й с т а т у с . По одной из точек зрения, все сероольховые леса

считаются производными лесами, развивающиеся на месте широколиственно-еловых сообществ (Юркевич и др., 1963; Ликсакова, 2004). Вторая точка зрения признает производными мезофитные сероольшаники и указывает на коренной характер гигрофитных неморальных сероольшаников (Работнов, 1939; Коротков, Морозова, 1986; Ellenberg et al., 1992; Семенищенков, 2014), распространенных по долинам водотоков. Распространенные в МО сероольшаники влажнотравно-широкотравные относятся к последнему типу, и в них почти полностью отсутствует подрост ели и широколиственных пород деревьев, а подрост ольхи серой хорошо развит (B, 12%), что может указывать на их условно коренной характер.

Фото 31. Сероольховый с хмелем влажнотравно-широкотравный лес (крапивно-высокотравный; № 31) в г.о. Рузский (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 31**. Gray alder with *Humulus lupulus* wet herb-broad herb forest (*Urtica dioica* and tall-grasses) in Ruza district (Photo by E.G. Suslova).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: в нижних ярусах преобладает неморальная группа (42.8%), а также велика доля нитрофильно-влажнотравных видов (25.3%), другие группы видов (бореальная, водно-болотная, опушечно-луговая) представлены небольшим процентом, и среди них наибольшая доля у опушечно-луговых видов (13.4%).

Диагностические виды: *Alnus incana* (A, B, C), *Padus avium* (A, B), *Aegopodium podagraria*, *Campanula latifolia*, *Chrysosplenium alternifolium, Galeobdolon luteum*, *Glechoma hederacea*, *Humulus lupulus*, *Lamium maculatum*, *Plagiomnium undulatum*, *Stachys sylvatica*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica*.

Состав и структура

Константные виды: *Alnus incana* (A, B), *Aegopodium podagraria*, *Campanula latifolia*, *Chrysosplenium alternifolium, Filipendula ulmaria, Geum rivale*, *Humulus lupulus*, *Lamium maculatum*, *Lysimachia nummularia*, *Padus avium* (B), *Rubus idaeus*, *Stachys sylvatica, Stellaria nemorum, Urtica dioica*.

Доминантные виды: *Alnus incana* (A, среднее пр. покрытие – 47.5%), *Aegopodium podagraria* (27.5%), *Anemone ranunculoides* (22.5%), *Campanula latifolia* (10%), *Filipendula*

ulmaria (15%), *Galeobdolon luteum* (15%), *Geum rivale* (7.7%), *Glechoma hederacea* (7%), *Impatiens noli-tangere* (7%), *Lamium maculatum* (11.3%), *Lysimachia nummularia* (9.3%), *Myosoton aquaticum* (13.3%), *Padus avium* (B, 12.8%), *Plagiomnium undulatum* (15.5%), *Stachys sylvatica* (8.2%), *Stellaria nemorum* (16.3%), *Urtica dioica* (32.5%).

Древостой, как правило, одноярусный, возраст – 40 лет, сомкнутость – 58%, высота – 15-20 м, состоит из ольхи серой (пр. покрытие – 47.5%) с примесью черемухи (13%). Единично встречаются другие древесные виды: *Alnus glutinosa* (14.7%), *Picea abies* (5.4%), *Quercus robur* (1%), *Populus tremula* (12.5%), *Sorbus aucuparia* (4.5%), *Tilia cordata* (1%), ивы (*Salix alba* 5%, *S. caprea* 8%, *S. fragilis* 7.5%). Второй древесный ярус единичен, в нем отмечены *Acer platanoides* (11%), *Alnus incana* (31%), *Betula pendula* (5%), *Padus avium* (38%), *Picea abies* (5.5%), *Sorbus aucuparia* (10%), *Tilia cordata* (15%), *Ulmus glabra* (12%).

Кустарниковый ярус хорошо выражен, его пр. покрытие от 10 до 60% (в среднем – 33.4%). Чаще других видов встречаются *Padus avium* (12.8%) и подрост ольхи серой (12%), изредка *Corylus avellana*, пр. покрытие которого может достигать 30% (в среднем – 17.2%), *Lonicera xylosteum* (6.4%), *Sambucus racemosa* (5.6%). Подрост ели и широколиственных пород практически отсутствует.

Травяной покров почти сплошной (95%), состоит из двух ярусов. В верхнем обычно преобладает *Urtica dioica*, пр. покрытие которой может достигать 90%, высокая встречаемость у *Campanula latifolia*, *Filipendula ulmaria*, *Rubus idaeus* (6.2%). Во втором травяном ярусе часто встречаются *Aegopodium podagraria*, *Chrysosplenium alternifolium* (8.3%), *Galeobdolon luteum*, *Geum rivale*, *Glechoma hederacea*, *Lamium maculatu*m, *Mercurialis perennis* (12.6%), *Myosoton aquaticum* (13.3%). Местами высокое пр. покрытие у *Anemone ranunculoides* и *Ficaria verna* (16.3%), что хорошо заметно весной. Встречаются группы *Matteuccia struthiopteris*, деревья оплетены *Humulus lupulus* (8.4%).

Наземные мхи покрывают от 5 до 60% (в среднем 25%). Преобладает *Plagiomnium undulatum* (15.5%), часто встречаются *Brachythecium rutabulum* (5.4%), *Oxyrrhynchium hians* (0.6%).

Р а з н о о б р а з и е . Всего в ценофлоре сероольшаников широкотравных 187 видов растений: сосудистых – 158, мохообразных – 29. В древесном ярусе – 16 видов, кустарниковом – 25 (16 видов кустарников, 9 деревьев), травяно-кустарничковом – 143 (17 древесных видов). В сообществах 25-51 вид, в среднем – 31.

Э к о л о г и я . Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 6.3-7.4, диапазон влажности почв – 6-7.1, богатства почв минеральным азотом – 5.7-8.2. Почвы дерново-оглеенные.

П о л о ж е н и е в л а н д ш а ф т е (рельеф). Сероольшаники влажнотравно-широкотравные встречаются по всей Московской области. Занимают небольшие по площади участки на склонах пойменных террас небольших речек и ручьев, в озерных котловинах, лощинообразных понижениях со следами бывших водотоков.

Отмечены во всех районах области. Коренные сероольшаники тянутся узкими полосами по долинам рек и временных водотоков, а производные связаны с восстановлением вырубленных лесов в местообитаниях с близким залеганием грунтовых вод.

32) Черноольховые широкотравно-влажнотравные леса

Леса с доминированием ольхи черной, ярко выраженным покровом из видов нитрофильно-влажнотравной и широкотравной групп. Встречаются как чистые черноольшаники, так и смешанные насаждения, где вместе с ольхой черной растут береза пушистая, черемуха, осина, ель, сосна, а также широколиственные породы – чаще всего липа и вяз, а на повышениях в них могут расти также дуб и клен (фото 32). Выделены *черноольшаники пойменные крапивные, папоротниково-крапивные, папоротниково-*

таволговые (Невидомов и др., 2008), *крапивные* (Василевич, Щукина, 2001).

Сукцессионный статус. Условно коренные леса, распространенные по долинам водотоков.

Диагностические признаки

Диагностические виды: *Alnus glutinosa* (A1, A2), *Impatiens noli-tangere*, *Urtica dioica*.

Соотношение ЭЦГ: Доля неморальных видов в нижних ярусах с учетом пр. покрытия (31.9%) близка по значению нитрофильно-влажнотравной группе (36.4%), водно-болотных видов в два раза меньше (15.4%); небольшой процент составляют бореальная (5.9%) и опушечно-луговая (3.8%) группы.

Фото 32. Черноольховый с елью влажнотравно-широкотравный (папоротниково-влажнотравный) лес (№ 32) в г.о. Сергиево-Посадский (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 32**. Black alder with spruce wet herb-broad herb forest with ferns in Sergievo-Posadsky district (Photo by E.G. Suslova).

Состав и структура

Константные виды: *Alnus glutinosa* (A, B), *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *Filipendula ulmaria*, *Geum rivale*, *Impatiens noli-tangere*, *Lysimachia vulgaris*, *Padus avium* (B), *Rubus idaeus*, *Sorbus aucuparia* (B), *Urtica dioica*.

Доминантные виды: *Alnus glutinosa* (A1, среднее пр. покрытие 57%), *Aegopodium podagraria* (10%), *Betula pubescens* (A1, 13%), *Carex vesicaria* (14%), *Crepis paludosa* (4.3%), *Filipendula ulmaria* (18%), *Glechoma hederacea* (20%), *Impatiens noli-tangere* (12%), *Mercurialis perennis* (25%), *Padus avium* (B, 11%), *Picea abies* (A1, 10%; B, 9.5%), *Ulmus glabra* (A1, 25%), *Urtica dioica* (41%).

Древостой (редко двухъярусный) образован ольхой черной изредка с примесью березы пушистой (встречаемость II[6]; пр. покрытие 13%) и ели (встречаемость II; 10%). Сомкнутость крон 75%, высота составляет 24 м. Единично встречаются *Ulmus glabra* и *U. laevis* (2%), *Quercus robur* (12%), *Populus tremula* (15%), ивы (*Salix alba* 1%, *S. caprea* 5%), *Pinus sylvestris*

[6] Встречаемость – процент описаний, в которых был отмечен вид, по отношению к общему числу описаний синтаксона. Может оцениваться в классах, где: I – 0-20%, II – 21-40%, III – 41-60%, IV – 61-80%, V – 81-100%.

(3.8%), *Tilia cordata* (2%). В отдельных случаях можно выделить второй древесный ярус, встречаются *Alnus glutinosa* (II; 3.2%) и *Picea abies* (6.2%), единичны *Padus avium* (2.5%), *Acer platanoides* (15%), *Salix pentandra* (2%), *Tilia cordata* (10%).

Кустарниковый ярус от разреженного до обильного, в среднем пр. покрытие 25%. Наибольшая встречаемость у *Padus avium* (11%), *Ribes nigrum* (2.7%), *Sorbus aucuparia* (4%), подроста ели (11%) и ольхи черной (6%). Единичен подрост клена остролистного (3%), ольхи серой (3.3%), березы пушистой (4.2%), осины (3.4%), липы (8.7%), вяза (*Ulmus glabra* 5%), дуба (0.5%). Изредка встречаются *Frangula alnus* (2.2%), *Corylus avellana* (4.5%), *Lonicera xylosteum* (2.7%), *Viburnum opulus* (1%), ивы (*S. alba, S. caprea, S. cinerea, S. myrsinifolia, S. pentandra*).

Общее пр. покрытие травяно-кустарничкового яруса 90%, ярус неоднороден по высоте. В верхней его части постоянно встречаются и доминируют *Urtica dioica*, *Filipendula ulmaria*, *Impatiens noli-tangere*, иногда их суммарное пр. покрытие достигает 100%. Часто встречается *Athyrium filix-femina*, *Crepis paludosa* и неморальные травы (*Milium effusum*, *Paris quadrifolia*, *Ranunculus cassubicus*), но как правило с небольшим пр. покрытием. Кочковатый микрорельеф выражен не сильно, в основном его образуют кочки *Carex elongata* (3%). Мочажины между приствольными повышениями и небольшими кочками могут быть обводнены, встречаются *Scirpus sylvaticus* (4.3%), редко *Carex vesicaria* (14%) и *C. riparia* (1.5%). В нижней части травяного яруса наибольшая встречаемость и пр. покрытие у *Chrysosplenium alternifolium* (9.3%) и *Ranunculus repens* (4%), *Geum rivale* (4%).

Проективное покрытие наземных мхов небольшое (15-20%, в среднем 19%), иногда моховой покров почти не выражен. Преобладают *Brachythecium rutabulum* (0.9%), *Climacium dendroides* (0.8%), *Plagiomnium cuspidatum* (1.7%).

Разнообразие. Всего в ценофлоре черноольшаников широкотравно-влажнотравных 180 видов растений: сосудистых – 144, мохообразных – 36. В древесном ярусе – 17 видов, кустарниковом – 24 (9 видов кустарников, 15 деревьев), травяно-кустарничковом – 133 (14 древесных видов). В сообществах 18-51 видов, в среднем 37.

Экология. Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 5.9-7.1, диапазон влажности почв – 6.4-7.4, богатства почв минеральным азотом – 5.6-7.1. Почвы перегнойно-глеевые, торфяные глеевые.

Положение в ландшафте (рельеф). Черноольшаники широкотравно-влажнотравные встречаются в большинстве ФГП области в виде небольших участков с влажными и сырыми местообитаниями. Чаще распространены в Верхне-Волжской и Мещерской провинциях, где на осушенных торфяниках чередуются с участками хвойных и широколиственно-хвойных сообществ (г.о. Талдомский, Сергиево-Посадский, Клин). Занимают небольшие по площади участки по долинам водотоков, лощинообразным понижениям на водосборах. В Заокской и Среднерусской провинциях площадь их минимальна.

33) Черноольховые травяно-болотные или влажнотравные леса

Леса заболоченных местообитаний с доминированием ольхи черной с кочковатым микрорельефом и ярко выраженным покровом из видов водно-болотной и нитрофильно-влажнотравной групп. Характерны крупные приствольные повышения (фото 33). Близкие таксоны: *черноольшаники пойменные крапивные, папоротниково-крапивные, пойменно-болотные осоково-таволговые* (Невидомов и др., 2008), *крапивные, белокрыльниковые* (Василевич, Щукина, 2001). Близкие таксоны: *черноольшаники пойменные крапивные, папоротниково-крапивные, пойменно-болотные осоково-таволговые* (Невидомов и др., 2008), *крапивные, белокрыльниковые* (Василевич, Щукина, 2001).

Сукцессионный статус. Коренные леса, распространенные по долинам

водотоков и в озерных котловинах. Устойчиво длительнопроизводные в районах зарастающих карьеров предприятий торфодобычи (Суслова, 2019).

Фото 33. Черноольховый топкий с черемухой и турчой травяно-болотный лес (№ 33) в г.о. Люберцы (фото Е.Г. Сусловой). **Photo 33.** Swampy black alder forest with elm, sedges, *Hottonia palustris* in Lyubertsy district (Photo by E.G. Suslova).

Диагностические признаки

Соотношение ЭЦГ: в нижних ярусах преобладают водно-болотная (32%) и нитрофильно-влажнотравная (31.1%) группы, почти вдвое меньший процент у неморальной группы (15.2%); небольшой процент составляют бореальная (6%) и опушечно-луговая (5.9%) группы; доля других групп незначительна.

Диагностические виды: *Alnus glutinosa* (A1, B), *Calla palustris*, *Carex acutiformis*, *C. appropinquata*, *Cicuta virosa*, *Equisetum fluviatile*, *Iris pseudacorus, Lycopus europaeus, Lythrum salicaria*, *Scirpus sylvaticus*, *Scutellaria galericulata*, *Solanum dulcamara*.

Состав и структура

Константные виды: *Alnus glutinosa* (A, B), *Athyrium filix-femina*, *Calamagrostis canescens*, *Carex appropinquata, Filipendula ulmaria*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia nummularia*, *L. vulgaris*, *Rubus idaeus*, *Scirpus sylvaticus*, *Solanum dulcamara*, *Urtica dioica, Plagiomnium* sp.

Доминантные виды: *Alnus glutinosa* (A1, среднее пр. покрытие 60%), *Betula pubescens* (A1, 16%), *Picea abies* (A1, 17%; A2, 25%; B, 12%), *Padus avium* (A2, 16%), *Alnus glutinosa* (B, 10%), *Tilia cordata* (B, 17%), *Calamagrostis canescens* (6.4%), *Calla palustris* (8.3%), *Carex riparia* (25%), *Chrysosplenium alternifolium* (16%), *Equisetum fluviatile* (7.4%), *Filipendula ulmaria* (28%), *Glechoma hederacea* (14%), *Lysimachia nummularia* (9.3%), *Menyanthes trifoliata* (9.6%), *Phragmites australis* (8.3%), *Ranunculus repens* (12%), *Rubus idaeus* (11%), *Scirpus sylvaticus* (7.9%), *Thelypteris palustris* (12%), *Urtica dioica* (25%), *Viola uliginosa* (50%), *Plagiomnium* sp. (12%), *Sphagnum* sp. (15%).

Древостой (редко двухъярусный) образован ольхой черной часто с примесью березы пушистой (встречаемость III). Сомкнутость крон – 75%, высота составляет 24 м. Единично встречаются *Picea abies* (13.8%), *Ulmus glabra* (13%) и *U. laevis* (5%), *Quercus robur* (9%), *Padus avium* (7%), *Populus tremula* (6.3%), ивы (*Salix fragilis* 6%, *S. caprea* 5%, *S. alba* 3%),

Pinus sylvestris (4.3%), *Acer platanoides* (4%), *Tilia cordata* (2%). В отдельных случаях можно выделить второй древесный ярус.

Кустарниковый ярус разреженный и не обильный, пр. покрытие – 25%. Наибольшая встречаемость у *Padus avium* (6.5%), *Ribes nigrum* (7.1%), *Salix cinerea* (4.7%), подроста ели и ольхи черной. Единичен подрост клена остролистного (7%), ольхи серой (4%), березы пушистой (5%), осины (4.6%), липы, вяза (*Ulmus glabra* 7%, *U. laevis* 5%), дуба (2%). Среди видов кустарников изредка встречаются *Frangula alnus* (6.9%), *Lonicera xylosteum* (5%), *Sorbus aucuparia* (2.5%), *Viburnum opulus* (3.5%). Единичен подрост ив (*S. alba* 4%, *S. cinerea* 4.7%, *S. fragilis* 3%, *S. pentandra* 4.8%, *S. triandra* 10%).

Общее пр. покрытие травяно-кустарничкового яруса 90%, ярус не однороден по высоте. В верхней его части постоянно встречаются и доминируют *Urtica dioica* и *Filipendula ulmaria*, иногда их суммарное пр. покрытие достигает 100%. Меньшее пр. покрытие у *Phragmites australis*, *Calamagrostis canescens*. Ярко выраженный микрорельеф образуют кочки осок (*Carex appropinquata* – 6.4%, *C. cespitosa* – 3.9%), высота которых может достигать 80 см. Мочажины между кочками и приствольными повышениями могут быть обводнены, часто встречается *Scirpus sylvaticus*, иногда *Carex vesicaria* (6%). В нижней части травяно-кустарничкового яруса наибольшие встречаемость и пр. покрытие у *Lysimachia nummularia* и *Ranunculus repens*. Часто присутствует с небольшим пр. покрытием *Solanum dulcamara* (4.3%), *Cicuta virosa* (1.6%), *Scutellaria galericulata* (3%). Иногда деревья оплетает *Humulus lupulus* (5%).

Проективное покрытие наземных мхов небольшое (15-20%, в среднем 19%), иногда моховой покров почти не выражен. Преобладают *Climacium dendroides* (3.7%), *Aulacomnium palustre* (9.3%), виды р. *Plagiomnium* (12%).

Р а з н о о б р а з и е . Всего в ценофлоре черноольшаников влажнотравных 170 видов растений: сосудистых – 159, мохообразных – 11. В древесном ярусе – 15 видов, кустарниковом – 23 (6 видов кустарников, 17 деревьев), травяно-кустарничковом – 143 (7 древесных видов). В сообществах насчитывается 25-52 вида, в среднем – 37.

Э к о л о г и я . Диапазон кислотности почв по экологическим шкалам (с учетом пр. покрытия) составляет 5.3-6.9, диапазон влажности почв – 6.9-8.7, богатства почв минеральным азотом – 4.6-6.5. Почвы перегнойно-глеевые, торфяные глеевые.

П о л о ж е н и е в л а н д ш а ф т е (рельеф). Черноольшаники травяно-болотные встречаются в пределах Верхне-Волжской, Мещерской, Смоленской, Московской и Москворецко-Окской провинций по долинам водотоков, лощинообразным понижениям на водосборе, наиболее крупные массивы приурочены к древним озерным котловинам (Тростенское озеро, Нарские пруды, озеро Глубокое и др.). Некоторые черноольшаники залиты водой лишь в конце весны – начале лета после снеготаяния, другие – заливаются в половодье, третьи – остаются большую часть вегетационного периода топкими.

Заключение

В результате исследований выпонена инвентаризация биологического разнообразия лесного покрова Московского региона. Действие антропогенных факторов в виде многократных рубок и распашки территории, с одной стороны, а лесокультурная практика и наличие естественной восстановительной динамики, с другой стороны, сильно усложнили интерпретацию результатов исследования, в том числе происхождения лесных сообществ. В рамках эколого-фитоценотической классификации выделено 33 синтаксономические единицы в ранге группы ассоциаций. Описание синтаксонов выполнено по единому принципу и дает характеристику сообществ с точки зрения их состава и структуры, происхождения, а также зависимости типов лесных сообществ от условий экотопа. Впервые

в работе удалось обобщить накопленный опыт многочисленных исследований, проведенных в регионе за прошлые годы в отношении типологического состава лесных сообществ, и выполнить генерализацию знаний. Характеристика лесов дана не только с учетом описательной и экспертной информации, но и на количественной основе при анализе большой выборки описаний (около 1700) с полным выявлением флористического разнообразия растительности для всех ярусов сообществ. Таким образом, видовой состав лесных сообществ проанализирован с точки зрения общего числа видов разных жизненных форм, диагностических признаков синтаксонов (состав эколого-ценотических групп, интикаторные виды), а также сукцессионного и экологического статуса группы.

Выполнен предварительный анализ ботанико-географической изменчивости типологического разнообразия лесного покрова. Несмотря на сильную нарушенность лесов и трансформацию эколого-ценотических спектров их состава (лесокультурная практива) и природных условий (мелиоративная практика), распределение на уровне ландшафтов (ФГП) отражает зональные закономерности дифференциации лесного покрова на уровне формаций коренных видов деревьев. В случае мелколиственных лесов, развернутая систематизация, закономерности пространственного распределения и данное в работе, пожалуй, впервые для региона, описание, также вполне очевидны.

Данная работа ни в коей мере не претендует на законченное исследование, – предполагается пополнение данными групп сообществ с недостаточным числом описаний, определяющее детальность и улучшение качества картографической модели, а также совершенствование самих подходов моделирования. Постоянные разнонаправленные изменения лесного покрова динамично развивающегося региона (не всегда в лучшую сторону) предполагают постоянное обновление дистанционной и наземной информации. Статистические методы и цифровой формат картографических материалов обеспечивают адаптивность подхода и необходимую актуализацию материалов.

Благодарности. Авторы благодарят коллег, принявших участие в ее наполнении, а также выражают искреннюю признательность Природоохранному Фонду «Верховье» за многолетнее сотрудничество и предоставленные данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абатуров Ю.Д., Зворыкина К.В., Ильюшенко А.Ф. 1982. Типы березовых лесов центральной части южной тайги. М.: Наука. 156 с.

Алехин В.В. Растительность и геоботанические районы Московской и сопредельных областей. М. 1947. 71 с.

Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Мамай И.И., Низовцев В.А., Пучкова Э.И., Хрусталева М.А. 1997. Ландшафты Московской области и их современное состояние. Смоленск: Изд-во СГУ. 296 с.

Беляева Н.Г., Черненькова Т.В., Морозова О.В., Сандлерский Р.Б., Архипова М.В. 2018. Сравнение эколого-фитоценотического и эколого-флористического методов классификации для оценки ценотического разнообразия и картографирования лесной растительности // Лесоведение. № 3. С. 178-193. [Электронный ресурс http://lesovedenie.ru/index.php/forestry/article/view/1105 (дата обращения 04.09.2020)].

Василевич В.И. 1997. Заболоченные березовые леса Северо-Запада Европейской России // Ботанический журнал. Т. 82. № 11. С. 19-29.

Василевич В.И. 1996. Незаболоченные березовые леса Северо-Запада Европейской России // Ботанический журнал. Т. 81. № 11. С. 1-13.

Василевич В.И. 1998. Сероольшаники Европейской России // Ботанический журнал. Т. 83. № 8. С. 28-42.

Василевич В.И., Бибикова Т.В. Широколиственные леса Северо-Запада Европейской России. I. Типы дубовых лесов // Ботанический журнал. 2001. Т. 86. № 7. С. 88-101.

Василевич В.И., Щукина К.В. 2001. Черноольховые леса Северо-Запада Европейской России // Ботанический журнал. Т. 86. № 3. С. 15-26.

Дылис Н.В. 1971. Биогеоценологические исследования в широколиственно-еловых лесах. Наука. 332 с.

Ермаков Н.Б. 2012. Продромус высших единиц растительности России // Современное состояние основных концепций науки о растительности / Ред. Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. Уфа. С. 377-483.

Заугольнова Л.Б., Морозова О.В. 2004. Распространение и классификация неморально-бореальных лесов // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. Кн. 2. М. С. 13-62.

Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий. 1999. М. 1:8000000. 2 л.

Игнатов М.С, Игнатова Е.А. 2003. Флора мхов средней части Европейской России. М.: КМК. Т. 1-2. 960 с.

Ильинская С.А., Матвеева М.А., Речан С.П., Казанцева Т.Н., Орлова М.А. 1982. Типы леса // Леса Западного Подмосковья. М.: Наука. С. 20-149.

Киселева К.В. 1962. К вопросу о взаимоотношении ели и дуба в Московской области // Вестник МГУ. Серия 4. №4. С. 67-70.

Киселева К.В. 1965. Осинники Клинско-Дмитровской гряды и их динамика // Ботанический журнал. Т. 50. №4. С. 567-571.

Коновалов Н.А. 1929. Типы леса Подмосковных опытных лесничеств Ц.Л.О.С. // Труды по лесному опытному делу. Центральная лесная опытная станция. Вып. 5. М.-Л.: «Сельхозгиз». 158 с.

Коротков К.О. 1991. Леса Валдая. М: Наука. 160 с.

Коротков К.О., Морозова О.В. 1986. Класс Querco–Fagetea. Леса Валдайского лесничества // Классификация растительности СССР с использованием флористических критериев. М.: С. 121-133.

Крышень А.М., Литинский П.Ю. 2013. Сопоставление и взаимная верификация геоинформационной и эколого-динамической моделей разнообразия лесных экосистем // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. №. 2. С. 86-91.

Курнаев С.Ф. 1968. Основные типы леса средней части Русской равнины. М.: Наука. 356 с.

Курнаев С.Ф. 1973. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука. 202 с.

Курнаев С.Ф. Дробное лесорастительное районирование Нечерноземного центра. 1982. 118 с.

Леса Восточного Подмосковья. 1979. М.: Наука. 183 с.

Леса Северного Подмосковья. 1993 / Ред. Л.П. Рысин. М.: Наука. 315 с.

Леса Южного Подмосковья. 1985 / Ред. Л.П. Рысин. М.: Наука. 281 с.

Ликсакова Н.С. 2004. Мелколиственные леса Чудовского района Новгородской области // Ботанический журнал. Т.89. № 8. С. 1319-1342.

Литвиненко Л.Н., Калинина А.А. 2018. Распределение осадков на территории Московской области при наличии и отсутствии крупного антропогенного образования // Экология урбанизированных территорий. №2. [Электронный ресурс https://cyberleninka.ru/article/n/raspredelenie-osadkov-na-territorii-moskovskoy-oblasti-pri-nalichii-i-otsutstvii-krupnogo-antropogennogo-obrazovaniya (дата обращения: 04.09.2020)].

Лысиков А.Б. 2006. Изменения почвенно-экологических условий в лесных биогеоценозах под влиянием рекреации // Актуальные проблемы лесного комплекса. № 13. [Электронный ресурс https://cyberleninka.ru/article/n/izmeneniya-pochvenno-ekologicheskih-usloviy-v-lesnyh-biogeotsenozah-pod-vliyaniem-rekreatsii (дата обращения 04.09.2020)]

Любимова Е.Л. 1957. Очерк растительности природных районов Московской области // Труды института географии АН СССР. Вып. 71. С. 42-82.

Маслов А.А. 2000. Динамика сосняков и ельников на территории заповедных лесных участков // Динамика хвойных лесов Подмосковья. М.: Наука. С. 67-85.

Маслов А.А. 2012. Флуктуации и сукцессии в лесных сообществах на фоне изменения климата // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. Т. 14. №1-5. С. 1316-1319.

Невидомов А.М., Петухов Н.В., Черных В.Л. 2008. Типологическая схема черноольховых лесов Нижегородского Поволжья // Вестник МарГТУ. № 1. С. 34-39.

Ниценко А.А. 1972. Типология мелколиственных лесов Европейской части СССР. Л. Изд-во Ленинградского Университета. 140 с.

Носова Л.М., Огуреева Г.Н., Тихонова Е.В., Леонова Н.Б. 2009. Динамика биологического разнообразия в хвойных лесных культурах в центре Русской равнины // Лесоведение. № 6. С. 18-31.

Огуреева Г.Н., Булдакова Е.В. 2006. Разнообразие лесов Клинско-Дмитровский гряды в связи с ландшафтной структурой территории // Лесоведение. №1. С. 58-69.

Орлов А.Я., Кошельков С.П., Осипов В.В., Соколов А.А. 1974. Типы лесных биогеоценозов южной тайги. М.: Наука. 232 с.

Пестерова О.А., Тихонова Е.В., Черненькова Т.В. 2012. Биоразнообразие искусственных насаждений подзоны хвойно-широколиственных лесов (на примере юго-запада Московской области) // Вестник ВГУ. Серия: химия, биология, фармация. № 2. С. 189-196.

Петров В.В. 1968. Новая схема геоботанического районирования Московской области // Вестник Московского государственного университета. Биология, почвоведение. № 5. С. 44-49.

Природоохранный Фонд «Верховье». 2018. [Электронный ресурс www.verhovye.ru (дата обращения 25.12.2018)].

Пузаченко М.Ю., Пузаченко Ю.Г., Козлов Д. Н., Федяева М.В. 2006. Картографирование мощности органогенного и гумусового горизонтов лесных почв и болот южнотаежного ландшафта (юго-запад Валдайской возвышенности) на основе трехмерной модели рельефа и дистанционной информации (Landsat-7) // Исследование Земли из космоса. № 4. С. 70-79.

Пузаченко Ю.Г., Сандлерский Р.Б., Кренке А.Н., Пузаченко М.Ю. 2014. Мультиспектральная дистанционная информация в исследовании лесов // Лесоведение. № 5. С. 13-29.

Работнов Т.А. 1939. Типы сероольховых насаждений северо-западной части Московской области // Ботанический журнал. № 1. С. 15-29.

Растительность Европейской части СССР. 1980 / Ред. С.А. Грибова, Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко. Л.: Наука. 429 с.

Растительность Московской области. 1996 / Ред. Г.Н. Огуреева. Пояснительный текст и легенда к карте М 1:200000. М.: МГУ. 45 с.

Речан С.П., Малышева Т.В., Абатуров А.В., Меланхолин П.Н. 1993. Леса Северного Подмосковья. М. 316 с.

Рысин Л.П. 2012. Леса Подмосковья. М.: Товарищество научных изданий КМК. Москва. 256 с.

Рысин Л.П., Савельева Л.И. 2007. Кадастры типов леса и типов лесных биогеоценозов. М.: Т-во науч. изд. КМК. 144 с.

Рысин Л.П., Савельева Л.И. 2008. Сосновые леса России. М.: Товарищество научных изданий КМК. 289 с.

Савельева Л.И. 2000. Типы хвойных лесов Подмосковья // Динамика хвойных лесов

Подмосковья. М.: Наука. С. 33-66.

Семенищенков Ю.А. 2014. Фитоценотическое разнообразие сероольховых лесов на юго-западе Нечерноземья России // Растительность России. № 25. С. 71-88. [Электронный ресурс https://doi.org/10.31111/vegrus/2014.25.71 (дата обращения 04.09.2020)].

Смирнов В.Э., Ханина Л.Г., Бобровский М.В. 2006. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа // Бюллетень МОИП. Сер. Биологическая. Т. 111. № 2. С. 36-47.

Суслова Е.Г. 2019. Леса Московской области. Распространение и охрана экосистем и их компонентов // Экосистемы: экология и динамика. Т. 3. № 1. С. 119-190. [Электронный ресурс http://ecosystemsdynamic.ru/wp-content/uploads/2019/03/4-Suslova-article.pdf (дата обращения 04.09.2020)].

Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. 992 с.

Черненькова Т.В., Морозова О.В., Пузаченко М.Ю., Попов С.Ю., Беляева Н.Г. 2015. Состав и структура еловых лесов юго-западного Подмосковья // Лесоведение. № 5. С. 323-338 [Электронный ресурс https://www.elibrary.ru/download/elibrary_24344951_13774850.pdf (дата обращения 04.09.2020)].

Черненькова Т.В., Морозова О.В., Беляева Н.Г., Пузаченко М.Ю. 2018. Современная организация лесных сообществ с участием широколиственных пород в зоне широколиственно-хвойных лесов (на примере Московской области) // Растительность России. № 33. С. 107-130.

Черненькова Т.В., Пузаченко М.Ю., Беляева Н.Г., Котлов И.П., Морозова О.В. 2019. Характеристика и перспективы сохранения сосновых лесов Московской области // Лесоведение. № 5. С. 449-464. [Электронный ресурс https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39248604 (дата обращения 04.09.2020)].

Юркевич И.Д., Гельтман В.С., Парфенов В.И. 1963. Сероольховые леса и их хозяйственное использование. Минск: Изд-во АН БССР. 142 с.

Chernen'kova T.V., Morozova O.V. 2017. Classification and Mapping of Coenotic Diversity of Forests // Contemporary Problems of Ecology. Vol. 10. No. 7. P. 738-747.

Chernenkova T.V., Kotlov I.P., Belyaeva N.G., Morozova O.V., Suslova E.G., Puzachenko M.Yu., Krenke A.A. 2019. Sustainable Forest Management Tools for the Moscow Region // Geography, Environment, Sustainability. Special Issues: Urban environmental geography. № 4. P. 35-56.

Chernenkova T., Kotlov I., Belyaeva N., Suslova E., Morozova O., Pesterova O., Arkhipova M. 2020. Role of Silviculture in the Formation of Norway Spruce Forests along the Southern Edge of Their Range in the Central Russian Plain // Forests. Vol. 11. P. 778. [Электронный ресурс https://www.mdpi.com/1999-4907/11/7/778/pdf (дата обращения 04.09.2020)].

Dufrene M., Legendre P. 1997. Species assemlages and indicator species: the need for a flexible assymetrical approach // Ecological Monographs. Vol. 67. P. 345-366.

Düll R. 1991. Zeigerwerte von Laub- und Lebermoosen // Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta geobotanica. Bd. 18. Göttingen: Goltze. S. 175-214.

Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanika. Bd. 18. Göttingen: Goltze. 248 s.

Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., Wirth V., Werner W., Paulssen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2 Aufl. Göttingen: Verlag Erich Goltze GmbH & Co KG. 258 S.

McRoberts R.E. 2006. A model-based approach to estimating forest area // Remote Sensing of Environment. No. 103. P. 56-66.

Mucina L., Grabherr G., Wallnöfer S., Geisselbercht L., Grass V., Gutermann W., Justin Ch., Wirth J.M. 1993. Die Pflanzengesellschaften Österrreichs. Teil III. Wälder und Gebüsche. Jena. 356 S.

R: A language and environment for statistical computing. 2020. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Электронный ресурс https://www.R-project.org/ (дата обращения 00.00.2020)].

Reese H., Nilsso M., Sandströ P., Olsso H. 2002. Applications using estimates of forest parameters derived from satellite and forest inventory data // Computers and Electronics in Agriculture. Vol. 37. P. 37-56.

Rivas-Martínez, S.; Penas, A.; Díaz, T.E. 2004. Bioclimatic & Biogeographic Maps of Europe [Available Online: https://www.globalbioclimatics.org/form/bi_med.htm (accessed on 01 March 2020)].

Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification // Journal of Vegetation science. No. 13. P. 451-453.

Tomppo E., Olsson H., Stahl G., Nilsson M., Hagner O., Katila M. 2008. Combining national forest inventory field plots and remote sensing data for forest databases // Remote Sensing of Environment. Vol. 112. P. 1982-1999.

Tømmerås B.Å. 1994. Skogens naturlige dynamikk. Elementer og prosesser i naturlig skogutvikling. DN-rapport No. 5. P. 1-48.

Ustin S.L., Roberts D.A., Gamon J.A., Asne, G.P., Green R.O. 2004. Using imaging spectroscopy to study ecosystem processes and properties // Bioscience. Vol. 54. No. 6. P. 523-534.

FOREST BIODIVERSITY OF MOSCOW REGION

© 2020. T.V. Chernenkova*, E.G. Suslova, O.V. Morozova*, N.G. Belyaeva*, I.P. Kotlov*****

**Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences*
Russia, 119017, Moscow, Staromonetniy pereulok, 29. E-mail: chernenkova50@mail.ru, olvasmor@mail.ru
***M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography*
Russia, 119991, Moscow, Leninskiye Gory, 1. E-mail: lena_susl@mail.ru
****A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences*
Russia, 119071, Moscow, Leninsky Prospect, 33. E-mail: ikotlov@gmail.com

Received July 27, 2020. After revision August 30, 2020. Accepted September 01, 2020.

The main results include an inventory of forests in the Moscow region within the area of 23.4 thousand square kilometers with a detailed assessment of the organisation of primary and derivative forest communities of different types. 11 formations and 33 groups of forest vegetation associations were identified according to the ecological-phytocoenotic classification of field sample plots. The forest certification system has been formed. The identified syntaxa are characterized according to a unified scheme, taking into account the diagnostic features, composition and structure of communities, as well as the ecology of habitats. The analysis of the spatial distribution of spruce, pine, broad-leaved and small-leaved forests within the framework of physical-geographical provinces (FGP) is carried out. The obtained results gave a complete picture of the phytocoenotic structure of communities in the Moscow region. The forest communities' composition of study area reflects the succession stage, zonal features of vegetation, confinement to certain landscape elements and characterizes the direction of regeneration changes in forests of different types.

Key words: Moscow region, forest communities, ecological and phytocoenotic classification, species and coenotic diversity, distribution, physiographic provinces.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10065

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2020, том 4, № 3, с. 145-165

МЕТОДЫ ПОДДЕРЖАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 502/504

ОПЫТ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ НЕЙТРАЛЬНОГО БАЛАНСА ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ[1]

© 2020 г. М.В. Беляева*, **, О.В. Андреева*, **, Г.С. Куст*, В.А. Лобковский*

**Институт географии РАН*
Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный переулок, д. 29. E-mail: kust@igras.ru
***Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова*
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1. E-mail: andreevala@yandex.ru

Поступила в редакцию 11.11.2019. После доработки 24.12.2019. Принята к публикации 01.08.2020.

Цель статьи – рассмотреть возможность применения концепции нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ) и ее расчетного инструмента Тренды.Земля (Trends.Earth), рекомендуемого Конвенцией ООН по борьбе с опустыниванием (КБО ООН), для оценки краткосрочной динамики деградации земель ряда областей Юга европейской части России (Белгородская, Воронежская, Волгоградская области, Ставропольский край). Для оценки достоверности полученных результатов проведена валидация полученных данных с помощью космических снимков. Концепция НБДЗ, широко развиваемая в последние годы КБО ООН, рассматривается в мировой науке и практике как в качестве научно-практической платформы для эффективного использования земельных ресурсов и рационального природопользования, так и для принятия соответствующих политических и хозяйственных решений.

В качестве метода исследования впервые в России применен модуль Trends.Earth ГИС-платформы Q-GIS, специально разработанный КБО ООН для оценки НБДЗ. С его помощью на основе анализа трех индикаторов: изменение наземного покрова, изменение продуктивности, изменение запасов почвенного органического углерода рассчитан интегральный показатель доли деградированных земель от общей площади исследуемых регионов за период 2001-2015 гг. Данный показатель является официально утвержденным ООН для задачи 15.3 Целей устойчивого развития ООН до 2030 года.

Установлено, что расчетный модуль Trends.Earth, рекомендуемый КБО ООН, предоставляет некоторые пространственные и количественные данные о состоянии земель на региональном уровне и может быть использован для оценки деградации земель Юга европейской части России и аналогичных территорий в качестве предварительной оценки НБДЗ. Для более точных расчетов требуется дальнейшее совершенствование метода и адаптация его для разных регионов России, в частности, на основании данных о пространственном распределении и динамике запасов почвенного органического углерода.

Проведенные расчеты показывают, что наземный покров является относительно мало изменяющимся индикатором динамики земель для освоенных сельскохозяйственных регионов; более динамичным параметром является изменение продуктивности. Сравнение исследованных регионов по потенциалу восстановления земель на основе предложенного Индекса НБДЗ

[1] Исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБУН ИГ РАН № 0127-2019-0010 «Разработка научных основ устойчивого управления природно-антропогенными системами на основе моделей сбалансированного землепользования», сбор данных в экспедиционных исследования проведен по программе гранта РНФ 18-17-00178 «Развитие фундаментальной концепции нейтрального баланса деградации земель для оценки эффективности мероприятий по устойчивому землепользованию и адаптации к изменениям климата».

показал, что наибольшим потенциалом обладают Белгородская и Воронежская области, а наименьшим – земли Волгоградской области, где доля деградированных земель существенно выше восстановленных за тот же период времени.

На основании показателя доли деградированных земель от общей площади территории, исследуемые регионы можно ранжировать в следующем порядке: Ставропольский край (29.5%), Белгородская область (34.4%), Воронежская область (34.7%), Волгоградская область (62.0%). Установлено, что рассмотренные регионы отличаются высокой долей приращения деградированных земель за последние 15 лет, несмотря на проводимые почвозащитные и природоохранные мероприятия.

Валидация полученных данных, проведенная с помощью космических снимков, показала, что в целом для уровня отдельных областей предложенный механизм отражает основные тенденции деградации земель, однако для более детальных исследований в крупном масштабе требуется разработка более сложных алгоритмов с использованием космических снимков и данных более высокого разрешения.

Ключевые слова: нейтральный баланс деградации земель, Юг России, индикаторы нейтрального баланса деградации земель, Trends.Earth.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10066

Нейтральный баланс деградации земель (НБДЗ; исходное название «Land Degradation Neutrality» (LDN)) – новейшая концепция, разрабатываемая в рамках деятельности Конвенцией ООН по борьбе с опустыниванием (КБО ООН), позволяющая осуществлять мониторинг состояния земель с помощью минимального набора основных глобальных индикаторов. НБДЗ определяется как «*состояние, при котором количество и качество земельных ресурсов, необходимое для поддержания функций и услуг экосистемы и повышения продовольственной безопасности, остается стабильным или растет в рамках заданных временных и пространственных масштабов и экосистем*» (UNCCD, 2015).

К основным глобальным индикаторам НБДЗ относят динамику наземного покрова, динамику продуктивности земель, динамику запасов почвенного органического углерода (ПОУ). Комплексное использование указанных индикаторов позволяет делать заключения о динамике деградации земель в пределах определенной территории на основе интегрального показателя доли деградированных земель от общей площади, занимаемой наземными экосистемами на анализируемой территории. Последний является официально утвержденным показателем выполнения задачи 15.3 Целей устойчивого развития ООН (ЦУР) до 2030 года (Повестка ... 2030, 2015).

Целью данного исследования было исследовать и показать возможности применения методологии НБДЗ и предлагаемых КБО ООН расчетных методов для оценки динамики состояния земель на примере нескольких областей Юга европейской части России, в том числе: (а) охарактеризовать изменения наземного покрова (по типам землепользования и характеру переходов между ними), изменения продуктивности (по интенсивности изменения), и изменения запасов ПОУ за период 2001-2015 гг. для исследуемых регионов; (б) провести валидацию полученных данных с помощью космических снимков за разные временные периоды.

Методы

В основе исследования лежит инструмент Trends.Earth, разработанный специально для оценки НБДЗ и реализованный в качестве отдельного модуля ГИС платформы Q-GIS (Trends.Earth, 2018). Работа этого инструмента основана на анализе множества спутниковых данных и материалов, представленных в открытых международных источниках информации, которые при использовании алгоритма данного модуля преобразуются в информацию о

состояния земель по четырем описанным выше индикаторам НБДЗ. Полученные с помощью этого инструмента данные включаются в глобальную систему мониторинга деградации земель, принятую КБО ООН, и рекомендуются для использования на уровне отдельных стран и регионов.

Инструмент Trends.Earth (2018) позволяет получить как статистические (таблицы), так и картографические (растровые карты) данные по каждому из индикаторов НБДЗ. Получаемые на этой основе картографические материалы имеют пространственное разрешение 250-300 м в пикселе.

Для оценки *динамики наземного покрова* используются данные по наземному покрову за текущий год, который сравнивается с базовым годом. Все типы наземного покрова (37 исходных классов, рекомендованных Межправительственной группой экспертов по изменению климата (IPCC, 2006; табл. 1) в целях глобального учета объединены в 7 классов (UNCCD, 2016a, b; Li et al., 2017). Так, например, в класс «сельскохозяйственные угодья» (Croplands) попадают не только пахотные земли, но и сенокосы, многолетние насаждения, а также мозаики мелкоконтурных полей в сочетании с другими угодьями. Важно отметить, что при интерпретации картографических материалов, отражающих эти классы, их сложно прямо сравнивать с классификацией земель, принятой в России, поэтому некоторые расхождения официальных статистических материалов с получаемыми данными, рассчитанными с помощью Trend.Earth неизбежны. Такие данные следует рассматривать в качестве дополнительных к данным официальной статистики. Их значение заключается в возможности получения сравнительных данных по единой методике обработки достоверных материалов для глобальных оценок и сравнения с другими странами.

Переходы одного класса в другой интерпретируется в терминах «положительный, нейтральный, отрицательный», что подразумевает, например, повышение устойчивости и продуктивности экосистем в случае «положительных» переходов и наоборот (табл. 2). Модулем Trends.Earth задана матрица трансформаций наземного покрова по умолчанию, которая может быть изменена пользователем для адаптации к определенной территории. В рамках данного исследования была использована классификация деградации и улучшения «по умолчанию».

Так, например, согласно этой матрице, к деградационным процессам относятся: переход из лесных территорий в любой другой класс угодий, переход из территорий с луговой растительностью в болота, в территории под застройками и в неудобья, переход сельскохозяйственных земель в территории с луговой растительностью, в болота, в земли под застройками и в неудобья. К положительным тенденциям относят переход земель под застройками в любой другой класс наземного покрова, переход территорий с луговой растительностью в территории с лесными насаждениями и сельскохозяйственные угодья, переход сельскохозяйственных территорий в лесные территории, переход неудобий в любую другую категорию, за исключением перехода в земли под застройкой.

Для расчета *динамики продуктивности наземного покрова* используется среднегодовое значение вегетационного индекса NDVI, получаемого при анализе космических снимков MODIS и AVHHR. Результаты расчета изменений продуктивности наземного покрова агрегируются в 6 классов: улучшенные территории; стабильные; угнетенные; умеренно ухудшенные; ухудшенные; территории, для которых нет данных.

Изменения запасов ПОУ – наиболее трудно оцениваемый индикатор. Сложности его подсчета связаны с высокой пространственной изменчивостью свойств почв, а также необходимостью проведения почвенных обследований, которые требуют больших денежных и временных затрат.

В модуле Trends.Earth используется информация о запасах углерода глобальной базы данных о почвах SoilGrid (разрешение 250 м) для верхних 30 см почвы. SoilGrid – система

для автоматического картографирования почв и их свойств, в основе которой лежат статистические модели и алгоритмы машинного обучения (Hengl et al., 2017).

Таблица 1. Категории наземного покрова согласно рекомендациям КБО ООН (Деградация земель …, 2019). **Table 1.** Land cover categories according to recommendations of the UNCCD (Деградация земель …, 2019).

№	Обобщённые категории	Краткое описание	Классы наземного покрова и их числовые коды по LC CCI
1	Леса	Преобладают естественные леса с проективным покрытием 15% и более. Этот класс также включает: -мозаичный древесно-кустарниковый (>50%)/ травяный покров	Широколиственные вечно-зеленые леса (50), Широколиственные листопадные леса (60, 61, 62), Хвойные листопадные леса (80, 81, 82), Хвойные вечнозеленые леса (70, 71, 72), Смешанные леса (90), Мозаики древесно-кустарниковой растительности (>50%) и травяного покрова (100)
2	Кустарники, травяные луго-пастбищные угодья и участки с редкой раститель-ностью	Преобладают: -естественная кустарниковая растительность; или естественная травяная растительность; или разреженная естественная растительность с проективным покрытием 15% и менее. Этот класс также включает: -мозаичный естественный покров (>50%) /зерновые культуры, -мозаичный травяный покров (>50%)/ деревья и кустарники	Мозаики естественной (не относящейся к лесам) растительности (>50%) / пахотных земель (40), Мозаики травяного (>50%) и древесно-кустарникового покрова (110), Закустаренные территории (120, 121, 122), Травяная растительность (130), Лишайники и мхи (140), Разреженная растительность (менее 15% проективного покрытия; 150, 152, 153)
3	Сельскохозяй ственные угодья	Преобладают: -травянистые культуры (зерновые) -древесные культуры -смешанные травяные и древесные культуры; Этот класс также включает: -мозаичный покров зерновых культур (50%) / естественной растительности	Богарные угодья (10), Травяный покров (11), Древесно-кустарниковый покров (12), Пахотные земли, орошаемые или после затопления (20), Мозаики пахотных земель/ природной растительности (30)

Продолжение Таблицы 1.

№	Обобщённые категории	Краткое описание	Классы наземного покрова и их числовые коды по LC CCI
4	Водно-болотные угодья	Преобладают: -кустарниковая или травяная растительность, Водные или регулярно затопляемые культуры; -мангры; -водные объекты (природные/искусственные, стоячие/проточные, внутренние/морские); -леса, сезонно или постоянно затопляемые водой	Древесный покров, затопляемый пресными водами (160), Древесный покров, затопляемый засоленными водами (170), Кустарниковый и травяный покров, затопляемый пресными водами (180), Водные объекты (210)
5	Искусственные поверхности	Преобладают искусственные поверхности, включая городские (городские парки), транспортная инфраструктура, промышленные площади, сгоревшие участки, места скопления отходов и горных разработок	Городские территории (190)
6	Другие земли	Преобладают: -оголенные участки поверхности, -снег и ледники	Оголенные территории (200), Территории со снежным покровом и льдом (201, 202, 220), Прочие земли (221)

Данные, имеющиеся по данному индикатору в системе SoilGrid, в настоящее время пока что отличаются неточностью, так как они построены по модельным данным, а не определяются напрямую на конкретную территорию (Деградация земель …, 2019). Запасы углерода рассчитываются как средние по региону в зависимости от класса наземного покрова.

Показатель *доли деградированных земель от общей площади суши* (индикатор ЦУР ООН 15.3) рассчитывается путем наложения картографических слоев трех индикаторов, приведенных выше, по принципу «всеобщего охвата», то есть если хотя бы один из индикаторов в пределах конкретного пиксела картографируемой территории указывает на деградационные тренды, то этот объект относят к деградирующему. В зависимости от сочетания индикаторов тренды изменений этого интегрального показателя относят к категориям «улучшение», «стабильность» или «ухудшение». Примеры сочетаний и соответствующих трендов приведены в таблице 2.

Несомненным преимуществом данной системы оценки является ее гибкость и возможность для исследователя менять вводные данные в зависимости от специфики территории и целей исследования, например, задавать базовые и текущие периоды, а также характер переходов классов наземного покрова. Данный метод позволяет проводить анализ состояния и динамики земель по разным регионам и субъектам, сравнивать их между собой и при этом осуществлять мониторинг без значительных временных и финансовых затрат.

Таблица 2. Принципы интеграции субиндикаторов ЦУР 15.3 (Trends.Earth, 2018).
Table 2. Principles of SDG 15.3 sub-indicators integration (Trends.Earth, 2018).

Улучшение	Улучшение	Улучшение		Улучшение
		Стабильность		
		Деградация		Деградация
	Стабильность	Улучшение		Улучшение
		Стабильность		
		Деградация		Деградация
	Деградация	Улучшение		
		Стабильность		
		Деградация		
Стабильность	Улучшение	Улучшение		Улучшение
		Стабильность		
		Деградация		Деградация
	Стабильность	Улучшение		Улучшение
		Стабильность	} →	Стабильность
		Деградация		Деградация
	Деградация	Улучшение		
		Стабильность		
		Деградация		
Деградация	Улучшение	Улучшение		
		Стабильность		
		Деградация		
	Стабильность	Улучшение		
		Стабильность		
		Деградация		
	Деградация	Улучшение		
		Стабильность		
		Деградация		

Объекты исследования

Исследования проводились для территорий четырех регионов, интенсивно используемых в сельском хозяйстве и испытывающих разнообразные антропогенные воздействия, характеризующиеся деградацией земель с одной стороны, и восстановлением некоторых участков, с другой: Белгородская область, Воронежская область, Ставропольский край и Волгоградская область.

Результаты и обсуждение

Динамика наземного покрова. Согласно расчетам, полученным с использованием Trend.Earth, наземный покров всех исследуемых регионов характеризуется преобладанием сельскохозяйственных территорий (рис. 1 и 2). На 2015 год для Белгородской области территория, занимаемая сельскохозяйственными землями, составляет 88.5%, для Воронежской области – 84.6%, для Ставропольского края – 80.6%, для Волгоградской

области – 64.1%. На остальные классы наземного покрова приходится не более 20% за исключением Волгоградской области, в которой существенная доля территорий (28.1%) приходится на пастбища и травянистые сообщества. Так же значительные территории травяной растительностью заняты в Ставропольском крае, что составляет 15.7% от общей площади области. Вместе с тем, как отмечалось выше, эти данные нельзя впрямую сравнивать со статистическими материалами, поскольку они получены с использованием разных подходов. Тем не менее, в целом они соответствуют официальным данным Росреестра, согласно которым сельскохозяйственные угодья по состоянию на 1 января 2016 г. занимают в Белгородской области 78.7%, в Воронежской области – 78.1%, в Ставропольском крае – 87.5%, в Волгоградской области – 77.6% (ЕМИСС, 2019).

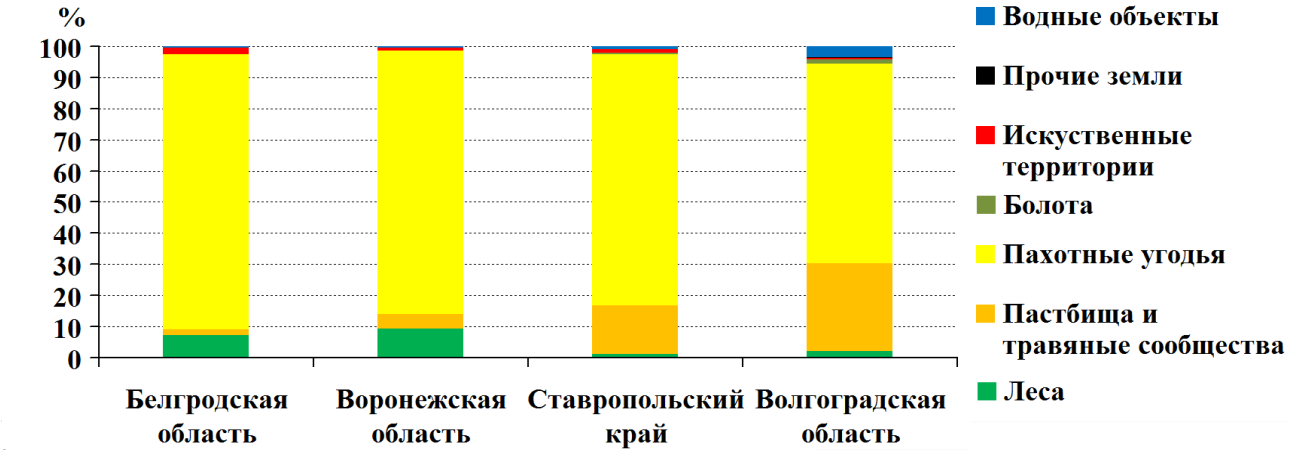


Рис. 1. Классы наземного покрова для исследуемых регионов (по состоянию на 2015 год).
Fig. 1. Land cover classes of investigated regions (as of 2015).

В Белгородской и Воронежской областях сельскохозяйственные угодья располагаются на относительно равнинных территориях, луговая растительность характерна для склонов балок и оврагов, а леса находятся преимущественно в поймах рек и на пологих склонах балок. Лесополосы и древесные насаждения, закрепляющие овраги, при используемом масштабе практически не отражаются.

На территории Волгоградской области и Ставропольского края выражены два класса преобладающего наземного покрова: сельскохозяйственные угодья и пастбища с травяной растительностью. Так, например, для западной части Ставрополья с преобладанием черноземов, характерно использование в сельском хозяйстве практически всей пригодной для этого территории. В восточной части доминирующим классом наземного покрова являются пастбища. Для них характерны малопродуктивные каштановые и солонцеватые почвы, не пригодные для использования под пахотные территории. Лесная растительность при данном масштабе рассмотрения фиксируется в основном только по поймам рек, а большинство пологих балок также распаханы или используются под пастбища. Для Волгоградской области характер наземного покрова в целом близок Ставрополью (рис. 2).

В таблице 3 представлены результаты анализа динамики наземного покрова исследуемых областей.

Как видно из приведенных данных, наземный покров является относительно мало изменяющимся индикатором динамики земель для освоенных сельскохозяйственных регионов, которыми являются исследуемые области. Его изменения не превышают 2%, за исключением Ставропольского края, для которого характерно возвращение больших массивов залежных земель в пашню в последние годы (Деградация земель …, 2019).

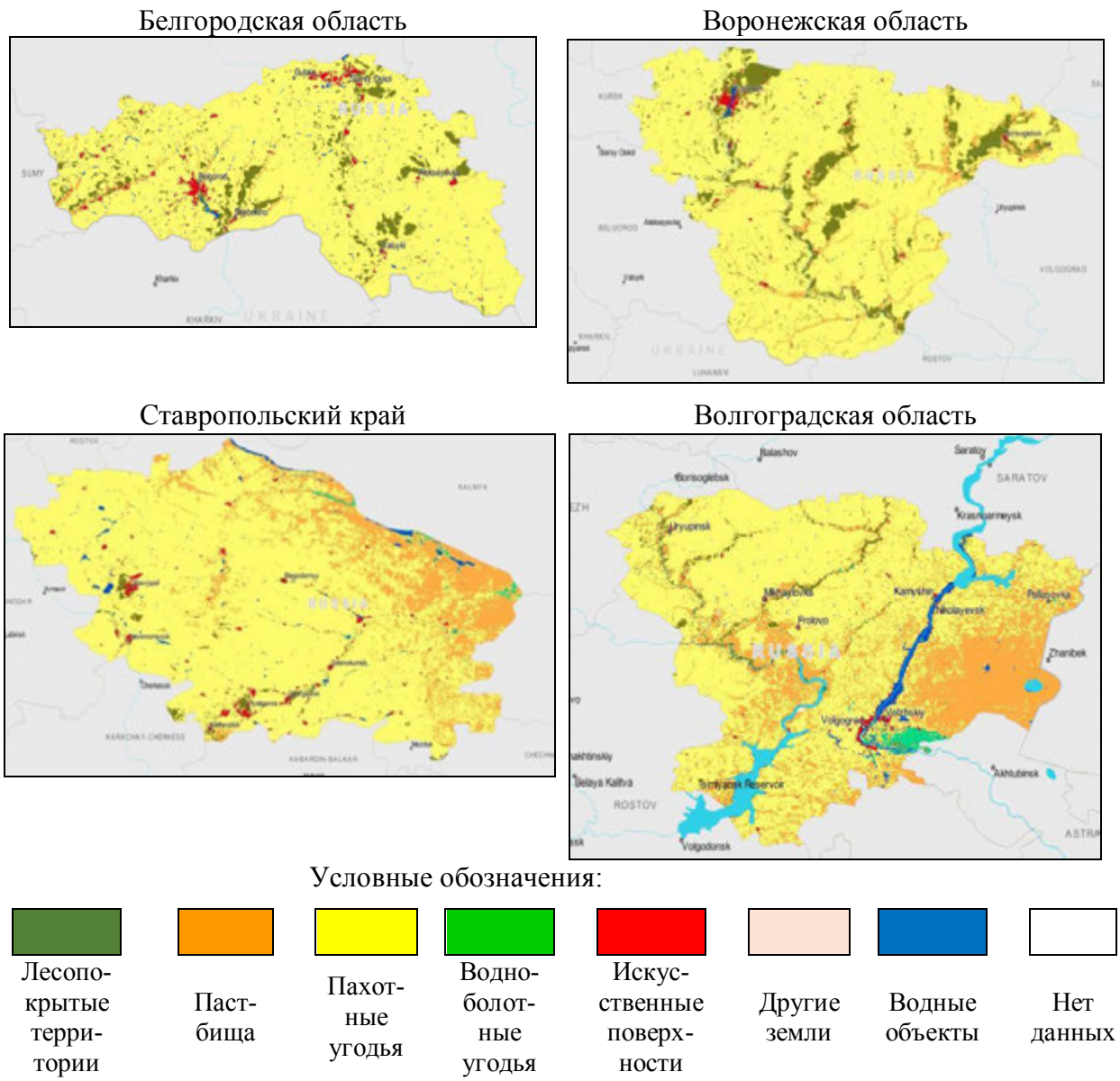


Рис. 2. Состояние наземного покрова исследуемых областей по состоянию на 2015 год (легенда аналогична рисунку 1). **Fig. 2.** Land cover of investigated regions as of 2015 (the descriptive text is similar to figure 1).

Таблица 3. Динамика и характер изменений наземного покрова за период 2001-2015 гг.
Table 3. Dynamic and nature of changes of land cover for 2001-2015.

Название субъекта	**Изменившиеся территории**		**Улучшенные**	**Ухудшенные**
	км^2	**%**	**%**	**%**
Белгородская область	223	0.8	0.06	0.74
Воронежская область	502	0.96	0.13	0.83
Ставропольский край	6361	9.63	9.02	0.61
Волгоградская область	2136	1.95	0.86	1.09

Проверка достоверности полученных данных по трансформации наземного покрова проводилась путем сопоставления с космическими изображениями. В целом, при относительно мелком масштабе рассмотрения (на уровне области или даже отдельных районов) данные, получаемые с использованием методологии Trends.Earth, оказываются вполне сопоставимыми с космическими снимками и отражают общий характер динамики наземного покрова на территории исследуемых объектов.

Относительно хорошо идентифицируются отдельные преобразования, например, связанные с вырубками (рис. 3 А) или возвращением залежей в пашню (рис. 3 Б). Однако, для малых площадей (в несколько пикселов в растровых картах) многие переходы между классами наземного покрова, установленные по данным Trends.Earth, ошибочны, особенно для малых площадей. Для всех исследуемых регионов ошибки схожи и не отражают особенностей регионов (рис. 4).

Наиболее распространёнными ошибками являются: некорректная интерпретация изменений на стабильных во времени лесных (рис. 4 А) и пахотных (рис. 4 Б) угодьях, нечеткое распознавание территории застройки, особенно на землях давнего освоения (например, в селах или садово-огородных участках; рис. 4 В). Вместе с тем, несмотря на отдельные ошибки, их доля в общем числе идентифицированных переходов составляет не более 10-20%, что в целом на фоне слабых изменений наземного покрова в исследуемых регионах составляет незначительную величину.

Динамика продуктивности земель. Согласно данным, полученным с использованием модуля Trend.Earth (рис. 5), и нашим расчетам (табл. 4), в Белгородской и Воронежской областях преобладают территории с улучшенной за период 2001-2015 гг. продуктивностью земель (50.4% и 42% соответственно). В Ставропольском крае преобладают стабильные территории, а в Волгоградской области – угнетенные и умеренно-ухудшенные по данному показателю.

Как следует из полученных результатов, продуктивность является для данных территорий более динамичным параметром по сравнению с наземным покровом: территории, не относящиеся к стабильным по данному параметру, составляют более половины территории во всех регионах.

При сопоставлении картографических данных Trends.Earth с космическими снимками, фондовыми и литературными данными был выявлен ряд закономерностей.

Так, практически во всех регионах хорошо фиксируется снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий при активно развивающихся эрозионных процессах (рис. 6).

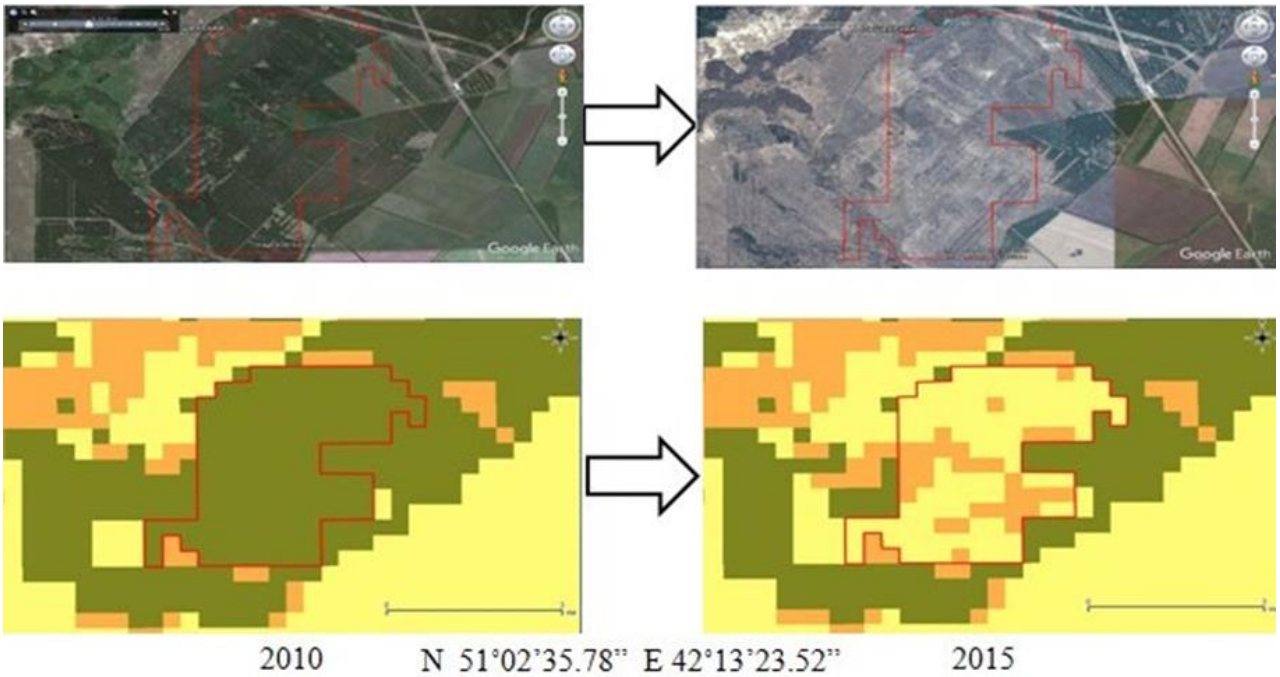
Наибольшая доля земель с падающей продуктивностью характерна именно для территорий с растущими оврагами и сильно эродированными почвами.

Вместе с тем, стабильные, хотя и сильно эродированные территории, не получают отражения на картах Trend.Earth, поскольку динамические процессы на них отсутствуют.

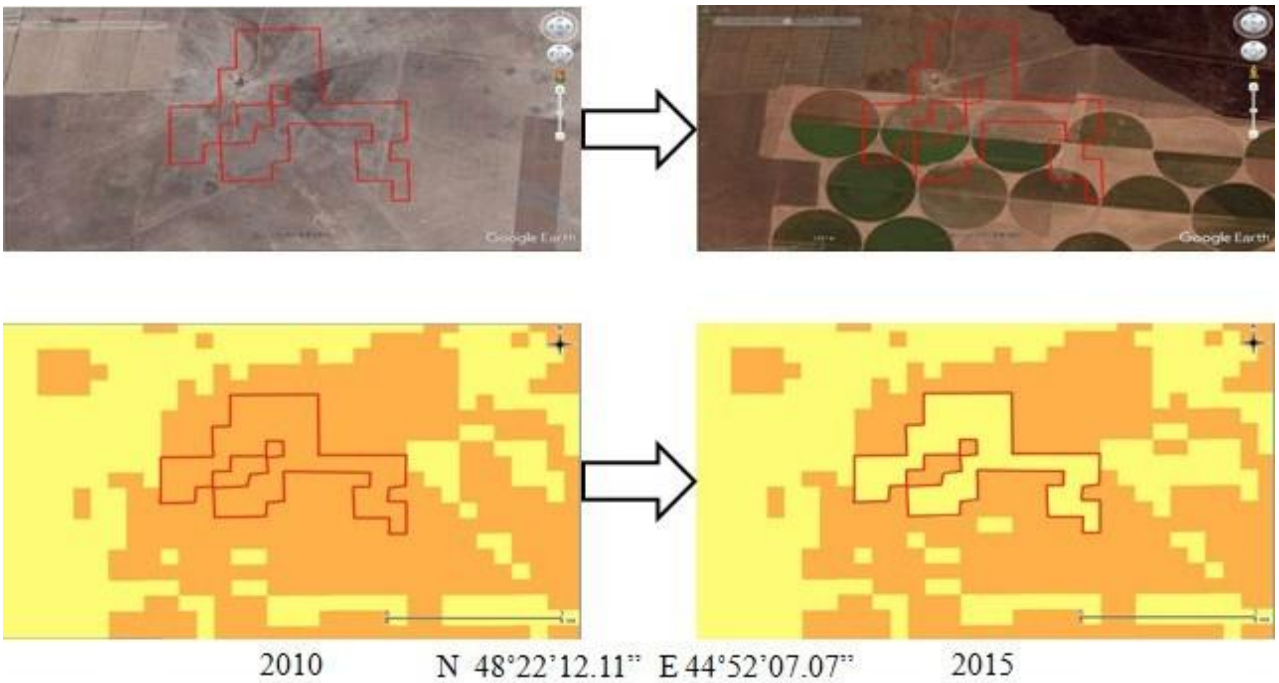
Помимо водной эрозии, снижение продуктивности за 15 лет хорошо диагностируется в случае роста переувлажнения территории (рис. 7 А), засоления и замочаривания (рис. 7 Б), деградации пастбищ (рис. 7 В).

Эродированные земли часто имеют двухстороннюю динамику продуктивности. Так, на максимально эродированных землях, где эрозионные процессы уже затухают, начинает развиваться растительность, которая повышает продуктивность земель. И наоборот, земли, на которых эрозионные процессы прогрессируют, имеют отрицательную динамику продуктивности (рис. 8).

Повышение продуктивности в большинстве случаев связано с зарастанием (повышением густоты и ростом) древесной растительностью (рис. 9 А), зарастанием оврагов (рис. 9 Б), улучшением почв и применением эффективных технологий в пахотном земледелии (рис. 9 В).



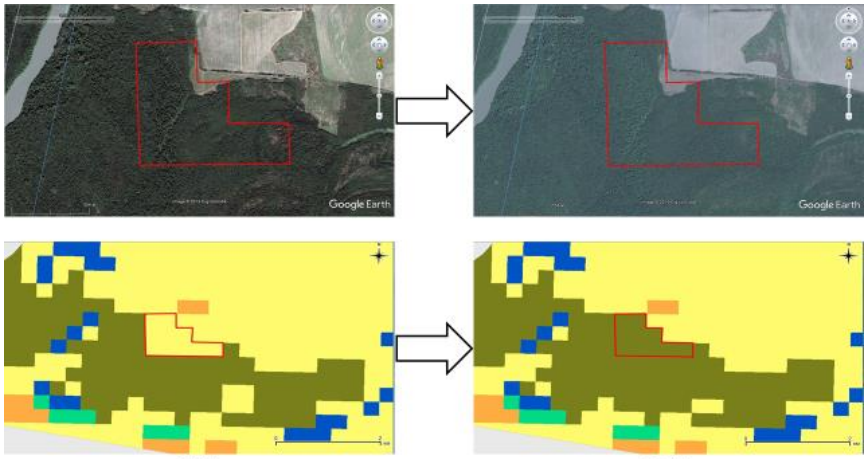
А. Сведение лесной растительности



Б. Распашка пастбищ на залежных землях

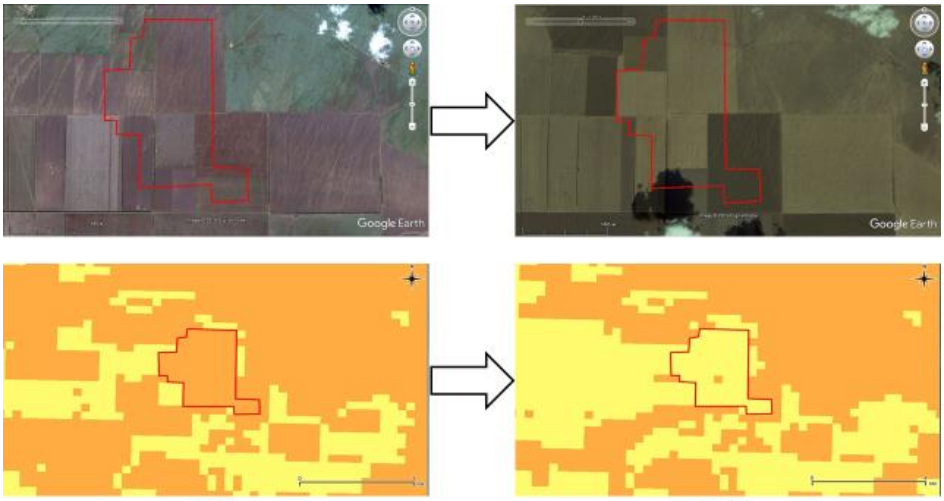
Рис. 3. Типы преобразований наземного покрова для отдельных участков исследуемых регионов (легенда аналогична рисунку 1). **Fig. 3.** Types of land cover transformations for individual sections of the investigated regions (the descriptive text is similar to figure 1).

Для Белгородской и Воронежской областей в основном зарастание древесной растительностью происходит по склонам балок или после вырубок, что приводит к повышению индекса NDVI. Для Волгоградской области единственным типом земель с положительным трендом продуктивности являются пойменные территории, отмечены также редкие случаи зарастания опустыненных земель кустарниковой растительностью.



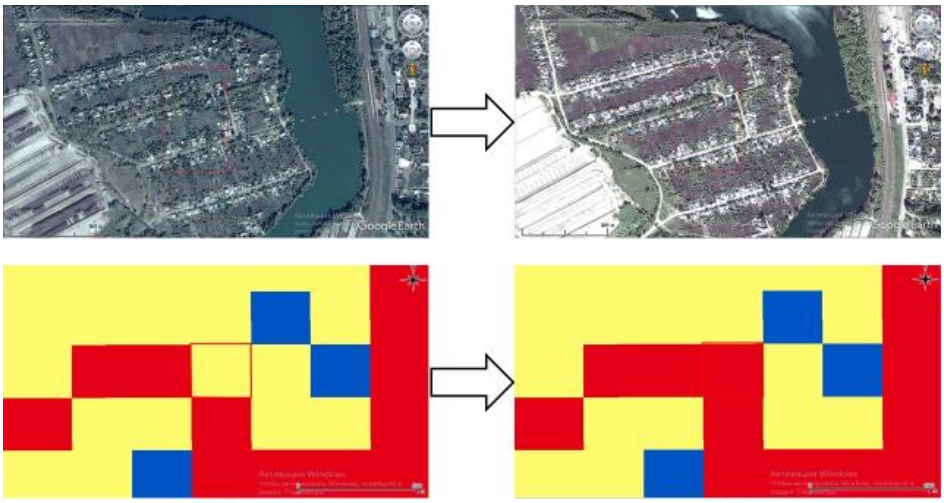
2010 2015

А. Некорректная интерпретация зарастания пашни при стабильном лесном покрове



2010 2015

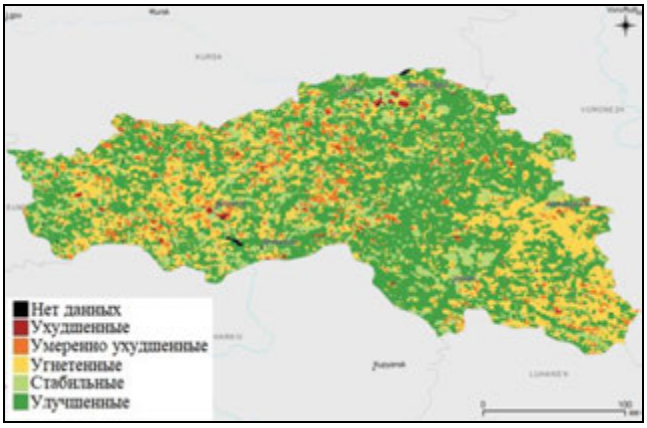
Б. Некорректная интерпретация перехода залежных земель в пахотные при стабильных пахотных угодьях



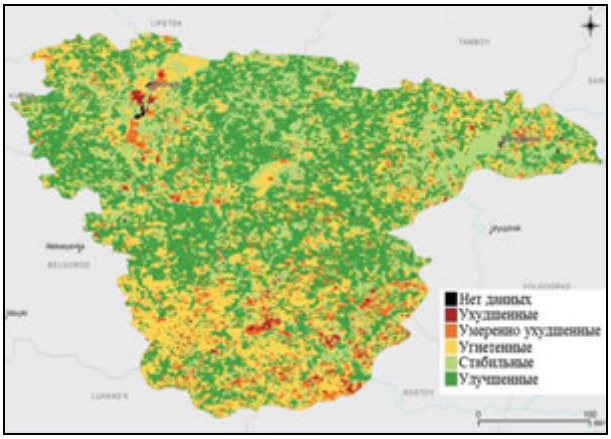
2010 2015

В. Некорректная интерпретация динамики застройки

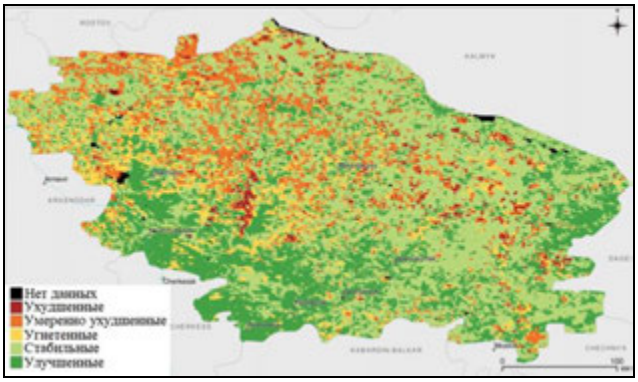
Рис. 4. Некорректная интерпретация переходов классов земель. **Fig. 4. I**ncorrect interpretation of the transitions of the land classes.



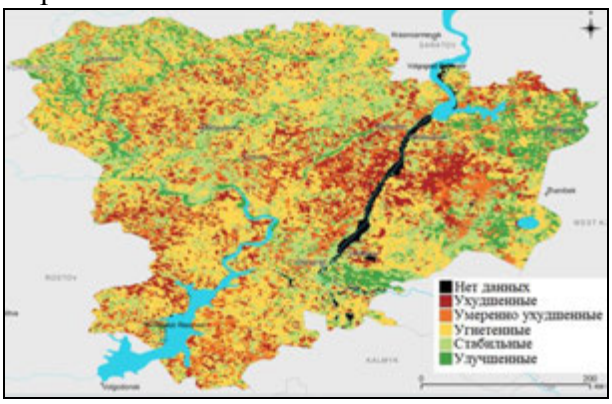
Белгородская область



Воронежская область



Ставропольский край



Волгоградская область

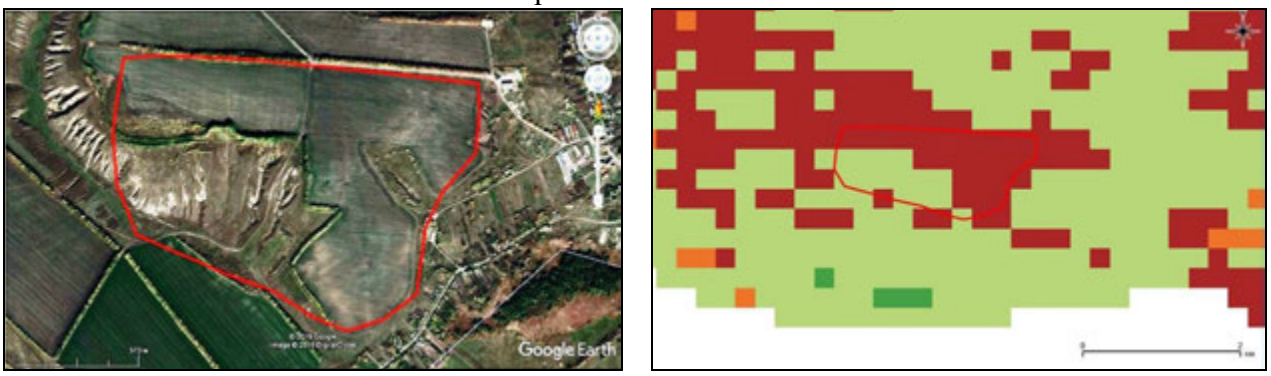
Рис. 5 Динамика продуктивности наземного покрова исследуемых областей за 2001-2015 год (легенда аналогична цветовой гамме в таблице 3). **Fig. 5.** Dynamics of land productivity in the study areas for 2001-2015 (the descriptive text is similar to the color scheme in table 3).

Таблица 4. Динамика наземной продуктивности и изменение урожайности за период 2000-2015 гг. (% от территории областей и в км^2). **Table 4.** Dynamics of land productivity and changes of crop capacity for 2000-2015 (% of the territory of the regions and in square kilometers).

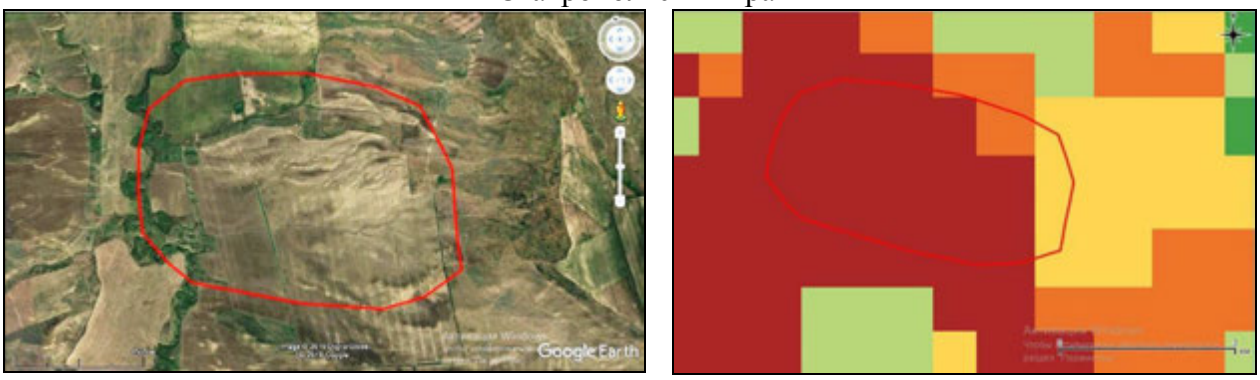
Название субъекта	Изменив-шиеся (Всего)		Улучшен-ные территории		Стабильные территории		Угнетен-ные территории		Умеренно ухудшен-ные		Ухудшен-ные территории		Нет данных	
	%	км^2	%	км^2	%	км^2	%	км^2	%	км^2	%	км^2	%	км^2
Белго-родская область	84.2	13942	50.4	13912	15.7	4338	27.1	7469	5.9	1633	0.7	200	0.1	30
Воро-нежская область	76.6	39886	42.3	22031	23.2	12090	26.9	14011	6.1	3183	1.3	661	0.1	74
Ставро-польский край	51.9	34290	26.9	17755	47.9	31660	10.1	6698	12.0	7958	2.8	1879	0.1	94
Волго-градская область	73.1	79753	11.1	12066	26.5	28902	36.7	40075	12.3	13459	13.0	14153	0.4	431

Белгородская область

Воронежская область



Ставропольский край



Волгоградская область

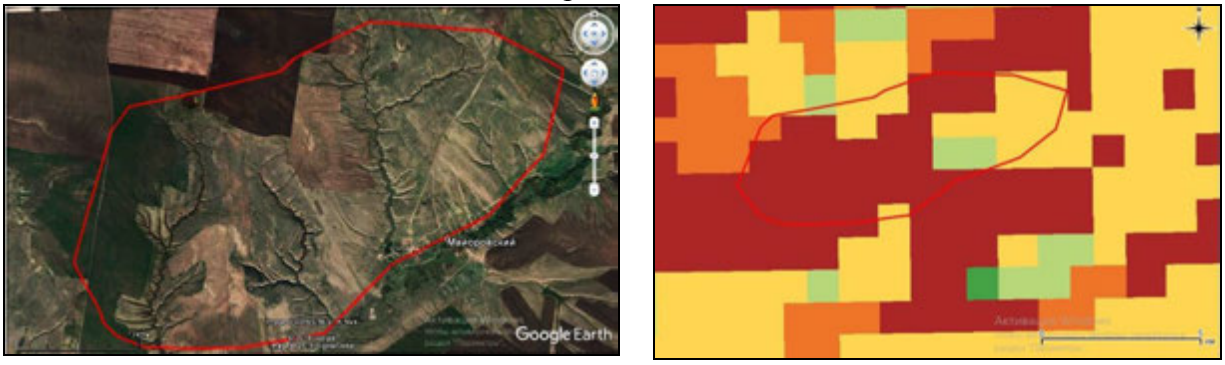
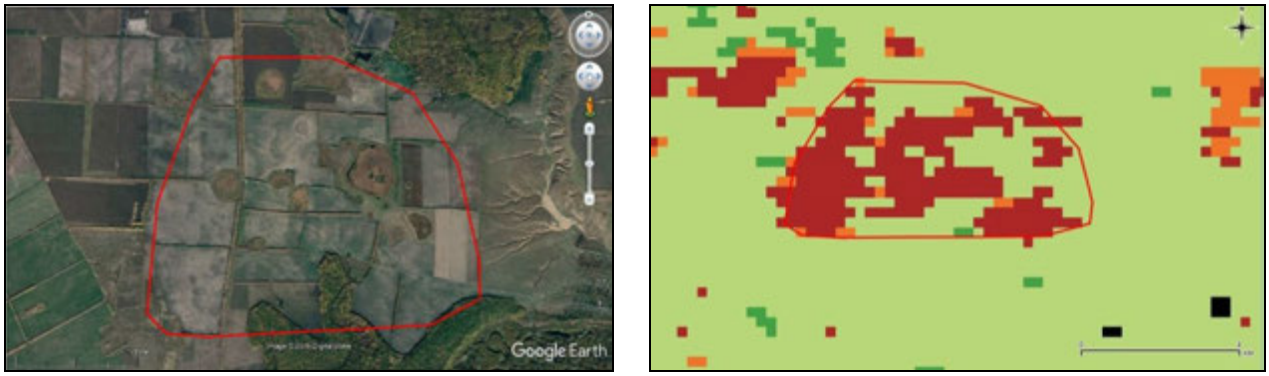
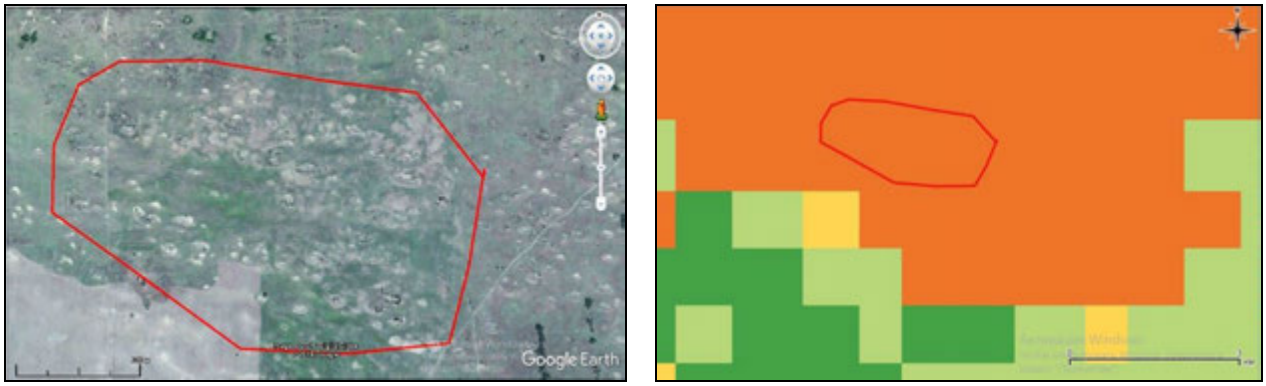


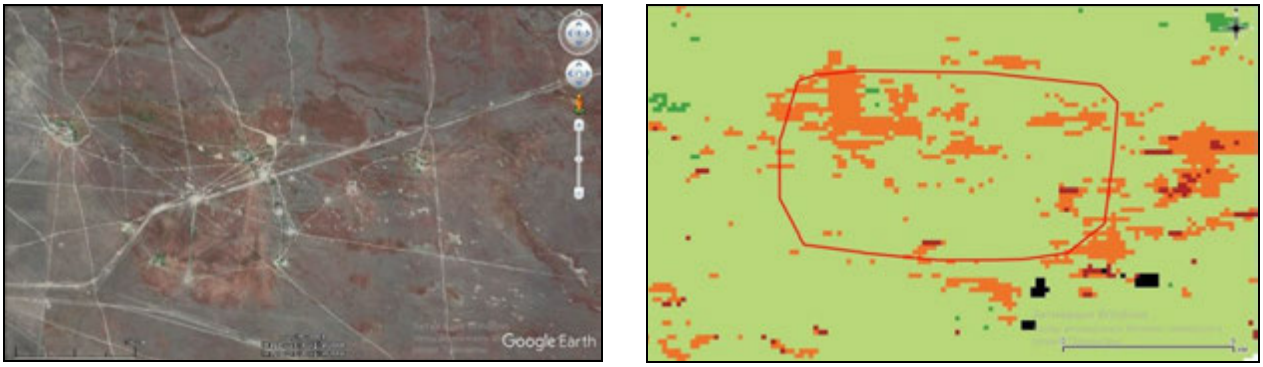
Рис. 6. Эрозионные процессы и снижение продуктивности пахотных земель (легенда аналогична цветовой гамме в таблице 3). **Fig. 6.** Erosion processes and decrease of crop capacity of croplands (the descriptive text is similar to the color scheme in table 3).



А. Снижение продуктивности при переувлажнении и заболачивании (Воронежская область)



Б. Снижение продуктивности при замочаривании и засолении (Ставропольский край)



В. Снижение продуктивности при деградации пастбищ и опустынивании (Ставропольский край)

Рис. 7. Примеры снижения продуктивности земель. **Fig. 7.** Examples of land productivity decrease.

При анализе динамики продуктивности были выявлены ситуации, когда деградационные процессы в ландшафтах не обязательно приводят к ухудшению продуктивности. Так, даже сильно опустыненные земли могут показывать стабильное состояние по индикатору динамики продуктивности. Данная особенность связана с тем, что при максимальной степени деградации дальнейшее снижение продуктивности земель невозможно, и такое «стабильно плохое» состояние все равно характеризуется как стабильное.

Содержание почвенного органического углерода. Метод оценки динамики деградации земель с использованием расчетного модуля Trands.Earth исходит из того, что изменения в запасах почвенного органического углерода происходят не независимо, а связаны с изменениями наземного покрова. «Негативные» изменения наземного покрова (согласно приведенной выше матрице переходов) приводят к уменьшению содержания почвенного органического углерода и наоборот.

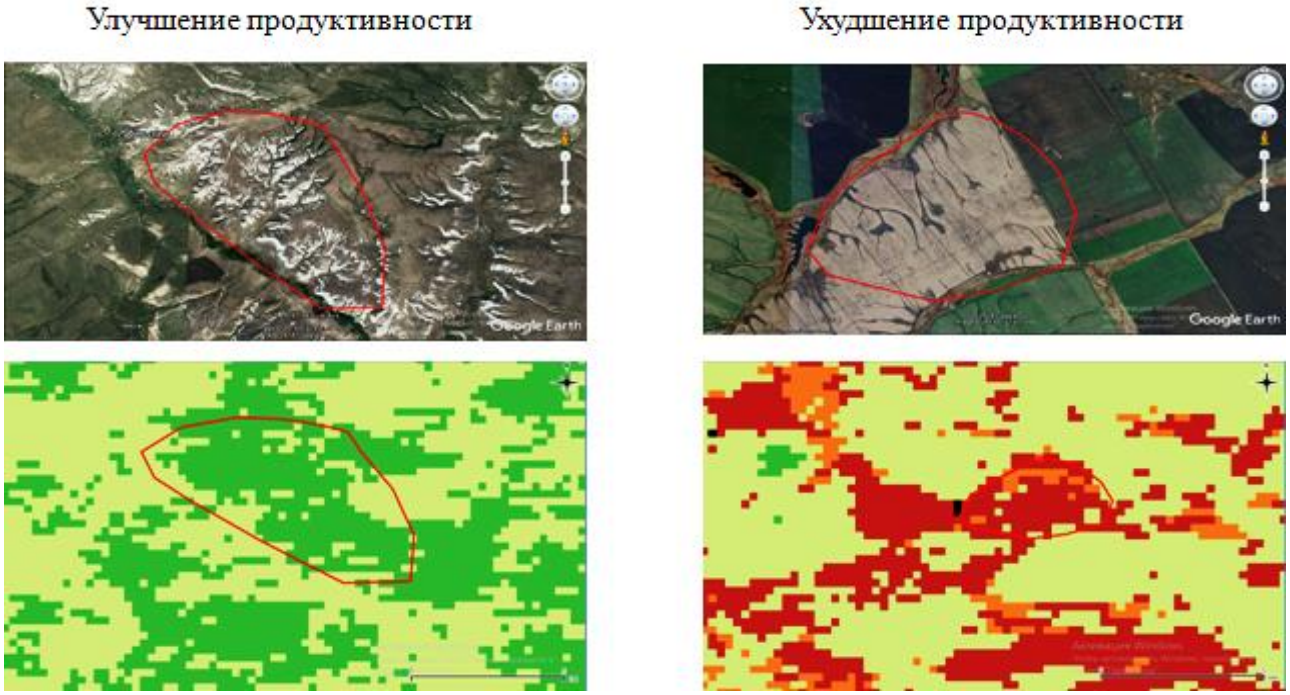
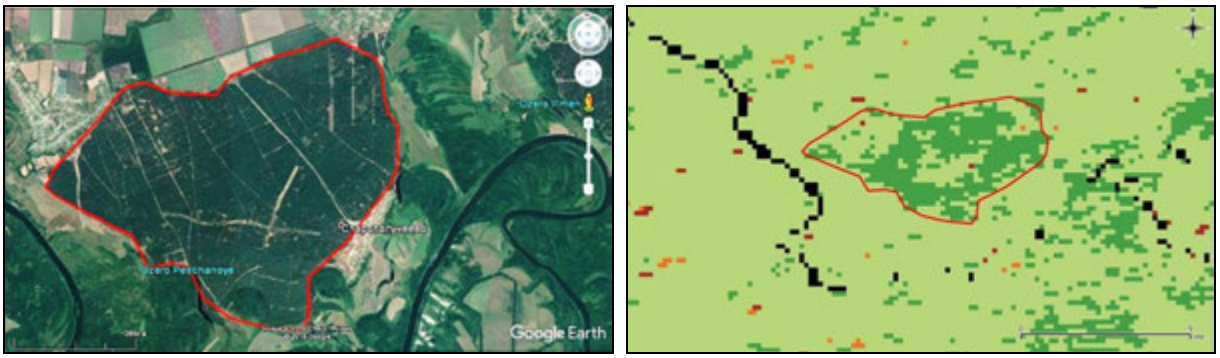
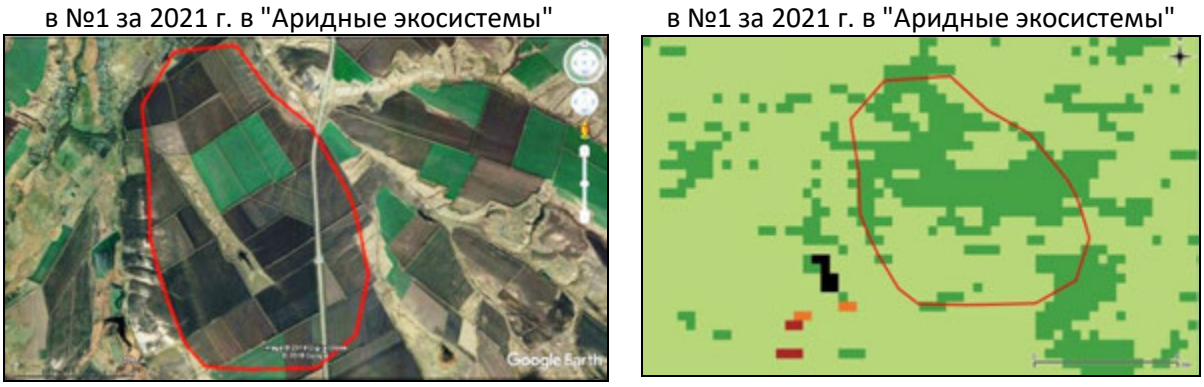


Рис. 8. Разнонаправленная динамика продуктивности эродированных земель (Волгоградская область). **Fig. 8.** Multidirectional productivity dynamic of erosive lands (Volgograd region).



Улучшение продуктивности лесов (Воронежская область)



Пахотные угодья с улучшенной продуктивностью (Воронежская область)

Рис. 9. Примеры повышения продуктивности земель. **Fig. 9.** Examples of land productivity increase.

Как мы отмечали ранее (Kust et al., 2018), этот подход не правомерен для многих территорий Юга России, так как изменения содержания углерода в почвах часто происходят без изменения наземного покрова. Такая ситуация в наибольшей степени характерна именно для пахотных земель, в которых дегумификация происходит вследствие распашки территории и смыва верхнего плодородного слоя. Положительная динамика также возможна в составе одного и того же класса земель, например при рациональном землепользовании и внесении удобрений.

Для точной характеристики данного индикатора необходимо использование дополнительных национальных и региональных данных. Но в настоящее время официальные региональные данные за требуемый период в большинстве случаев отсутствуют. Поэтому в ближайшее время можно рекомендовать замену данного индикатора на более информативный аналог, к которому в разных случаях могут быть отнесены, например, степень развития эрозионных процессов, наличие доступной влаги в почвах в период вегетации, и др.

Доля деградированных земель от общей площади территории (показатель ЦУР ООН 15.3) и Индекс НБДЗ. Как отмечалось выше, доля деградированных земель от общей площади суши (показатель ЦУР ООН 15.3) представляет собой результат интегрального использования рассмотренных выше трех индикаторов НБДЗ. Продуктивность как наиболее динамичный показатель вносит наибольший вклад в значение показателя ЦУР ООН.

Расчет данного показателя за пятнадцатилетний период с 2001 по 2015 по исследуемым регионам приведен на рисунке 10. Как видно из рисунка 10, все сельскохозяйственные регионы отличаются высокой долей приращения деградированных земель за последние 15 лет, несмотря на проводимые почвозащитные и природоохранные мероприятия. По сравнению со среднероссийскими показателями (12.3%; Деградация земель …, 2019) они оказываются превышены в большинстве регионов в 2.8 и более раз.

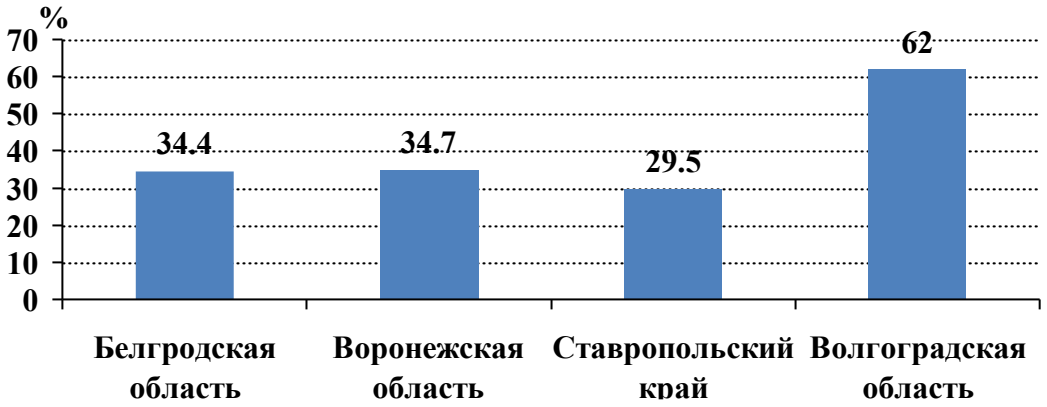


Рис. 10. Доля деградированных земель от общей площади исследуемых регионов (за период 2001-2015 гг.). **Fig. 10.** Share of degraded land from the total area of the studied regions (for 2001-2015).

При использовании данного показателя в планировании землепользования важно напомнить, что основной смысл концепции НБДЗ и ЦУР ОНН 15.3 состоит в том, что *в каждом конкретном месте земного шара* надо стремиться к тому, чтобы не допускать ухудшения состояния земель (Orr et al., 2017). Таким образом, в контексте результатов нашего исследования, данный показатель настраивает на необходимость повсеместной постановки задач по достижению НБДЗ (в данном случае в каждом картографическом пикселе исследованных областей), однако не отражает динамики восстановительных

процессов – как природных, так и предпринимаемых с участием человека. Для отражения последнего нами был введен показатель, которому дали название «Индекс НБДЗ» (автор Г.С. Куст с соавторами; Национальный доклад, … 2019), рассчитываемый как разница между долями улучшенных и ухудшенных территорий в пределах какого-либо отдельно взятого региона. Таким образом, Индекс НБДЗ дает представление о компенсации ухудшенных территорий улучшенными. Хотя это не абсолютно соответствует подходам «Рамочной методологии» (Orr et al., 2017), тем не менее, свидетельствует дополнительно о потенциале восстановления деградированных земель в пределах конкретных территорий. Так, из данных, представленных на рисунке 11 видно, что наибольший потенциал восстановления из исследованных территорий свойственен Белгородской и Воронежской областям, где Индекс НБДЗ имеет высокие положительные значения, и наименьший – для Волгоградской области, где доля деградированных земель существенно выше доли восстановленных за тот же период времени.

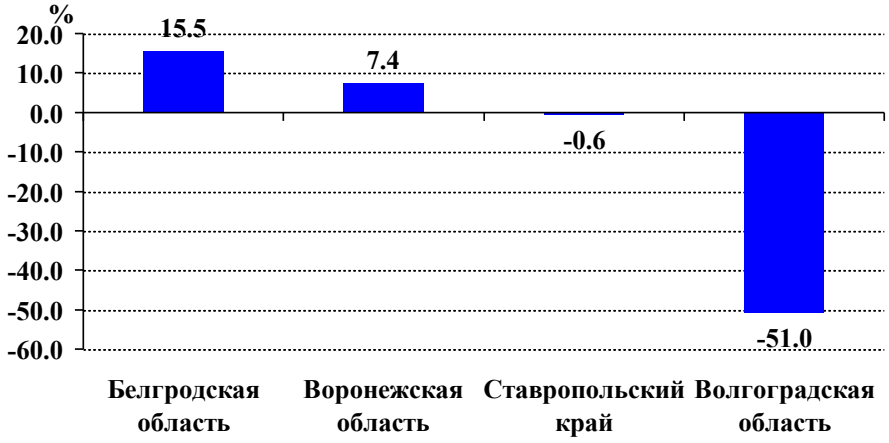


Рис. 11. Индекс НБДЗ. **Fig. 11.** LDN Index.

Таким образом, наше исследование, проведенное на примере нескольких регионов Юга Европейской территории России, показало, что расчетный модуль Trends.Earth, рекомендуемый КБО ООН (2016) для оценки нейтрального баланса деградации земель, предоставляет достаточно информативные пространственные и количественные данные о состоянии земель на региональном уровне. С его помощью была показана динамика основных глобальных индикаторов НБДЗ и рассчитаны значения показателя доли деградированных земель. Для более корректных расчетов на базе концепции НБДЗ требуется повышение точности данных о пространственном распределении и динамике запасов почвенного органического углерода, которые не получили пока отражения в результатах данного исследования.

Валидация полученных данных, проведенная с помощью космических снимков показала, что в целом для уровня отдельных областей динамика основных индикаторов НБДЗ отражает основные тенденции деградации земель, описанные в литературе и фондовых материалах: усиление процессов водной эрозии, деградации пастбищ, засоление, осолонцевание. Вместе с тем, для более детальных исследований в крупном масштабе, то есть на уровне отдельных хозяйств, требуется разработка более сложных алгоритмов с использованием космических снимков и данных более высокого разрешения.

Достоинством (хотя в определенной степени недооцененным) используемой методики является то, что она демонстрирует не столько актуальное состояние земель, сколько изменения, произошедшие за определенный период, причем достаточно короткий (10-15-20

лет). Поэтому если «улучшение» или «ухудшение» явно привлекают внимание ученых и землепользователей, то случаи отсутствия изменения в состоянии земель не должны вызывать успокоения. Такого рода «стабильность» может говорить о «стабильно плохом» состоянии и быть обусловлена деградационными процессами, имевшими место в прошлом, за пределами анализируемого временного интервала. Для выявления таких ситуаций необходимо использовать дополнительные источники информации.

Тренды, выявляемые с помощью метода Trend.Earth, следует рассматривать только в качестве дополнительного источника информации, а не использовать для характеристики актуальных процессов в качестве «абсолютных» данных. Улучшение состояния земель, особенно сельскохозяйственных, оцениваемое по индикатору продуктивности при стабильности других параметров, может быть связано не с улучшением почвенных свойств и борьбы с деградацией земель, а как раз наоборот – происходить за счет роста продуктивности в результате интенсификации земледелия и интенсивной эксплуатации почвенных свойств, что может быть незаметно при анализе NDVI за относительно короткий период изменений. Ряд очевидных процессов деградации земель некорректно отражаются через индикаторы НБДЗ: например, увеличение площади оврагов или забрасывание истощенных земель приводит к смене сельскохозяйственных культур на луговую и кустарниковую растительность, что приводит к повышению NDVI и формально может быть интерпретировано как положительный процесс, хотя в действительности замеченные тренды могут быть результатом негативных явлений.

Выводы

1. Методология нейтрального баланса деградации земель и созданный на ее основе расчетный модуль Trend.Earth может быть использована для оценки деградации земель для Юга европейской части России и аналогичных территорий. Он отражает основные направления динамики наземного покрова, продуктивности земель и позволяет рассчитывать показатель 15.3 ЦУР ООН (Повестка ..., 2015) – доли деградированных земель от общей площади территории.

2. Наиболее динамичным индикатором для исследованных регионов является продуктивность земель, индикатор динамики наземного покрова, как правило, не превышает 2% территории сельскохозяйственных регионов, хотя в некоторых случаях (Ставропольский край) может достигать 9% и более. Индикатор динамики запасов почвенного органического углерода требует регулярного обследования почв или замены на более информативный аналог.

3. Среди природных причин снижения продуктивности и динамики земель для всех исследуемых регионов является развитие эрозионных процессов. Основными причинами повышения продуктивности являются зарастание ранее заброшенных малопродуктивных залежных земель, оврагов и балок древесной и кустарниковой растительностью, повышение урожайности на пахотных угодьях за счет агротехнических мероприятий. Дифференцировать эти процессы без привлечения снимков высокого разрешения и дополнительных наземных данных не представляется возможным.

4. На основании рассчитанного показателя доли деградированных земель от общей площади территории, исследуемые регионы можно ранжировать в следующем порядке: Ставропольский край (29.5%), Белгородская область (34.4%), Воронежская область (34.7%), Волгоградская область (62.0%).

5. Анализ потенциала восстановления земель на основании введенного нами ранее Индекса НБДЗ (соотношение улучшенных и ухудшенных территорий) позволяет распределить исследованные регионы иным образом: от самого высокого регионального

потенциала – Белгородская область (15.5%), Воронежская область (7.4%), Ставропольский край (-0.6%), Волгоградская область (-51.0%) – до самого низкого регионального потенциала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Деградация земель и опустынивание в России: Новейшие подходы к анализу проблемы и поиску путей решения. 2019. Москва: Издательство Перо. 235. с.

КБО ООН /Глобальный механизм. 2016. Достижение нейтрального баланса деградации земель на уровне страны, составные элементы при определении целей НДЗ. 28 с. [Электронный ресурс http:// www2.unccd.int/sites/default/files/documents/18102016_LDN%20country%20level_ENG.pdf (дата обращения 01.10.2019)].

Национальный доклад. 2019. Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство) /Ред. Р.С.-Х. Эдельгериев. 516 с.

ЕМИСС государственная статистика. 2019. Площадь земельного фонда в границах территорий Российской Федерации. [Электронный ресурс https://www.fedstat.ru/indicator/38150 (дата обращения 01.10.2019)].

Повестка дня в области устойчивого развития до 20230 г. Генеральная Ассамблея ООН. A/RES/70/1. 21.10.2015. 44 с. [Электронный ресурс https://undocs.org/ru/A/RES/70/1 (дата обращения 01.10.2019)].

IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and OtherLand Use. Geneva. 42 p. [Электронный ресурс https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_03_Ch3_Representation.pdf (дата обращения 01.10.2019)].

Kust G., Andreeva O., Lobkovskiy V., Telnova N. 2018. Uncertainties and policy challenges in Implementing Land Degradation Neutrality in Russia // Environmental Science and Policy. Vol. 89. P. 348-356.

Hengl T., de Jesus J.M. , Heuvelink1 G. B. M., Gonzalez1 M. R., Kilibarda M., Blagotić A., Shangguan W., Wright M. N., Xiaoyuan Geng, Bauer-Marschallinger B., Guevara M. A., Vargas R., MacMillan R. A., Batjes N. H., Leenaars J. G. B., Ribeiro E., Wheeler I., Mantel S., Kempen B. 2017. SoilGrids 250 m: Global gridded soil information based on machine learning // Plos one. № 2 (12). February 16, 2017. [Электронный ресурс https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748 (дата обращения 21.02.2019)].

Li W., MacBean N., Ciais P., Defourny P., Lamarche C., Bontemps S., Houghton R.A., Peng S. 2017. Gross and net land cover changes based on plant functional types derived from the annual ESA CCI land cover maps // Earth System Science Data Discussions. P. 1-23.

Orr B.J., Cowie A.L., Castillo S.V.M., Chasek P., Crossman N.D., Erlewein A., Louwagie G., Maron M., Metternicht G.I., Minelli S., Tengberg A.E., Walter S., Welton S. 2017. Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Bonn, Germany. 129 p.

Trends.Earth. 2018. Conservation International. [Электронный ресурс http://trends.earth/docs/en/ (дата обращения 21.02.2019)].

UNCCD. 2015. Report of the Conference of the Parties on its twelfth session, held in Ankara from 12 to 23 October 2015. Part two: Actions taken by the Conference of the Parties at its twelfth session. ICCD/ COP(12)/20/Add. Bonn: United Nations Convention to Combat Desertification. [Электронный ресурс: https://www.unccd.int/convention/conference-parties-cop/unccd-

cop12-ankara-turkey (дата обращения 20.11.2019)].
UNCCD. 2016a. Land degradation Neutrality: The Target Setting Programe. Brussels. UNCCD. 20 p.
UNCCD. 2016b. CRIC 15. ICCD/CRIC(15)/5/. Report on opportunities for increased financing for the implementation of the Convention and options to track finance in the context of future UNCCD reporting. 21 p. [Электронный ресурс: https://www.unccd.int/sites/default/files/sessions/documents/ICCD_CRIC15_5/5eng.pdf(дата обращения 20.11.2019)].

EXPERIENCE IN ASSESSMENT OF LAND DEGRADATION DYNAMICS OF THE SOUTH OF EUROPEAN PART OF RUSSIA USING THE METHODOLOGY OF LAND DEGRADATION NEUTRALITY

© 2020. M.V. Belyaeva*, **, O.V. Andreeva*, **, G.S. Kust*, V.A. Lobkovskiy*

**Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences*
Russia, 119017, Moscow, Staromonetniy pereulok 29. E-mail: kust@igras.ru
***M.V. Lomonosov Moscow State University*
Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory, 1. E-mail: andreevala@yandex.ru

Received November 11, 2019. Revised December 24, 2019. Accepted August 01, 2020.

The purpose of the article is to consider the possibility of using the concept of Land Degradation Neutrality (LDN) and the calculating module Trend.Earth recommended by the UN Convention to Combat Desertification (UNCCD) to assess the short-term dynamics of land degradation in several regions of the South of the European part of Russia (Belgorod, Voronezh, Volgograd oblasts, Stavropol kray). To validate the obtained results the space imagery has been used. The LDN concept, widely developing during recent years by the UNCCD, is considered in world science and practice as a scientific and practical platform for the efficient use of land resources and rational nature management, and for the adoption of relevant political and economic decisions.

For the first time in Russia, the Trends.Earth based on the Q-GIS platform specially developed by the UNCCD to evaluate the LDN was used as a research method. With this method based on an analysis of three indicators: changes in land cover, changes in productivity, changes in soil organic carbon (SOC), an integral indicator of the proportion of land that is degraded over total land area of the studied regions for the period 2001-2015 is calculated. This indicator is officially approved by the UN to monitor progress towards achieving Sustainable Development Goals (SDG) target 15.3.

It has been proved that the Trends.Earth calculation module recommended by the UNCCD for the assessment of LDN provides fairly informative spatial and quantitative data on the state of land at the subregional level and can be used on preliminary basis to assess land degradation in the south of European Russia and similar territories. For more accurate calculations based on the LDN concept, it is necessary to increase the accuracy of data, in particular, on the spatial distribution and dynamics of soil organic carbon stocks.

The results described that the land cover is a relatively slightly changing indicator of land cover dynamics for developed agricultural regions; a more dynamic parameter is productivity change. Comparison of the studied regions in terms of land restoration potential based on the proposed LDN Index showed that Belgorod and Voronezh regions have the greatest potential, and the lowest potential is characteristic of Volgograd region where the proportion of degraded lands is significantly higher than those restored during the same period of time.

Based on the indicator of the proportion of degraded lands over the total area, the studied regions can be ranked in the following order: Stavropol Kray (29.5%), Belgorod Region (34.4%), Voronezh Region (34.7%), Volgograd Region (62.0%). Studied regions are characterized by a high proportion of growing of degraded lands area over the past 15 years, despite ongoing soil conservation and environmental protection measures.

Validation of the data obtained using satellite images showed that, in general, for the level of individual regions, the proposed tool reflects the main trends of land degradation, however, for more detailed studies on a large scale, the development of more complex algorithms using satellite images and higher resolution data are required.

Keywords: Land Degradation Neutrality, Russia, Land Degradation Neutrality Indicators, Trends.Earth.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10066

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2020, том 4, № 3, с. 166-179

МЕТОДЫ ПОДДЕРЖАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 574.2

ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМНЫХ ФУНКЦИЙ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЛОСИНЫЙ ОСТРОВ»

© 2020 г. А.К. Лелькова, А.А. Пакина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1
E-mail: alla-lelkova@yandex.ru, allapa@yandex.ru

Поступила в редакцию 20.07.2020. После доработки 30.08.2020. Принята к публикации 01.09.2020

В условиях постоянно растущей антропогенной нагрузки увеличивается роль естественных функций, выполняемых экосистемами особо охраняемых природных территорий. Идентификация таких функций и оценка их роли в обеспечении высокого качества жизни населения необходима, в первую очередь, с точки зрения их «конкурентоспособности» по отношению к другим благам природного происхождения. Национальный парк «Лосиный остров» является самым крупным ненарушенным массивом природных экосистем в окрестностях г. Москва и оказывает значительное влияние на регулирование локальных и региональных природных процессов. Обеспечивающие услуги в национальном парке представлены ограниченными возможностями заготовки древесины, любительского лова рыбы, сбора дикоросов и недревесных продуктов леса, а также функцией хранилища генетических ресурсов. К регулирующим функциям относятся регулирование потоков вещества и энергии, включая качество воздуха и воды, а также сохранение местообитаний, опыление, биологический контроль и т.п. Наиболее ярко выраженные функции – развитие рекреации и туризма, относящиеся к группе культурных услуг. В основу оценки экологических услуг, продуцируемых природными экосистемами парка, положена теория общей экономической ценности, которая позволяет произвести монетизацию выгод, получаемых обществом от наличия и функционирования ООПТ с учетом прямого и косвенного использования природных благ и стоимости существования территории. Исходными материалами послужили статистические данные по региону исследования, результаты полевых исследований авторов 2019-2020 гг., данные социологического опроса, официальные материалы ФГБУ «Национальный парк Лосиный остров», космические снимки на территорию исследования. Полученные оценки прямой и косвенной стоимости услуг, продуцируемых экосистемами парка, подтвердили преобладание косвенной стоимости, что обусловлено строгим природоохранным режимом территории и её востребованностью в качестве объекта рекреации. Также на основании имеющихся данных социологического опроса можно сделать вывод о высокой социально-экологической значимости национального парка для жителей региона, практически единогласно считающих, что «Лосиный остров» необходимо сохранять в его нынешних границах.

Ключевые слова: национальный парк, «Лосиный остров», экосистемные функции, экономическая оценка, концепция общей экономической стоимости.
DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10067

В условиях постоянно растущей антропогенной нагрузки, в особенности на урбанизированных территориях с высокой плотностью населения, особо охраняемые природные территории (ООПТ) остаются едва ли не последними островками естественной природы. В связи с этим существенно возрастает роль естественных функций, выполняемых экосистемами. Идентификация таких функций и оценка их роли в обеспечении высокого

качества жизни населения в последние годы все больше привлекает внимание исследователей. При этом речь идет, как правило, об оценке значимости экологических функций природных комплексов для подтверждения их «конкурентоспособности» в числе всего многообразия благ природного происхождения (Пакина, 2018; Тимохина и др., 2017). В связи с этим большое внимание уделяется «экосистемным услугам» – свойствам экосистем, характеризующим их полезность, т.е. их способность удовлетворять человеческие потребности.

Характерно, что вначале понятие «экосистемных услуг» (в оригинале – *ecological services*) использовалось как метафора и только в связи с распространением в научном сообществе концепции природного капитала (Costanza, Daly, 1992) оно стало использоваться в качестве аналитического инструмента для выявления связей между сохранением экосистем и благосостоянием человека (Iniesta-Arandia et al., 2014). Такая смена трактовки в целом объяснима: в условиях рыночной экономики материальные блага, производимые экосистемами, воспринимаются как товары (*goods*), а нематериальные, соответственно, как услуги (*services*). Таким образом, экологические функции природных систем представляют собой свойство экосистем продуцировать т.н. «экосистемные услуги», значение которых для общества уже не вызывает вопросов, однако по-прежнему требует совершенствования подходов к их классификации и оценке.

Итак, под «экосистемными услугами» (ЭУ) понимается совокупность благ, получаемых обществом от экосистем, причем благ как материальных, так и нематериальных. Наряду с материальными, такими как чистый воздух, пресная вода, продукты питания, горючие материалы, к числу ЭУ относят и нематериальные: функции по защите земель от эрозии и наводнений, регулирование климата, опыление сельскохозяйственных культур и многие другие, а также спектр возможностей для осуществления культурной, духовной, научной и рекреационной деятельности (De Groot et al., 2010). Таким образом, в литературе термин «экосистемные услуги» зачастую трактуется как вклад экосистемных структур и функций, в сочетании с другими факторами, в благосостояние человека (Бобылев, Захаров, 2009), по сути представляя собой возможную интерпретацию роли экологических функций природы в контексте рыночных отношений.

К настоящему времени разработано несколько классификаций экосистемных услуг. Например, в Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России (2001) (Национальная стратегия …, 2002) выделены 4 группы жизнеобеспечивающих функций биологического разнообразия: продукционные (производство биомассы, которая изымается из экосистем и используется человеком); средообразующие (поддержание биогеохимических циклов вещества, газового баланса и влажности атмосферы, формирование устойчивого гидрологического режима территорий и т.п.); информационные и духовно-эстетические (полезная для человека информация и другие нематериальные блага). Широко используются также классификация международного проекта «Экономика экосистем и биоразнообразия – TEEB» (The Economics …, 2008), доклада «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) и др. Согласно данным классификациям распределение ЭУ по группам в зависимости от их характеристик может быть представлено следующим образом (табл. 1).

Специфика особо охраняемых территорий состоит в их способности сохранять экосистемы, часто уникальные и невосполнимые, служащие мощным источником потоков экосистемных услуг. Большая часть в структуре ЭУ, предоставляемых особо охраняемыми территориями, приходится на долю регулирующих, поддерживающих и культурных функций, что объясняется ограничениями на ведение хозяйственной деятельности на их территории. Этим же объясняется относительно небольшой вклад ООПТ в прямое обеспечение потребителей древесиной, продуктами питания, лекарственным сырьем и т.д. В то же время за

счет регулирующих и поддерживающих услуг ООПТ косвенно поддерживаются потоки выгод, получаемых населением на сопредельных территориях, такие как обеспечение качества окружающей среды, а также поддержание ресурсной базы рыболовства, охоты и других видов использования биологических ресурсов. Подтверждение такого рода выгод, получаемых за счет ООПТ, подчеркивалось в работах отечественных ученых еще в 1980-х гг. (Балацкий и др., 1989) и продолжает оставаться предметом изучения в настоящее время.

Таблица 1. Классификация экосистемных услуг по их основным характеристикам (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Группа услуг	Характеристика	Услуги
Обеспечивающие	Материальный или энергетический результат функционирования экосистем	продуцирование продуктов питания, волокон, пресной воды, топливных ресурсов, генетических ресурсов
Регулирующие	Выгоды от регулирования экосистемных процессов	− регулирование качества воздуха, климата, гидрологического режима, эрозионных процессов − очистка воды − опыление
Культурные	Нематериальные выгоды, которые люди получают при непосредственном контакте с экосистемами	− культурное разнообразие − духовные и религиозные ценности − системы знаний − образовательные ценности − эстетические ценности − рекреация и экотуризм
Поддерживающие	Поддержание процессов, необходимых для продуцирования других экосистемных услуг	− почвообразование − круговорот питательных веществ − круговорот воды − фотосинтез

Экосистемные функции национального парка «Лосиный остров»

«Лосиный остров» является самым крупным ненарушенным массивом природных экосистем в окрестностях г. Москвы и оказывает значительное влияние на регулирование локальных и региональных природных процессов, улучшая экологическую ситуацию и повышая качество жизни населения. Выше была приведена классификация экосистемных услуг, предоставляемых ООПТ, на четыре группы: обеспечивающие, регулирующие, поддерживающие и культурные (табл. 1). Анализ территории НП «Лосиный остров» показал, что набор экосистемных услуг, обеспечиваемых функционированием его природных комплексов, традиционно широк, что определяется, с одной стороны, относительной ненарушенностью экосистем, а с другой – высокой востребованностью большинства функций в силу расположения парка (табл. 2).

В границах национального парка «Лосиный остров» обеспечивающие услуги представлены весьма ограниченными возможностями заготовки древесины, любительского лова рыбы, сбора дикоросов и недревесных продуктов леса. Тем не менее, все они в той или иной мере используются на практике, в частности, для обеспечения рекреационной деятельности, присущей национальному парку в силу его охранного статуса. Существенно

более значимой является функция хранилища генетических ресурсов: генетическая информация, содержащаяся в природных комплексах, является главным условием сохранения биоразнообразия региона.

Таблица 2. Экосистемные услуги национального парка «Лосиный остров».

№	Группа услуг	Услуги
1	Обеспечивающие	− волокна (древесина, недревесные продукты леса);
2		− пищевые лесные ресурсы;
3		− генетический материал
4	Регулирующие	− водорегулирующие функции;
5		− регулирование качества воздуха (депонирование углерода);
6		
7		− опыление;
8		− биологический контроль; − сохранение местообитаний и условий для воспроизводства редких и хозяйственно-ценных видов диких животных
9	Поддерживающие	− фотосинтез;
10		− почвообразование;
11		− регулирование потоков энергии и вещества
12	Культурные	− рекреация;
13		− научная ценность;
14		− образовательная ценность;
15		− эстетическая ценность;
16		− духовная ценность;
17		− оздоровительный эффект от рекреации

Регулирующие функции национального парка (НП) представлены, прежде всего, регулированием энергетических потоков, местного климата (в том числе через депонирование углекислого газа), качества воздуха и воды. Кроме того, большое значение имеют сохранение местообитаний и условий для воспроизводства редких и хозяйственно-ценных видов диких животных, опыление, биологический контроль (контроль численности вредителей). Поддерживающие услуги ООПТ, как и регулирующие, используются обществом не напрямую, а косвенно, поэтому часто остаются незамеченными, хотя реализуются в процессе выполнения чрезвычайно значимых функций экосистем.

«Лосиный остров» расположен на слабоволнистой равнине южного склона Клинско-Дмитровской гряды. Большая часть его территории (более 80%) занята лесами, относящимися к южной подзоне смешанных лесов (Карпухина и др., 2013). Значительную площадь занимают почвы избыточного увлажнения, территория пересечена густой сетью рек, озер и прудов (фото). Основные водные объекты на территории парка – р. Яуза с левым притоком р. Ичкой и р. Пехорка. Река Яуза берет начало в пределах обширного Мытищинского болота, где в течение длительного времени велись торфоразработки. В долине р. Яузы и ее притоков распространены низинные болота, на водосборных возвышенностях – верховые.

Более ярко выраженными функциями национального парка «Лосиный остров» являются рекреация и туризм, в связи с чем экосистемные услуги, относящиеся к категории

культурных, также представлены достаточно широко. Разнообразие лесных пейзажей, наличие многочисленных водоемов и долин малых рек, хорошая транспортная доступность делают «Лосиный остров» привлекательным объектом для массового отдыха.

Фото. Озеро Торфянка в национальном парке «Лосиный остров» (фото А. Пакиной).

Парк предоставляет широкий спектр образовательных и развлекательных программ: здесь функционируют 8 экологических центров, в том числе дендрарий и Лосиная биостанция; разработаны 10 экскурсионных маршрутов по экологическим тропам, два исторических музея русского быта, экологические квесты и развлекательные программы (Национальный парк …, 2006). Помимо прямых выгод от рекреации, посетители также получают косвенный оздоровительный эффект от посещения парка. Научно-исследовательская и образовательная ценность также относятся к культурным услугам, предоставляемым парком. ФГБУ «Национальный парк «Лосиный остров» взаимодействует со сторонними организациями при проведении совместных научно-исследовательских работ, в парке проходят учебную и производственную практику студенты московских и подмосковных вузов. Научные сотрудники национального парка проводят консультации, а также лекции, посвященные истории и природным особенностям НП «Лосиный остров». Нельзя не отметить и высокую эстетическую ценность территории, обеспечивающую возможность духовного обогащения.

Территория парка неоднородна с точки зрения спектра предоставляемых ею услуг. В зависимости от природоохранного режима той или иной части «Лосиного острова» варьируется и набор экосистемных услуг. Согласно функциональному зонированию парка, в его границах выделяются 5 зон с присущим им набором экосистемных услуг (рис. 1):

- заповедная и особо охраняемая зоны, для которых характерно преобладание регулирующих (депонирование углерода, водорегулирующие функции, сохранение местообитаний) экосистемных функций;

- зоны хозяйственного назначения и охраны историко-культурных объектов с преобладанием культурных (рекреация, оздоровительный эффект от рекреации, духовная ценность) экосистемных функций;
- рекреационная зона, характерной чертой которой является предоставление всего спектра экосистемных услуг (обеспечивающих, культурных и регулирующих).

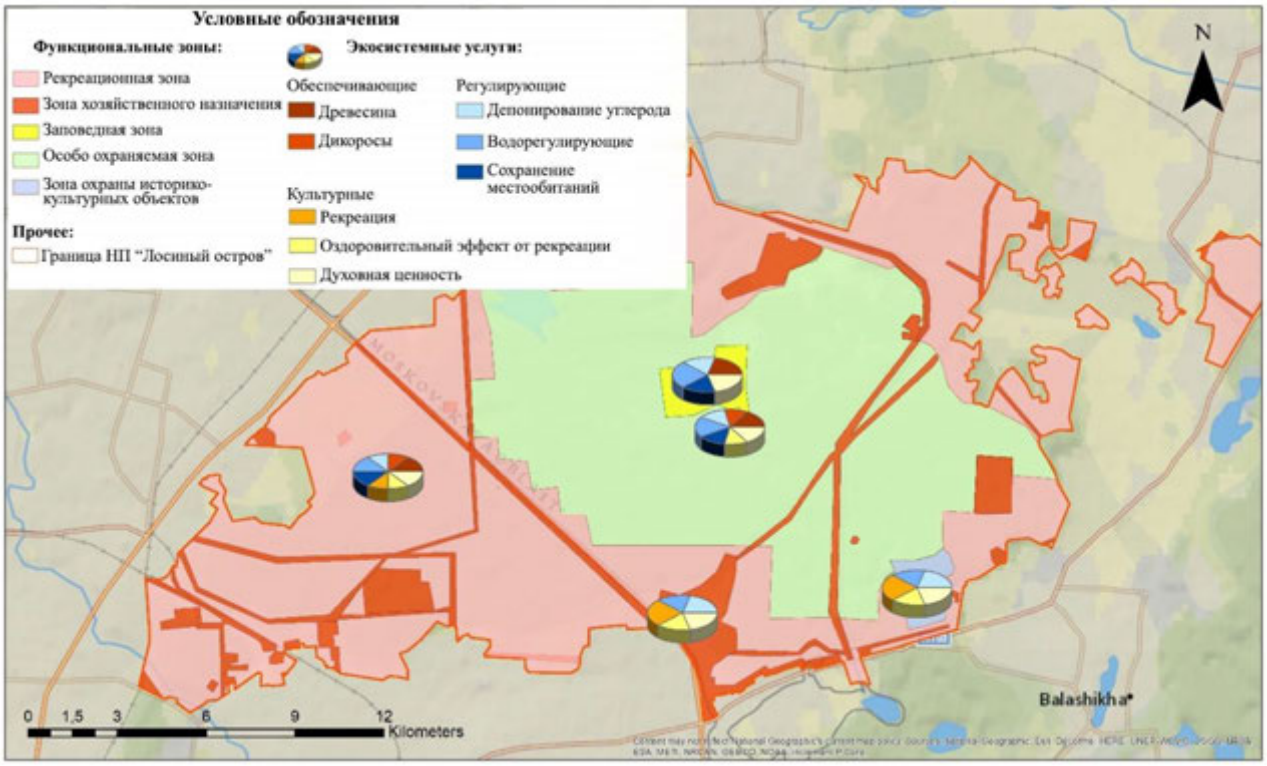


Рис. 1. Преобладающие группы экосистемных услуг в различных функциональных зонах НП «Лосиный остров».

Отметим, что функции депонирования углерода и регулирования подземного стока в той или иной мере выполняются на всей территории парка, независимо от привязки к функциональной зоне. Кроме того, вся территория имеет духовную ценность, хотя выгоды от экосистемных функций, производящих т.н. «культурные услуги», в большей степени выражены в функциональных зонах, предполагающих постоянное нахождение большого количества людей: охраны историко-культурных объектов и хозяйственного назначения. Аналогично, в зонах, доступ к которым ограничен (заповедная и особо охраняемая) на первый план выступает продуцирование регулирующих экосистемных услуг.

Материалы и методы

В основу оценки экологических услуг, продуцируемых природными экосистемами парка, была положена теория общей экономической ценности, которая позволяет произвести монетизацию выгод, получаемых обществом от наличия и функционирования ООПТ с учетом прямого и косвенного использования природных благ, а также стоимости существования территории. При этом стоимость прямого использования была оценена с помощью метода прямой рыночной оценки (метод рыночных цен); стоимость косвенного использования – с

применением методов альтернативной стоимости, переноса выгод и метода замещения, а также конверсионно-объемного метода. Стоимость существования была определена с помощью метода субъективной оценки готовности населения платить за сохранение территории в первозданном виде. Проведенные расчеты подтвердили преобладание косвенной стоимости использования природных благ в границах национального парка «Лосиный остров», что согласуется с имеющимися оценками на примере других ООПТ, как зарубежных, так и российских (Завадская и др., 2017; Payment for …, 2009) и доказывает необходимость сохранения природных комплексов ввиду их экологической значимости.

Исходными материалами для проведения оценки послужили имеющиеся в открытом доступе статистические данные по региону исследования, результаты полевых исследований, которые авторы провели в 2019-2020 гг., данные социологического опроса, организованного в сети интернет с помощью сервиса «Google.Формы», материалы с официального сайта ФГБУ «Национальный парк Лосиный остров» (2006), космические снимки на территорию исследования, а также методические разработки: рекомендации МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов (IPCC, 2006), Методика исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам, утвержденная Приказом МПР (2011), методические указания по «Оценке водорегулирующей роли лесов» (Лебедев, Неклюдов, 2012) и некоторые другие.

Результаты и их обсуждение

Оценка прямой стоимости экосистемных функций. Под стоимостью прямого использования природных благ в данной работе рассматривались выгоды, получаемые от прямого использования ресурсов природных комплексов парка. Согласно принятым подходам, стоимость прямого использования природных благ включает стоимость запасов древесины и дикоросов, а также стоимость реализации рекреационной функции.

Оценка стоимости запасов древесины производилась на основе данных о лесопокрытой территории, которая составляет 8464 га. Преобладающими породами являются береза, липа, сосна, ель. Согласно действующему законодательству, все лесохозяйственные мероприятия в границах ООПТ направлены на сохранение и повышение экологической, научной, рекреационной и культурной ценности природных комплексов и объектов (Федеральный закон …, 1995). В соответствии с положением о национальном парке «Лосиный остров», на его территории запрещены сплошные и выборочные рубки спелых и перестойных лесных насаждений. Рубки ухода за лесом назначаются в соответствии с «Правилами ухода за лесами», утвержденные приказом МПР № 185 от 16.07.2007 г. В связи с этим оценка выгод от заготовки древесины в парке производились с использованием метода рыночных цен, посредством оценки стоимости древесины, подлежащей ежегодной санитарной рубке. Принимая во внимание данные лесохозяйственного регламента по НП «Лосиный остров»» об объемах санитарных рубок (Федеральная служба …, 1993), рыночные цены на древесину разных пород (Информационно-торговый …, 2012), а также общепринятые размеры издержек на заготовку древесины (Тихонова, 2018), были оценены выгоды от заготовки древесины. Пример расчета для некоторых древесных пород приведен в таблице 3.

С учетом разнообразия пород в парке, ежегодного допустимого объема их заготовки и издержек чистая выгода от заготовки древесины на территории «Лосиного острова» составила примерно 650 тыс. рублей в год.

Аналогично была оценена потенциальная стоимость дикоросов. В связи с отсутствием данных об их запасах на территории парка были использованы данные соцопроса, согласно которому средний объем заготовок пищевых лесных ресурсов в год составляет 0.3 кг/чел. для ягод и 2 кг/чел. для грибов. При этом сбором дикоросов на территории парка занимается

10% от общего числа респондентов, исключая жителей г. Москва. Интерполировав данные на общую численность населения близлежащих подмосковных городов (Щелково, Мытищи, Балашиха и Королев) и приняв издержки на заготовку дикоросов в размере 35% от цены реализации (Завадсая и др., 2017), мы оценили потенциальную стоимость обеспечения пищевыми лесными ресурсами в 27.7 млн. руб./год.

Таблица 3. Стоимость заготовки древесины в НП «Лосиный остров».

Порода	**Ежегодный допустимый объём изъятия древесины, м^3**	**Рыночная стоимость 1 м^3 древесины, руб./м^3**	**Стоимость издержек на производство, руб. /м^3***	**Чистая выгода от заготовки древесины, руб.**
Береза	373.8	2040	1734	114383
Липа	24.2	2800	2380	10164
Осина	52	1260	1071	9828
Ель	324.4	2700	2295	131382

Примечание к таблице 3: * − издержки на заготовку древесины приняты в размере 85% от стоимости реализации.

Значительную долю прямой стоимости парка составила стоимость экосистемных услуг парка, обеспечивающих его рекреационную значимость. Выше было упомянуто, что, расположенный в высоко урбанизированном регионе, национальный парк «Лосиный остров» обладает значительной рекреационной привлекательностью для населения близлежащих населенных пунктов. Для определения степени востребованности рекреационных ресурсов местным населением мы также использовали данные соцопроса, согласно которым парк посещали 96% респондентов, а 24% посещают его еженедельно (рис. 2).

Для оценки выгод от рекреации, получаемых в результате реализации экологических функций НП «Лосиный остров», был использован метод рыночных цен. Выгоды от рекреационных услуг, предоставляемых парком, получают в первую очередь жители региона. Чистый доход, получаемый ФГБУ «Национальный парк Лосиный остров», был оценен как разница между доходами от проведения эколого-просветительских программ для посетителей и затратами на организацию данных программ. В настоящее время принято, что затраты на организацию экскурсионных программ и познавательного туризма составляют 85% от доходов (Завадская и др., 2017).

Согласно данным НП «Лосиный остров», число рекреантов, посетивших платные познавательные программы в 2018 году, составило 42778 чел. На основании результатов соцопроса был подсчитан процент рекреантов, посетивших каждую из программ, организованных парком. Наиболее популярной оказалась программа «Лосиная биостанция», которую отметили 21% опрошенных, притом остальные программы указали от 8 до 2% респондентов. К числу популярных программ также были отнесены экологическая тропа «Такой знакомый лес» и посещение экологических центров «Чаепитие в Мытищах» и Торфопредприятие. Полученные данные были также интерполированы на общее число посетителей платных программ, что позволило оценить потенциальный доход парка от эколого-просветительской деятельности. С учетом издержек на организацию стоимость выгод от рекреации составила 2.3 млн. руб. в год. Поскольку средняя готовность жителей сопредельных территорий платить за пребывание в парке составляет 50-100 руб./день, был сделан вывод, что потребительский излишек местного населения равен нулю. Таким

образом, суммарная стоимость прямого использования, как реализуемого, так и потенциального, национального парка «Лосиный остров» может быть оценена в 30.7 млн. руб. в год.

Рис. 2. Распределение ответов респондентов на вопрос о частоте посещения НП «Лосиный остров».

Оценка косвенной стоимости экосистемных функций. Монетизация выгод от косвенного использования экосистемных услуг ООПТ – задача гораздо более сложная, нежели оценка прямой стоимости. В случае с НП «Лосиный остров» несомненную ценность представляют такие экологические функции, как депонирование углекислого газа, регулирование водного режима, сохранение местообитаний животных, а также оздоровительный эффект от рекреации. Перечисленные функции естественных экосистем парка приобретают все большую значимость в условиях современных вызовов – от меняющегося климата до увеличения численности населения планеты. Несмотря на дискуссионность причин глобальных изменений (антропогенных или природных), увеличение концентрации парниковых газов рассматривается в качестве доказанной причины роста температуры воздуха. Не считая водяного пара, CO_2 занимает большую долю в соотношении парниковых газов, в связи с чем депонирование углерода в ходе природных процессов все чаще рассматривается как существенная выгода от предотвращенного экономического ущерба. Национальный парк «Лосиный остров», большую часть территории которого занимают лесные земли, выступает в данном контексте в качестве природного резервуара, поглощающего атмосферный углерод. В связи с тем что естественные лесные насаждения обладают большей способностью к депонированию, нежели искусственные, роль «Лосиного острова», как и других ООПТ, представленных лесными экосистемами, будет возрастать с течением времени. Учитывая, что анализ современного состояния экосистемного покрова и его динамики под влиянием климатических изменений является основой управления природопользованием (Кузьмина, 2017; Пакина и др., 2019), оценка роли экосистемных функций представляет собой важное условие их сохранения.

Выше было отмечено, что на территории «Лосиного острова» произрастают 8464 га естественных лесов. Используя имеющиеся данные о породном составе лесов НП и руководствуясь показателями, приведенными в отчетах программы МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов (IPCC, 2006), мы оценили запасы углерода в фитомассе пород, произрастающих на изучаемой территории. Согласно предварительным оценкам, 1 гектар леса на территории парка в среднем аккумулирует около 90 тонн углерода

или 329 тонн углекислого газа. Соответственно, в год парковые леса депонируют 21.4 тыс. т углерода или 78.3 тыс. т CO_2. Учитывая, что стоимость 1 тонны CO_2 на мировом рынке составляет 5.9 долл. США/год (State of …, 2013), общая стоимость функции депонирования углерода экосистемами НП «Лосиный остров» за год составляет 34.9 млн. руб. или (для сопоставления с международными оценками) 462 тыс. долл. США.

Не менее важная функция, присущая естественным экосистемам, – регулирование гидрологического режима территории. Одним из вариантов оценки роли экосистем с этой точки зрения является расчет вклада лесов в обеспечение среднегодового прироста подземного (грунтового) стока. В частности, посредством перевода надземного стока в подземный леса снижают риск затопления при половодьях, повышают полноводность рек в меженный период, предотвращают заболачивание, улучшают дренаж почв, что в целом может интерпретироваться как выполнение водорегулирующей функции. Оценка водорегулирующей роли лесов национального парка «Лосиный остров» была проведена с применением методики определения прироста подземного стока (Лебедев, Неклюдов, 2012). В общем виде величина среднегодового прироста подземного стока (ΔS) выглядит как разница между фактическим стоком на лесопокрытом водосборе и теоретическим подземным стоком на безлесной территории. Расчеты выполняются с учетом коэффициентов речного стока и его прироста, заболоченности территории, а также коэффициентов, корректирующих данные о лесонасаждениях по возрасту и классу бонитета и полноте насаждений.

Для проведения оценки на основании обработки космических снимков была оценена лесистость территории. Коэффициент прироста осадков (0.1) и ряд других коэффициентов были приняты в соответствии со справочными материалами Методических указаний (Лебедев, Неклюдов, 2012). Величина прироста подземного стока была рассчитана отдельно для групп хвойных и лиственных деревьев и с учетом этой величины произведен расчет экономического эффекта.

Для определения экономического эффекта от данной функции леса необходимо определить экономический эквивалент – стоимость 1 м^3 воды. С учетом фактора времени экономический эффект можно выразить следующим образом:

$$Э_в=\Delta S \cdot t_i \cdot d_i \cdot r \quad (1),$$

где t_i – продолжительность i-ой группы возраста лет; d_i – коэффициент дисконтирования; r – стоимость (водная рента) 1 м^3 воды.

Полученные результаты прироста подземного стока и величины экономического эффекта приведены в таблице 4.

На основании данного подхода был произведен расчет стоимости водорегулирующей функции леса для каждой возрастной группы хвойных и лиственных лесов. Данные по площадям лесных территорий, занятых каждой из рассмотренных пород деревьев, были верифицированы с помощью космических снимков и полевых обследований территории. Суммарная стоимость водорегулирующей функции лесов НП «Лосиный остров» составила 1.97 млрд. руб. или 26.7 млн. долл. США.

Следующий этап оценки экосистемных услуг был посвящен выгодам от функции сохранения местообитаний. Национальный парк играет огромную роль в сохранении и воспроизводстве как редких, так и охотничьих видов животных в московском регионе. Оценка данной услуги была проведена с помощью определения восстановительной стоимости популяций.

Основными видами млекопитающих, проживающих в парке, являются лось, кабан, куньи (ласка, куница, горностай), заяц-беляк, белка. Из редких и нуждающихся в охране видов − орешниковая соня, совы (серая неясыть, мохноногий сыч), рукокрылые, голуби, вальдшнеп,

седой дятел (ООПТ …, 2004). Оценка стоимости сохранения видов в данном случае производилась на основании учета затрат на восстановление популяции в случае их утраты. Расчеты производились согласно «Методике исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам» (2011). Согласно ей, размер вреда вследствие уничтожения рассматриваемого вида животных вычисляется по формуле:

$$Y = T \cdot K \cdot N \quad (2),$$

где Y – размер вреда, причиненного вследствие уничтожения конкретного вида охотничьих ресурсов, руб.; T − такса для исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам, руб.; K − пересчетный коэффициент; N − количество особей уничтоженных охотничьих ресурсов.

Таблица 4. Изменение подземного стока для разновозрастных групп хвойных и лиственных лесов в границах НП «Лосиный остров».

	Хвойные леса				**Лиственные леса**			
	молодые	**средне-возрастные**	**приспе-вающие**	**спелые**	**молодые**	**средневоз-растные**	**приспе-вающие**	**спелые**
ΔS, м^3/га	104	692	982	1199	56	548	796	926
Э$_в$, руб./га	44168	232670	350667	489623	19685	150407	256127	368941

Для оценки были использованы данные о численности основных видов млекопитающих в парке (лось, кабан, олень пятнистый, лисица, заяц-беляк, белка), предоставленные ФГБУ «Лосиный остров». Так, для лося, популяция которого в парке насчитывает 42 особи, а норматив стоимости – 80 тыс. руб. за голову, ущерб от утраты составляет 20160 тыс. руб. Общая стоимость сохранения популяций представленных видов животных в «Лосином острове» составляет 84.1 млн. руб. в год. Очевидно, что полученные результаты занижены, поскольку в итоговой стоимости сохранения и воспроизводства редких и охотничьих видов животных учтены далеко не все аспекты ценности их сохранения. В то же время подобные оценки позволяют в первом приближении оценить эффект от данной экосистемной услуги на изучаемой территории.

Оценка оздоровительного эффекта от рекреации – еще одной составляющей косвенной стоимости парка, обеспечиваемой экосистемными услугами, – была произведена с учетом данных о его влиянии на работоспособность людей: число дней временной нетрудоспособности сокращается на 3.5 дня при отдыхе на природе в течение 20 дней (Бобылев, Захаров, 2009). Как было показано выше, число посетителей составляет около 3.2 млн. человек в год. Учитывая численность трудоспособного населения в составе группы людей, пользующихся рекреационными услугами парка (57%), и уровень средней заработной платы по Московской области (Региональная статистика ..., 2019), был рассчитан дополнительный доход за не проведенные на больничном 3.5 дня. Подобный подход довольно широко используется в зарубежных исследованиях и позволяет, как минимум в первом приближении, обосновать значимость отдыха на природе для восстановления сил граждан. Суммарная стоимость данной экосистемной услуги парка составила 15.8 млрд. руб. или 211.3 млн. долл. США, а общая стоимость косвенного использования национального парка «Лосиный остров» – 17938.3 млн. руб. или 242.4 млн. долл. США.

При всей условности проведенных расчетов, во многом определяемой доступностью необходимых данных и конъюнктурностью подходов, разработанных к настоящему времени,

полученные оценки показали значительное преобладание косвенной стоимости природных благ, сосредоточенных в границах национального парка «Лосиный остров» и выраженных через набор экосистемных услуг. Свыше 99% суммарной стоимости парка составляют экосистемные услуги, продуцируемые экологическими функциями его природных комплексов, и менее 1% – ресурсные услуги (обеспечивающие и культурные), что в первую очередь определяется природоохранным режимом территории. Более полная оценка может быть получена с учетом так называемой стоимости существования, для проведения которой также необходимы дополнительные исследования. Тем не менее, на основании имеющихся данных социологического опроса уже сегодня можно сделать вывод о высокой социальной значимости НП «Лосиный остров» для жителей региона. Так, жители сопредельных с парком территорий практически единогласно считают, что «Лосиный остров» нужно специально охранять: положительно на вопрос о необходимости сохранения ответили 94% (рис. 3).

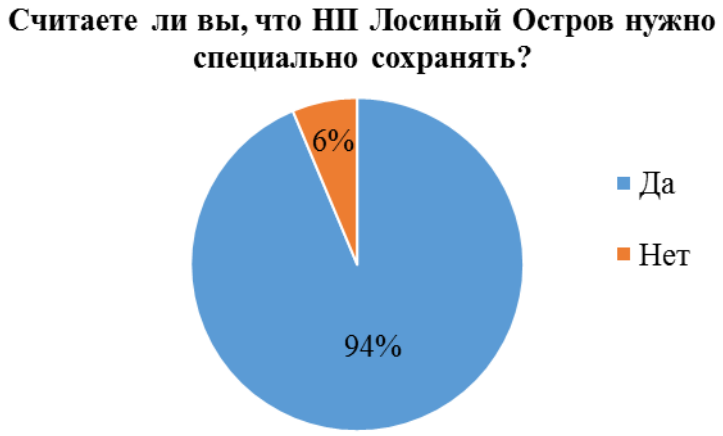


Рис. 3. Распределение ответов респондентов на вопрос о необходимости сохранения НП «Лосиный остров». **Fig. 3.** Distribution of responses to the question about the need to preserve the “Elk Island” National Park.

Можно заключить, что большинство респондентов имеет биоцентрическое ценностное восприятие национального парка, что указывает на высокий уровень экологической ответственности граждан, их стремление к сохранению природных территорий и улучшению экологической обстановки в регионе. Такое отношение в целом характерно для жителей крупных городов.

Выводы

Проведенное исследование показало, что структура общей экономической стоимости экосистемных услуг парка в целом имеет черты, характерные для особо охраняемых территорий: наибольшая часть стоимости (около 60%) приходится на косвенные экосистемные услуги, тогда как стоимость прямого использования составляет менее 1%, что, безусловно, объясняется присущим ООПТ природохранным режимом. Важной особенностью, подчеркивающей социальную значимость парка, является высокая доля стоимости существования в структуре общей экономической стоимости (40%).

Национальный парк «Лосиный остров» выполняет чрезвычайно важные социально-экологические функции, обеспечивая население региона чистым воздухом посредством поглощения большей части выбросов от автотранспорта, регулируя гидрологический режим территории, способствуя сохранению биоразнообразия. Вклад парка в улучшение

экологической ситуации и поддержание здоровья местного населения, а также предотвращение ущерба от негативного антропогенного влияния выражается значительной суммой – около 18 млрд. руб. в год, что является дополнительным аргументом в пользу его сохранения и развития. Значение парка подтверждается результатами социологического опроса: население высоко ценит сам факт существования парка «Лосиный остров» и готово участвовать в его дальнейшем сохранении.

Результаты исследования наглядно подтверждают важную роль национального парка «Лосиный остров» в поддержании экологического равновесия и качества жизни населения региона, а выводы, сделанные на основе оценки экологических услуг территории, являются основанием для совершенствования экономических механизмов управления природопользованием и территориальных схем развития московского региона с акцентом на приоритетность сохранения НП «Лосиный остров».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Балацкий О.Ф., Панасовский Ю.В., Чупис А.В. 1989. Экономика и организация охраняемых природных территорий. М.: Агропромиздат. 192 с.

Бобылев С.Н., Захаров В.М. 2009. Экосистемные услуги и экономика. М.: ООО «Типография ЛЕВКО». Институт устойчивого развития. Центр экологической политики России. 72 с.

Завадская А.В., Николаева А.Е., Сажина В.А., Шпиленок Т.И., Шувалова О.А. 2017. Экономическая оценка природных ресурсов и экосистемных услуг Кроноцкого заповедника и Южно-Камчатского заказника. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 244 с.

Информационно-торговый портал «Лесной ресурс». 2012 [Электронный ресурс https://woodresource.ru (дата обращения 26.01.2020)].

Карпухина Н.В., Киселева В.В., Трифонова Т.В. 2013. Использование ГИС для оценки техногенной динамики ландшафтов верхне-яузских болот // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 22. № 4. С. 5-13.

Кузьмина Ж.В. 2017. Динамические изменения экосистем и вопросы их оценки // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 1. С. 10-25. [Электронный ресурс https://ecosystemsdynamic.ru/ (дата обращения 20.01.2020)].

Лебедев Ю.В., Неклюдов И.А. 2012. Оценка водоохранно-водорегулирующей роли лесов. Методические указания. Екатеринбург: УГЛТУ. 35 с.

Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России. 2002. М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. 129 с.

Национальный парк «Лосиный остров». 2006 [Электронный ресурс http://elkisland.ru/ (дата обращения 03.05.2020)].

ООПТ РФ. Информационно-справочная система. 2004 [Электронный ресурс http://oopt.info/losiny/index.html (дата обращения 02.12.2019)].

Пакина А.А. 2018. Социально-экологические функции экосистем и их роль в формировании механизмов управления природопользованием региона // Геополитика и экогеодинамика регионов. Т. 4. № 4. С. 82-88.

Пакина А.А., Тульская Н.И., Карнаушенко А.А. 2019. Эколого-экономическое картографирование Республики Татарстан // Геодезия и картография. № 1. С. 146-155.

Приказ Министерства природных ресурсов от 8 декабря 2011 года № 948 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам». 2011 [Электронный ресурс http://docs.cntd.ru/document/902319937 (дата обращения 14.03.2020)].

Региональная статистика. Федеральная служба государственной статистики. 2019

[Электронный ресурс https://www.gks.ru/regional_statistics (дата обращения 18.03.2020)].

Тимохина Ю.И., Калуцкова Н.Н., Голубева Е.И. 2017. Оценка экосистемных функций водноболотных угодий особо охраняемых природных территорий Казахстана // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 4. С. 45-58.

Федеральная служба лесного хозяйства России. «Основные положения по лесоустройству национальных природных парков России» от 7 июля 1993 г. [Электронный ресурс http://docs.cntd.ru/document/9015073 (дата обращения 14.03.2020)].

Федеральный закон №33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» от 14 марта 1995 г. [Электронный ресурс http://docs.cntd.ru/document/9010833 (дата обращения 14.03.2020)].

Costanza R., Daly H. 1992. Natural Capital and Sustainable Development // Conservation Biology. No. 6. P. 37-46.

De Groot R.S., Fisher B., Christie M., Aronson J., Braat L., Gowdy J., Haines-Young R., Maltby E., Neuville A., Polasky S., Portela R., Ring I. 2010. Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation // The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations / Ed. P. Kumar. Earthscan, London. P. 9-40.

Iniesta-Arandia I., García-Llorente M., Aguilera P., Montes C., Martín-López B. 2014. Socio-cultural valuation of ecosystem services: uncovering the links between values, drivers of change, and human well-being // Ecological Economics. No. 108. P. 36-48.

IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [Электронный ресурс http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html (дата обращения 12.03.2020)].

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being // Synthesis Report. Washington DC: Island Press. 160 p.

Payment for Ecosystem Services. Ecological Economics and Human Well-Being. 2009 / Eds. P. Kumar, R. Muradian. Oxford and New York: Oxford University Press. 308 p.

State of the Voluntary Carbon Markets. Maneuvering the Mosaic. 2013 [Электронный ресурс https://www.forest-trends.org/publications/maneuvering-the-mosaic-state-of-the-voluntary-carbon-markets-2013/ (дата обращения 23.01.2020)].

The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB. 2008 [Электронный ресурс http://www.teebweb.org (дата обращения 25.02.2020)].

ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS, 2020, Vol. 4, No. 3, Pp. 180-192

METHODS OF SUSTENANCE AND RESERVATION OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

UDC 574.2

ASSESSMENT OF THE "ELK ISLAND" NATIONAL PARK'S ECOSYSTEM FUNCTIONS

© 2020. A.K. Lelkova, A.A. Pakina

M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography
Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory, 1. E-mail: alla-lelkova@yandex.ru, allapa@yandex.ru

Received July 20, 2020. After revision August 30, 2020. Accepted September 01, 2020.

The role of ecosystems' functions produced by specially protected natural territories is increasing under constantly growing anthropogenic pressure. It is necessary to identify these functions and assess their contribution to ensuring a high quality of people's life, especially, from the point of their "competitiveness" comparing to other benefits of natural origin. The "Elk Island" National Park is the largest undisturbed natural site in the vicinity of Moscow, which strongly affects the regulation of the local and regional natural processes. The park's providing services are presented by limited timber harvesting, licensed fishing, wild plants and non-wood forest products harvesting, as well as by the function of genetic resources storing. Regulating functions include control over the flows of substance and energy, together with air and water quality, as well as habitat conservation, pollination, biological control, etc. The park's most demanded functions are recreation and tourism development from the group of cultural services. The assessment of ecological services produced by the natural ecosystems of the "Elk Island" was based on the theory of total economic value, which helps to monetize the benefits received by society from specially protected natural areas, taking into account the direct and indirect use of natural goods and the maintenance cost of the park's territory. As a source materials for the study region we used statistical data, results of our field researches that took place in 2019-2020, data of a sociological survey, official materials of the "Elk Island" National Park and satellite images for the said area. The obtained estimations of the direct and indirect costs of the park's services confirmed the prevalence of indirect cost due to the strict nature protection regime of the territory and its significance as a recreation site. Also, we based our conclusion about high socio-ecological value of the "Elk Island" on the data from the sociological survey: the residents of the region almost unanimously believed that this park should be preserved within its current borders.

Keywords: national park, Elk Island, ecosystems' functions, economic appraisal, concept of total economic value.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10068

Under the constantly growing anthropogenic load, especially in the urbanized territories with high population density, the specially protected natural areas (SPNA) are almost the last pieces of native nature. Therefore, the ecosystems natural functions are significantly important. In the recent years researchers have become more and more interested in their identification and assessment of their role in provision of the high life quality for society. Generally, it means assessment of significance of ecological functions in the natural complexes to confirm their "competitive ability" among the diverse goods of natural origin (Pakina, 2018; Timokhina et al., 2017). So, the most attention is paid to the "ecological services", which are the ecosystem properties that define their usefulness, i.e. their ability to satisfy human needs.

It is interesting to note that "ecological services" term was previously used as a metaphor, and only when the concept of nature capital (Costanza, Daly, 1992) started spreading in the scientific community, the term became an analytical tool to identify connections between ecosystems preservation and human wealth (Iniesta-Arandia et al., 2014). This change of its meaning can be

explained; in the market economic the material products of ecosystems are considered as goods, while the non-material ones are called services. Therefore, ecological functions of natural ecosystems are features of ecosystems to produce so-called "ecological services", the value of which has been already proven to the society; however the methods of their classification and assessment still require some improvement.

So, the "ecological services" (ES) are the complex of material and non-material goods that society receives from ecosystems. Along with the material ones, such as clean air, fresh water, food and fuel, the ES include some non-material goods, such as erosion and flooding protection for the lands, climate regulation, pollination of agricultural plants and some more, as well as a spectrum of possibilities for cultural, moral, scientific and recreational activities (De Groot et al., 2010). Therefore, the literature usually defines the "ecological services" as a contribution that ecosystems structures and functions (together with other factors) make to human wealth (Bobylev, Zakharov, 2009), essentially representing a possible interpretation of the role that ecological functions of nature play in the market relations.

To this day some classifications of ecological services have been developed. For example, in the "National Strategy for Biodiversity Preservation in Russia" (2001) there are 4 groups of life-supporting functions of biological diversity: productive (production of biomass which is taken from the ecosystems for human use), environmental (support of biogeochemical cycles, gas balance and atmospheric humidity, formation of stable hydrological regime in the territories), informational, and spiritual-aesthetical (information valuable for humans and some other non-material goods). The classifications created by the international project "The Economics of Ecosystems and Biodiversity" (TEEB, 2008), the report "Millennium Ecosystem Assessment" (2005) and others are also widespread. According to classification data, the grouping of ecological services by their characteristics can be carried out the following way (table 1).

Table 1. Ecological services classification by their main characteristics (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Group of services	Characteristic	Services
Providing	Material or energetic result of ecosystems functioning	production of food, fiber, fresh water, fuel and genetic resources
Regulating	Profits of ecosystems processes regulation	− regulation of air quality, climate, hydrological regime and erosion processes − water filtering − pollination
Cultural	Non-material profits obtained by humans during the straight interaction with ecosystems	− cultural diversity − spiritual and religious values − knowledge systems − educational values − aesthetical values − recreation and ecological tourism
Supporting	Support of processes necessary for production of other ecological services	− soil formation − nutrient cycle − water cycle − photosynthesis

The peculiar thing about SPNA is their ability to preserve usually unique and irreplaceable ecosystems which are a powerful source of ecological services. The main part of these services structure plays regulating, supporting and cultural roles, because in the territory of SPNA the agricultural activities are limited. For the same reason, the contribution of the specially protected areas to the direct provision of wood, food and medical raw material is relatively small. Meanwhile, the regulating and supporting SPNA services keep the profit flowing to the population of the adjoined territories; it is the maintenance of environment quality, of resource base for fishing, hunting and other ways of biological resources utilization. The confirmation of these profits produced by SPNA was found in the works of the Russian scientists even in the 1980s (Balatskiy et al., 1989) and is still studied today.

Ecosystems Functions of the “Elk Island” National Park

The “Elk Island” National Park is the largest undisturbed massif of natural ecosystems nearby Moscow. It significantly affects regulation of the local and regional natural processes, improving the ecological situation and life quality of human population. The classification of ecological services provided by SPNA can be seen above, divided into 4 groups by their functions: productive, environmental, informational, spiritual-aesthetical. The analysis of the “Elk Island” territory showed that the range of ecological services provided by its natural complexes functioning is traditionally wide, which is determined by its relatively undisturbed ecosystems on the one hand, and high demand for most of its functions due to the park location on the other (table 2).

Table 2. Ecosystem services of the National Park «Elk Island».

No.	Group of services	Services
1	Providing	− fibers (wooden and non-wooden forest products); − food forest resources; − genetic material
2		
3		
4	Regulating	− water regulation functions; − regulation of air quality (carbon dioxide depositing); − pollination; − biological control; − preservation of habitats and conditions for the rare and agriculturally valuable wild animal species
5		
6		
7		
8		
9	Supporting	− photosynthesis; − soil formation; − regulation of energy streams and nutrients
10		
11		
12	Cultural	− recreation; − scientific value; − educational value; − aesthetical value; − spiritual value; − healthy impact of recreation
13		
14		
15		
16		
17		

Within the boundaries of the “Elk Island” its providing services are represented by the very limited possibilities of wood harvesting, licensed fishing, wide plants and non-wooden products

harvesting. And yet all of them are more or less put into use, for recreation activities in particular, which are common in the national park due to its protection status. The more significant is its function of genetic resources preservation; genetic data contained in the natural complexes is the main condition of the regional biodiversity preservation.

The regulating functions of the park are represented primarily by regulation of energy streams, local climate (through carbon dioxide depositing as well), air and water quality. Moreover, habitats and conditions preservation for the rare and agriculturally valuable species of wild animals, as well as pollination and biological control (of pests population) are very important. Along with the regulating functions of SPNA the supporting ones are used by society indirectly, so usually they remain unnoticed, while being realized during the most significant functions of ecosystems.

The "Elk Island" is located in the slightly wavy plain of the southern slope of the Klin-Dmitrov Ridge. The most of its territory (more than 80%) is covered with forests of the southern sub-zone of mixed forests (Karpukhina et al., 2013). A significant area of the park is occupied with extremely humid soils and thick network of rivers, lakes and ponds (photo). The main water bodies are the Yauza River with its left inflow Ichka and the Pekhorka River. The Yauza flows out of the large Mytishchi Bog, which was used for the long-term peat digging. In the Yauza and its inflows valley the low bogs are prevalent, while the high ones are widespread on the watershed elevations.

Photo. Torfyanka Lake in the «Elk Island» National Park (photo by A. Pakina).

The most noticeable functions of the "Elk Island" are recreation and tourism; thus, the ecological services from the cultural category are also represented well enough. Diverse forest sceneries, abundance of water bodies and valleys of small rivers and good accessibility for vehicles make the park an attractive place for mass tourism.

The park provides a variety of educational and entertainment projects. It has 8 ecological centers, including an arboretum and an Elk Biostation, and offers 10 routes for sightseeing on the eco-trails, 2 historical museums of Russian everyday life, ecological quests and entertainment programs (National Park …, 2006). Aside from the direct good impact of recreation, the guests also

receive an indirect healthy effect from visiting the park. The exploratory and educational values are also considered as cultural services, which the park provides. The “Elk Island” works with other organizations to carry out some researches; students from Moscow and Moscow Region do their internship in the park. The scientific workers of the park consult and lecture on history and natural features of the “Elk Island”. It is also worth noting that the aesthetical value of this territory is very high, providing the possibility of spiritual enrichment.

Considering the wide spectrum of ecological services, the territory of the park can be called heterogeneous. The variety of services in different parts of the “Elk Island” depends on the nature protection regime. According to the functional zoning of the park, it has 5 zones with individual set of ecological services (fig. 1):

- protected and specially protected zones with regulating functions prevailing (carbon dioxide depositing, water regulation, habitats preservation);
- agricultural zones and areas of protected historical-cultural objects with cultural functions prevailing (recreation, its healthy impact, spiritual value);
- recreational zone with the full range of ecological services (providing, cultural and regulating).

We should also emphasize that carbon dioxide depositing and regulation of ground waters take place everywhere around the park, regardless to one specific functional zone. Moreover, the entire territory is of high spiritual value, although the profits of ecological functions, providing the so-called “cultural services”, are mostly pronounced in the functional zones where the constant presence of big amount of people is supposed; these are the areas of protection of historical and cultural objects and agriculture. In the areas with limited access (protected and specially protected zones) the producing of regulating ecological services comes to the fore.

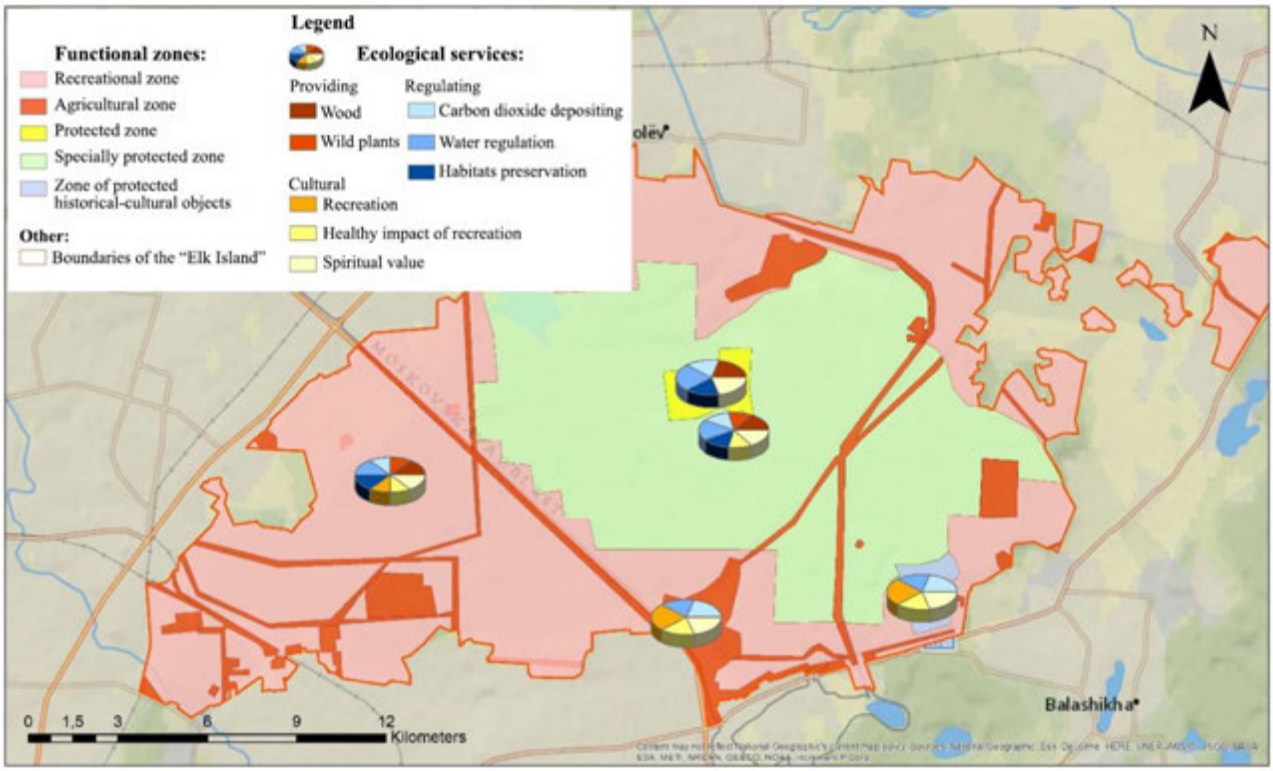


Fig. 1. Prevailing groups of ecosystem services in different functional zones of the «Elk Island» National Park.

Materials and Methods

To assess the ecological services, produced by the natural ecosystems of the park, we used the concept of total economic value. It allowed us to monetize the profits that society receives from the existence and functioning of the specially protected natural areas, considering the direct and indirect utilization of natural goods and the cost of the territory. The cost of direct utilization was assessed with the method of direct market-based valuation (method of market prices); the cost of indirect utilization was assessed with the methods of alternate value, benefits transfer, substitution method and conversional-volumetric method. The cost of existence was calculated with the method of subjective estimation of the population's readiness to pay for preservation of the territory in its original state. All calculation proved the prevalence of the indirect cost of natural goods utilization in the territory of the park, which corresponds with the already existing estimations carried out in other local and foreign SPNA (Zavadskaya et al., 2017; Payment for …, 2009) and established the necessity to preserve natural complexes due to their ecological significance.

The source materials for our assessment were the public statistic data of the research region, results of field studies that we carried out in 2019-2020, sociological survey data, obtained through Internet and "Google.Forms" service, materials from the official web-page "National Park Elk Island" (2006), satellite imagery for the research territory, and methodical works, such as "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories" (2006), "Methodology for Calculating the Amount of Harm Caused to the Hunting Resources" (2011), methodical guidelines for "Assessment of Water Protection and Regulation Role of Forests" (Lebedev, Neklyudov, 2012), etc.

Results and Discussion

Assessment of Direct Cost of Ecosystems Functions. In this work the cost of natural goods direct utilization are the benefits obtained from the direct use of resources of the park's natural complexes. According to the accepted approaches, this cost includes the cost of wood and wild plants stocks and implementing of recreational function.

Cost estimation of wood stocks was made on the basis of data on the area covered with forests, which is 8464 ha. The dominant species are birch, linden, pine and spruce. According to the current legal system, every forestry activity within the boundaries of SPNA aim to preserve and increase the ecological, scientific, recreational and cultural values of natural complexes and objects (Federal Law …, 1995). As the regulations of the "Elk Island" National Park state, the clear and partial cuttings of mature and overmature forests are forbidden in its territory. The cuttings carried as part of forest maintenance are scheduled according to the "Rules for Forest Maintenance", approved by the Ministry of Natural Resources and the Environment of the Russian Federation, No. 185, 07/16/2007. Therefore, we assessed the benefits of wood harvesting in the park with the method of market prices, i.e. calculating the value of the wood, subjected to the annual sanitary cutting. We took into account the data provided by the forestry regulations for the "Elk Island" National Park concerning the amount of sanitary cuttings (Federal Forestry …, 1993), market prices of different wood species (Informational and Trading ..., 2012), and generally accepted amounts of production costs of wood harvesting (Tikhonova, 2018), and estimated the benefits of wood harvesting. An example of estimation for some wood species is shown in the Table 3.

Considering the diversity of wood species in the park, the annual allowable amount of their harvesting and production costs, the net benefit of wood harvesting in the territory of the "Elk Island" was about 650 thousand rubles per year.

The cost of wild plants was estimated the same way. Due to the absence of data on their stocks in the territory of the park, we used the survey data, which showed that the average volume of forest food resources is 0.3 kg/human for berries and 2 kg/human for mushrooms. Wild plants in the park

are harvested by 10% of the total amount of respondents, excluding Moscow residents. After interpolating the data on the total population of the nearest cities of Moscow Region (Shchyolkovo, Mytishchi, Balashikha and Korolyov) and considering the production costs of wild plants harvesting (35% of selling price; Zavadskaya et al., 2017), the potential cost of provisioning people with forest food resources was estimated as 27.7 million rubles/year.

Table 3. Wood harvesting costs in the «Elk Island» National Park.

Wood	Annual allowable amount of wood harvesting, m^3	Market price of 1 m^3 of wood, rubles/m^3	Value of production costs, rubles/m^3*	Net benefits of wood harvesting, rubles
Birch	373.8	2040	1734	114383
Linden	24.2	2800	2380	10164
Aspen	52	1260	1071	9828
Spruce	324.4	2700	2295	131382

Notes to table 3: * − production costs of wood harvesting are considered 85% of its implementation cost.

A large share of the direct cost of the park is the cost of its ecological services that maintain its recreational significance. We already mentioned that due to its location in a highly urbanized region, the "Elk Island" is very recreationally attractive for the people from the nearest settlements. To determine the demand for its recreational resources, we also used the survey data, according to which the park was visited by 96% of respondents, while 24% of them visited it weekly (fig. 2).

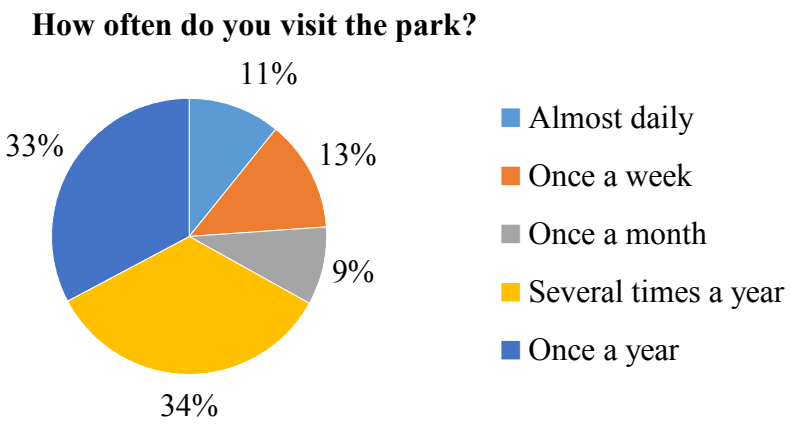


Fig. 2. Distribution of responses to the question about the frequency of visiting the «Elk Island» National Park.

To assess the benefits of recreation, obtained during the implementation of the park's ecological functions, we used the method of market prices. In the "Elk Island" the benefits are received primarily by the regional residents. The net benefit of the park was calculated as a difference between the income from the ecological-educational programs made for the visitors, and expenses on the organization of these programs. We considered that the expenses on the organization of sight-seeing routs and educational tourism are 85% of the total income (Zavadskaya et al., 2017).

According to the data of the "Elk Island" National Park, 42,778 visitors attended the

educational programs in 2018. On the basis of the survey results, we calculated the percentage of visitors who attended every program in the park. The most popular was “The Elk Biostation” program, attended by 21% of survey participants, while the other programs were mentioned by 8 to 2% of visitors. The other popular ones were the eco-trail “Such a Familiar Forest” and ecological и centers “Tea Party in Mytishchi” and “Peat Enterprise”. The obtained data was also interpolated to the total amount of visitors who engaged in the paid programs, so we were able to determine the potential income from the ecological-educational activities in the park. Considering the production costs to organize the said programs, the recreational benefits were 2.3 million rubles/year. Since the average readiness of the local residents to pay to visit the park is 50-100 rubles/day, we concluded that the locals have zero consumer surpluses. Therefore, the total cost of the direct (implemented and potential) utilization of the “Elk Island” National Park, is about 30.7 million rubles/year.

Assessment of Indirect Cost of Ecosystems Functions. It is harder to monetize the benefits from the indirect ecosystem services utilization in SPNA than from the direct one. In the “Elk Island” National Park some ecological functions are undoubtedly valuable, including deposition of carbon dioxide, water regulation, preservation of animal habitats and healthy recreation impact. In the current conditions of changing climate and increasing human population, these functions of natural ecosystems become more and more important. Despite the controversial reasons for global changes (either anthropogenic or natural), the growing concentration of greenhouse gases is considered to be a proven cause of increasing air temperature. Apart from water vapor, CO_2 has a large share in the ratio of greenhouse gases, and therefore carbon dioxide depositing in the natural processes is often seen as a significant benefit from the prevented economic damage. Thus, the “Elk Island”, most of which territory is covered with forests, is a natural reservoir absorbing carbon from the atmosphere. Since the natural forests are more capable of depositing than the artificial ones, the role of the “Elk Island” as well as of other SPNA with forest ecosystems, will grow with time. Considering that the base for environmental management is the analysis of the modern condition of ecosystem cover and its dynamics under climatic changes (Kuzmina, 2017; Pakina et al., 2019), the assessment of the role that ecosystem functions play is an important condition for their preservation.

We already mentioned that in the territory of the “Elk Island” there are 8,464 ha of natural forests. With the help of the available data on the local species composition and indicators given in the “Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories” (IPCC, 2006), we estimated the carbon stocks in the wood phytomass in the study area. According to our preliminary results, 1 ha of forest in the park territory accumulates about 90 tons of carbon on average, or 329 tons of carbon dioxide. So, the park forests deposit 21.4 thousand tons of carbon or 78.3 thousand tons of CO_2 per year. Considering that 1 ton of CO_2 is 5.9 USD/year on the world market (State of ..., 2013), the total cost of carbon depositing in the ecosystems of the “Elk Island” is 34.9 million rubles per year or 462 thousand USD.

The regulation of hydrological regime is another important function of natural ecosystems. One of the options to assess the ecosystems role is to calculate the forests contribution to the average annual increase of groundwater flow. When forests transform the surface flow to the ground one, they decrease the risk of flooding during the high water period, increase the rivers flow during the low-flow period, prevent bogging and improve soil drainage, which can be considered as water regulation. We assessed the forests water regulating function in the “Elk Island” using the method of determining the groundwater flow increase (Lebedev, Neklyudov, 2012). Generally, the value of its average annual increase (ΔS) is a difference between the actual flow on the watershed covered with forest and the theoretical ground flow on the territory without forests. The calculations were carried out, taking into account the coefficient of the river flow and its increase, the level of territory bogging, and the coefficients that correct the data on the forests by their age, quality of locality and stand density.

We used satellite imagery to estimate the thickness of forest cover. The precipitation increase

(0.1) and some other coefficients were used as shown in the "Methodical Guidelines" (Lebedev, Neklyudov, 2012). The value of ground flow increase was calculated separately for coniferous and deciduous groups, then the economic effect was determined.

To estimate the economic effect produced by the said function of the forest, the economic equivalent should be determined, i.e the cost of 1 m^3 of water. Considering the time index, the effect can be calculated as shown below:

$$Э_в=\Delta S \bullet t_i \bullet d_i \bullet r \quad (1),$$

where t_i is the duration of the i-group of age; d_i is the discount factor; r is the cost (water rent) of 1 m^3 of water.

The results of ground flow increase and value of economic effect are presented in the Table 4.

On the basis of this approach, we calculated the cost of water regulating function for each age group of coniferous and deciduous forests. The data on the forest areas, covered with one of each species, was verified with satellite imagery and field researches. The total cost of water regulation in the "Elk Island" was 1.97 billiard rubles or 26.7 million USD.

The next stage was to assess the benefits from the preservation of habitats. The national park plays a major role in preservation and producing of rare and game species in Moscow Region. The assessment was carried out through determination of reproduction value of populations.

Table 4. Changes in groundwater flow for different age groups of coniferous and deciduous forests within the boundaries of the «Elk Island» National Park.

	Coniferous forests				**Deciduous forests**			
	young	**average**	**ripening**	**mature**	**young**	**average**	**ripening**	**mature**
ΔS, m^3/ha	104	692	982	1199	56	548	796	926
$Э_в$, rubles/ha	44168	232670	350667	489623	19685	150407	256127	368941

The main mammals of the park are elk, wild boar, Mustelids (weasel, marten, ermine), mountain hare and squirrel. The rare species and the ones in need of protection are represented with hazel dormouse, owls (brown owl and boreal owl), bats, pigeons, woodcock and grey-headed woodpecker (Specially Protected …, 2004). We estimated their preservation cost on the basis of the population reproduction cost in case of any losses. All calculations were carried out according to the "Methodology for Calculating the Amount of Harm Caused to the Hunting Resources" (Methodology ..., 2011). Therefore, the amount of harm caused by extermination of a certain species can be calculated as shown below:

$$Y=T \bullet K \bullet N \quad (2),$$

where Y is the amount of harm, in rubles; T is the tariff to calculate the amount of harm done to the game animals, in rubles; K is the recalculation coefficient; N is the amount of exterminated individuals of game animals.

For our estimation we used the data on the population numbers of the main mammals of the "Elk Island" (elk, wild boar, spotted deer, fox, mountain hare, squirrel), provided by the park itself. Thus, the elk population is represented with 42 individuals, its cost standard is 80 thousand rubles/head, and the harm in case of its loss would be 20,160 thousand rubles. The total cost of preservation of the main species population is 84.1 million rubles/year. It is obvious that these results are underestimated, since the final cost of preservation and reproduction of rare and game species does not consider all aspects of their preservation significance. At the same time, these estimations allow us to determine the effect of the ecological service in the research territory to a first approximation.

We assessed the healthy impact of recreation, which is another part of the park's indirect cost,

provided by its ecological services, by taking into account the data on its effect on people's efficiency: the number of days of temporary disability is reduced by 3.5 after the 20-day-long outdoor recreation (Bobylev, Zakharov, 2009). As we showed above, the number of park's visitors is about 3.2 million people/year. Considering the amount of the working-age population in the group of people who use the park's recreational services (57%), and the average wages in the Moscow Region (Federal State Statistic Service, 2019), we calculated the additional income for the 3.5 days which were not spent on sick leave. This approach is used worldwide and allows, at least to a first approximation, to justify the importance of outdoor recreation for people. The total cost of this service was 15.8 billion rubles or 211.3 million USD; the total cost of the indirect use of the "Elk Island" was 17,938.3 million rubles or 242.4 million USD.

While our calculations are quite conventional, which is mainly determined by the availability of required data and conjuncture of approaches developed to date, the result estimations showed a significant prevalence of the indirect cost of natural goods, located within the boundaries of the "Elk Island" National Park and represented with a range of ecological services. More than 99% of the park's total value is made up of the services produced by the ecological functions of its natural complexes; less than 1% are the resource services (providing and cultural), which is primarily determined by the environmental regime of the territory. A more complete evaluation can be obtained if a so-called cost of living is taken into account, but it also requires additional research. Nevertheless, on the basis of the available survey data we can already conclude that the "Elk Island" has a high social significance for the regional residents. For example, almost all residents of the adjacent territories think that the park should be specially preserved; 94% of survey participants agreed that the territory should be preserved (fig. 3).

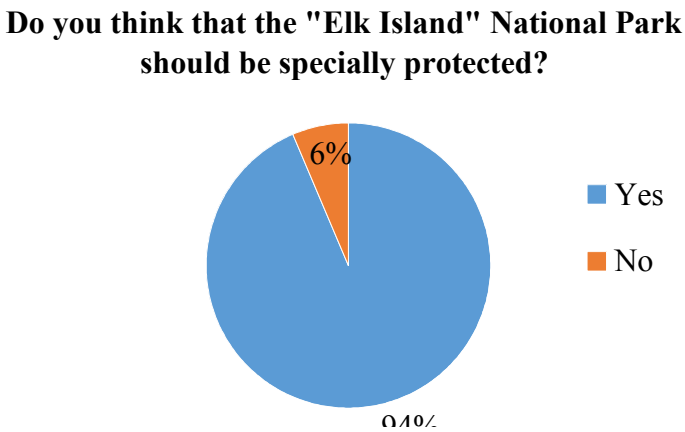


Fig. 3. Distribution of responses to the question about the need to preserve the "Elk Island" National Park.

We can conclude that most of respondents value the national park in a biocentric way, which indicates a high level of people's environmental responsibility, of their desire to preserve natural territories and improve ecological situation in the region, which is quite common for the residents of large cities.

Conclusions

This research showed that the structure of the total economic cost of ecological services of the park mostly has the features common for the specially protected natural areas. The main part of its cost (about 60%) is composed of the indirect ecological services, while the cost of direct utilization

is less than 1%, which can be definitely explained by the regime of nature protection common for SPNA. An important feature that emphasizes the social significance of the park is a high share of its existence cost in the structure of total economic cost (40%).

The “Elk Island” National Park plays a very important social-ecological role, providing the locals with clean air while absorbing most of transport pollutions, regulating hydrological regime of the territory, helping to preserve its biodiversity. The park’s contribution to improvement of environmental situation and maintenance of health of the local population, as well as prevention of harm caused by negative anthropogenic impact is expressed in a great amount of money − about 18 billion rubles/year; therefore it is another reason for preservation and development of the park. Its significance is also proved with the result of a survey, showing that people value the very existence of the “Elk Island” and are ready to help with its further preservation.

The results of our research show the important role of the park in the sustenance of ecological balance and life quality of regional population. The results of the ecological services assessment in the territory are a reason for improvement of economic methods of environmental management and territorial schemes of Moscow Region development, with the preservation of the “Elk Island” Nature Reserve being the main priority.

REFERENCES

Balatskiy O.F., Panasovskiy Yu.V., Chupis A.V. 1989. Economic and Organization of the Protected Natural Areas. Moscow: Ahropromyzdat. 192 p. [in Russian; *Балацкий О.Ф., Панасовский Ю.В., Чупис А.В.* 1989. Экономика и организация охраняемых природных территорий. М.: Агропромиздат. 192 с.]

Bobylev S.N., Zakharov V.M. 2009. Ecological Services and Economic. Moscow: Private Limited Company “LEVKO Tipografiya”. Institute of Sustainable Development. Centre of Ecological Politics of Russia. 72 p. [in Russian; *Бобылев С.Н., Захаров В.М.* 2009. Экосистемные услуги и экономика. М.: ООО «Типография ЛЕВКО». Институт устойчивого развития. Центр экологической политики России. 72 с.]

Costanza R., Daly H. 1992. Natural Capital and Sustainable Development // Conservation Biology. No. 6. P. 37-46.

De Groot R.S., Fisher B., Christie M., Aronson J., Braat L., Gowdy J., Haines-Young R., Maltby E., Neuville A., Polasky S., Portela R., Ring I. 2010. Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation // The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations / Ed. P. Kumar. Earthscan, London. P. 9-40.

Federal Forestry Agency of Russia. “The Main Regulations for Forest Management of the National Natural Parks of Russia” as of 07/07/1993. [Available at: http://docs.cntd.ru/document/9015073 (Date of Access: 03/14/2020)]. [in Russian; Федеральная служба лесного хозяйства России. «Основные положения по лесоустройству национальных природных парков России» от 7 июля 1993 г.]

Federal Law No. 33-FZ “On the Subject of the Specially Protected Natural Areas” as of 03/14/1995. [Available at: http://docs.cntd.ru/document/9010833 (Date of Access: 03/14/2020)]. [in Russian; Федеральный закон №33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» от 14 марта 1995 г.]

Federal State Statistic Service. 2019 [Available at: https://eng.gks.ru/ (Date of Access: 03/18/2020)].

Informational and Trading Platform “Wood Resource”. 2012 [Available at: https://woodresource.com (Date of access: 01/26/2020)].

Iniesta-Arandia I., García-Llorente M., Aguilera P., Montes C., Martín-López B. 2014. Socio-cultural valuation of ecosystem services: uncovering the links between values, drivers of

change, and human well-being // Ecological Economics. No. 108. P. 36-48.

IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [Available at: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html (Date of Access: 03/12/2020)].

Karpukhina N.V., Kiseleva V.V., Trifonova T.V. 2013. Using GIS to Assess the Industrial Landscapes Dynamics in the Upper Yauza Bogs // Samar Luka: Problems of Regional and Global Ecology. Vol. 22. No. 4. P. 5-13. [in Russian; *Карпухина Н.В., Киселева В.В., Трифонова Т.В.* 2013. Использование ГИС для оценки техногенной динамики ландшафтов верхне-яузских болот // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 22. № 4. С. 5-13.]

Kuzmina Zh.V. 2017. Dynamic Changes in Ecosystems and the Problems of their Assessment // Ecosystems: Ecology and Dynamics. Vol. 1. No. 1. P. 10-25. [Available at https://ecosystemsdynamic.ru/ (Date of Access: 01/20/2020).] [in Russian; *Кузьмина Ж.В.* 2017. Динамические изменения экосистем и вопросы их оценки // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 1. С. 10-25.]

Lebedev Yu.V., Neklyudov I.A. 2012. Assessment of Water Protection and Regulation Role of Forests. Methodical Guidelines. Yekaterinburg: UGLTU. 35 p. [in Russian; *Лебедев Ю.В., Неклюдов И.А.* 2012. Оценка водоохранно-водорегулирующей роли лесов. Методические указания. Екатеринбург: УГЛТУ. 35 с.]

Methodology for Calculating the Amount of Harm Caused to the Hunting Resources. 2011. Approving Order No. 948. 12/08/2011. [Available at: http://docs.cntd.ru/document/902319937 (Date of Access: 03/14/2020)]. [in Russian; Приказ Министерства природных ресурсов от 8 декабря 2011 года № 948 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам. 2011.]

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being // Synthesis Report. Washington DC: Island Press. 160 p.

National Park “Elk Island”. 2006 [Available at: http://en.elkisland.ru/ (Date of Access: 03.05.2020)].

National Strategy for Biodiversity Preservation in Russia. 2002. Moscow: The Ministry of Natural Resources and the Environment of the Russian Federation. 129 p. [in Russian; Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России. 2002. М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. 129 с.]

Pakina A.A. 2018. Social-ecological Functions of Ecosystems and Their Role in the Formation Mechanisms of Environmental Management of the Region // Geopolitics and Ecogeodynamics of the Regions. Vol. 4. No. 4. P. 82-88. [in Russian; *Пакина А.А.* 2018. Социально-экологические функции экосистем и их роль в формировании механизмов управления природопользованием региона // Геополитика и экогеодинамика регионов. Т. 4. № 4. С. 82-88.]

Pakina A.A., Tulskaya N.I., Karnaushenko A.A. 2019. Ecological-economic Mapping of the Republic of Tatarstan // Geodesy and Mapping. No. 1. P. 146-155. [in Russian; *Пакина А.А., Тульская Н.И., Карнаушенко А.А.* 2019. Эколого-экономическое картографирование Республики Татарстан // Геодезия и картография. № 1. С. 146-155.]

Payment for Ecosystem Services. Ecological Economics and Human Well-Being. 2009 / Eds. P. Kumar, R. Muradian. Oxford and New York: Oxford University Press. 308 p.

Specially Protected Natural Areas of Russian Federation. Information and Reference System. 2004 [Available at: http://oopt.info/losiny/index.html (Date of Access: 12/02/2019)]. [in Russian; ООПТ РФ. Информационно-справочная система. 2004.]

State of the Voluntary Carbon Markets. Maneuvering the Mosaic. 2013 [Available at: https://www.forest-trends.org/publications/maneuvering-the-mosaic-state-of-the-voluntary-carbon-markets-2013/ (Date of Access: 01/23/2020)].

The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB. 2008 [Available at: http://www.teebweb.org (Date of Access: 02/25/2020)].

Timokhina Yu.I., Kalutskova N.N., Golubeva Ye.I. 2017. Evaluation of Wetlands Ecosystem Functions of Kazakhstan Specially Protected Natural Territories // Ecosystems: Ecology and Dynamics. Vol. 1. No. 4. P. 45-58. [in Russian; *Тимохина Ю.И., Калуцкова Н.Н., Голубева Е.И.* 2017. Оценка экосистемных функций водноболотных угодий особо охраняемых природных территорий Казахстана // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 4. С. 45-58.]

Zavadskaya A.V., Nikolayeva A.Ye., Sazhina V.A., Shpilenok T.I., Shuvalova O.A. 2017. Economical Assessment of Natural Resources and Ecological Services of Kronotsky Nature Reserve and South Kamchatka Wildlife Sanctuary. Petropavlovsk-Kamchatskiy: Kamchatpress. 244 p. [in Russian; *Завадская А.В., Николаева А.Е., Сажина В.А., Шпиленок Т.И., Шувалова О.А.* 2017. Экономическая оценка природных ресурсов и экосистемных услуг Кроноцкого заповедника и Южно-Камчатского заказника. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 244 с.]

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2020, том 4, № 3, с. 193-231

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 57.042

ДИНАМИКА НАЗЕМНЫХ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ МОНГОЛИИ ЗА 1989-2017 гг.

© 2020 г. С.Н. Бажа*, А.В. Андреев*, Е.В. Данжалова*, Н.И. Дорофеюк*, Ю.И. Дробышев*, И.А. Петухов*, М. Саандарь, Ч. Дугаржав***, Я. Адъяа***, С. Хадбаатар******

**Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: monexp@mail.ru
***МонМэпИнжиниринг Ко. ЛТД*
Монголия, 210351, г. Улан-Батор, ул. Сэулийнгудамж, д. 12/6
****Институт ботаники Академии наук Монголии*
Монголия, 210351, г. Улан-Батор, просп. Жукова, д. 77
*****Монгольский государственный университет образования*
Монголия, 21064, г. Улан-Батор, ул. Бага Тойруу, д. 14. E-mail: hadbaatar@mail.ru

Поступила в редакцию 08.07.2020. После доработки 15.07.2020. Принята к публикации 01.08.2020

В 1989-1990 гг. Совместная Российско (Советско)-Монгольская комплексная биологическая экспедиция РАН и АНМ (СРМКБЭ) провела картографирование и оценку состояния природных экосистем всей территории Монголии. Итогом этих комплексных работ стала синтетическая карта экосистем Монголии в масштабе 1:1000000, включающая информацию о степени антропогенной нарушенности (Ecosystems ..., 1995). Эта карта стала «точкой отсчета» для дальнейшего слежения за состоянием природной среды Монголии. Кардинальные социально-экономические изменения, произошедшие в Монголии за последние десятилетия, привели к появлению новых и усилению прежних экологических рисков, ускоривших дигрессионные процессы и перестройку экосистемного континуума страны. В связи с этим в 2012-2017 гг. были осуществлены повторные мониторинговые исследования и картографирование в том же масштабе современного состояния экосистем Монголии. Итогом многолетнего изучения наземных экосистем Монголии стал атлас «Ecosystems of Mongolia» (2019), изданный на английском языке.

Сравнение экосистем в 1989-1990 и 2012-2017 гг. показало сокращение площади природных наземных экосистем всего на 0.5%, однако анализ их состояния однозначно свидетельствует об усилении в них деградационных процессов за этот период. Так, площади фоновых и слабо нарушенных экосистем сократились на треть, средне нарушенные – выросли на 44%, сильно и очень сильно нарушенные – увеличились более чем вдвое. Похожая ситуация сложилась и в случае пастбищепригодных экосистем.

Главными причинами антропогенной нарушенности экосистем являются основные факторы воздействия хозяйственной деятельности: перевыпас, лесные пожары, вырубки, распашка, добыча полезных ископаемых, увеличение площади селитебных территорий.

Площадь антропогенных экосистем к 2017 г. выросла на 40%. К ним относятся распаханные земли, а также техногенные и селитебные экосистемы.

Для детального изучения механизмов деградации наземных экосистем под воздействием основных антропогенных факторов, были проведены мониторинговые и картографические работы в ряде сомонов, на модельных полигонах и ключевых участках, расположенных в зонах повышенной экологической напряженности. Результатом этих работ явились карты экосистем и антропогенной нарушенности масштаба 1:200000 и крупнее, также вошедшие в атлас (Ecosystems …, 2019). Такие исследования позволили создать, а в дальнейшем и расширить репрезентативную сеть модельных территорий, охватывающих все природные регионы страны, в целях длительного

мониторинга.

Таким образом, сопоставление данных, полученных в 1989-1990 гг., с материалами новейших исследований позволило рассчитать площади, занятые в настоящее время различными типами экосистем, оценить их состояние и выявить тренды трансформации.

Ключевые слова: Монголия, экосистемы, воздействие, динамика, картография, атлас.

DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10069

Монголия в последние десятилетия испытывает значительные изменения в социальной и экономической сферах: существенный рост народонаселения и подъем его благосостояния, резкое увеличение количества городских жителей, углубление рыночных отношений, бурное развитие горнодобывающей отрасли, международного и внутреннего туризма, транспортной сети. Вместе с тем, в стране всё чаще высказывается озабоченность экологическими проблемами, из которых наиболее актуальны сокращение площадей коренных хвойных лесов, истощение пастбищ, исчезновение водных источников (Altrell, 2019; Tong et al., 2018; Nyamtseren et al., 2018). Эти явления происходят на фоне общего потепления климата, уменьшения годового количества осадков и прогрессирующего опустынивания (Dulamsuren et al., 2015).

В конце прошлого столетия началась масштабная миграция сельского населения (особенно из западной части страны), главным образом в Улан-Батор, в другие промышленные центры и к местам разработки крупных месторождений полезных ископаемых. Общая численность городского населения увеличилась с 1990 г. по 2017 г. на 75% (с 1266.5 до 2146.7 тыс. человек). Например, население столицы Монголии, г. Улан-Батора, выросло в 2.5 раза − с 586.2 до 1463 тыс., а г. Эрдэнэта, являющегося одним из крупнейших индустриальных центров страны, – почти в 2 раза, с 51.2 до 99.8 тыс. (Ecosystems ..., 2019).

За последние несколько лет в экономике Монголии произошли важные структурные изменения. Возрастает значение горнодобывающей отрасли, превратившейся в локомотив экономического роста Монголии. Так, доля сельского хозяйства в структуре ВВП страны сократилась с 27.4% в 2000 г. до 10.1% в 2017 г., в то время как доля горнодобывающей промышленности выросла за этот же период с 11.2 до 24.2%. Особо следует отметить значительное увеличение предприятий по золотодобыче. Общее количество добываемого в стране золота возросло с 800 кг в 1991 г. до 15300 кг в 2015 г. (NSO, 2018).

При значительном сокращении сельского населения в Монголии идёт быстрый прирост общего поголовья домашнего скота, резко увеличивая и без того высокие нагрузки на ограниченные площади пастбищ. Так, к 2017 г. общее поголовье скота в стране увеличилось по сравнению с 1990 г. более чем в 2.5 раза. Отмечен значительный рост (в 5.3 раза) поголовья коз – самого дигрессионно-опасного вида скота. Этот рост обусловлен высоким рыночным спросом на кашемир. В то же время снизился интерес к разведению верблюдов, общее количество которых сократилось более чем в 1.2 раза (Ecosystems ..., 2019).

К 1989 г. в Монголии было распахано около 1.15 млн. га земель. Из них максимальные площади земель, занятые под посевы сельскохозяйственных культур составляли: в 1989 г. – 837.9 тыс. га, а в 2004 г. − всего лишь 200.5 тыс. га (рис. 1).

Оставшиеся земли длительное время находились в залежном режиме. Ситуация начала меняться после 2007 г., когда была объявлена Правительственная программа по поддержке сельхозпроизводителей «Целина-3», направленная на повышение эффективности сельскохозяйственного производства, в первую очередь, зерновых, картофеля и овощей. Уже к 2014 г. площадь под сельскохозяйственными культурами достигла 444.3 тыс. га, а вовлечение в севообороты залежных (и даже целинных) земель постоянно продолжается в современной

Монголии. Следует отметить, что такое экстенсивное вовлечение земель в распашку, особенно на подгорных равнинах и склонах на почвах легкого гранулометрического состава, приводит к усилению эрозионных процессов и даже к опустыниванию. Так, к настоящему времени около 65% пахотных земель бассейна Селенги, где сосредоточено свыше 85% распаханных земель, подверглись эрозии, из них 35% являются средне- и сильноэродированными (Бажа и др., 2018).

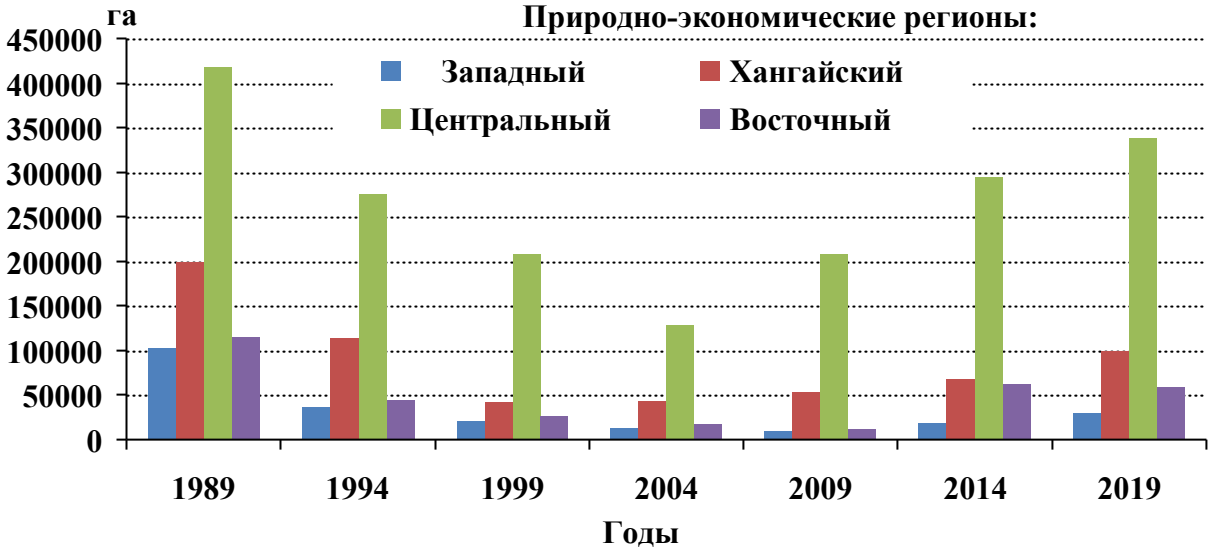


Рис. 1. Динамика посевных площадей Монголии по природно-экономическом регионам (га).

Леса занимают около 8% территории Монголии, приурочены к горным системам и сосредоточены в северной и отчасти центральной части страны. В силу особенностей климата и антропогенных нагрузок лесные экосистемы весьма неустойчивы и восстанавливаются с большим трудом либо разрушаются необратимо, при этом лесохозяйственная деятельность сама по себе оказывает на них менее значительное воздействие, чем некоторые природные (изменение климата, пожары, насекомые-вредители) и антропогенные (добыча полезных ископаемых, перевыпас) факторы.

Оценка рисков, связанных с изменением демографической, экономической и экологической обстановки в стране, может быть дана только на основе масштабных исследований состояния экосистем, их изменений и динамических трендов. Результаты таких комплексных исследований важны не только для Монголии, но и для России, особенно для территории Южной Сибири, где природные условия и особенности хозяйственной деятельности во многом сходны с районами Северной Монголии.

Наиболее наглядным и объективным методом изучения наземных экосистем и их состояния является картографический, с использованием как современных материалов дистанционного зондирования Земли, охватывающих одновременной съёмкой обширные территории, так и наземный комплекс полевых исследований, который помогает расшифровать и существенно дополнить различными фактическими данными имеющуюся фотокартину. Особую роль играет анализ картографических данных, полученных на одни и те же территории в разные годы, что позволяет проследить в динамике состояние различных процессов и произвести количественный расчёт этих изменений.

Комплексное изучение экосистем Монголии, в том числе методами тематического картографирования, уже 50 лет осуществляет Совместная российско-монгольская комплексная биологическая экспедиция РАН и АНМ[1] (СРМКБЭ).

Настоящая работа посвящена анализу основных изменений в состоянии наземных экосистем Монголии и выявлению причин этих перемен, произошедших за последнюю четверть века, с помощью картографических материалов, созданных исследователями СРМКБЭ в разные годы и вошедших в Атлас экосистем Монголии (Ecosystems ..., 2019). Информация, содержащаяся в Атласе, дает возможность выявить тренды многолетних изменений природных экосистем Монголии, оценить масштабы развития и распространения процессов антропогенной деградации в пространстве и во времени, определить степень воздействия на экосистемы отдельных негативных факторов.

Объекты и методы исследования

В 1989 г. СРМКБЭ осуществила в течение одного полевого сезона беспрецедентное по масштабам комплексное изучение, маршрутное картографирование и оценку состояния природных экосистем всей территории Монголии. Работы проводились согласно заранее созданным методикам (Методические рекомендации ..., 1989). Итогом этих комплексных работ стала карта экосистем Монголии масштаба 1:1000000 (Ecosystems ..., 1995), на которой отражены состав и зонально-поясная структура экосистем, основные антропогенные факторы их дестабилизации и зафиксировано состояние экосистем на момент картографирования.

Легенда к карте включает 64 типа зонально-поясных и интразональных природных наземных экосистем, а также водные и антропогенные (селитебные, техногенные и пахотные) экосистемы. В соответствии с методическими разработками (Методические рекомендации ..., 1989) степень антропогенной нарушенности природных экосистем оценивалась по пятибалльной шкале: I – очень слабая (фоновая), II – слабая, III – средняя, IV – сильная, V – очень сильная (часто необратимая).

В 2005 г. был подготовлен и издан небольшой атлас экосистем Монголии (Ecosystems ..., 2005), в котором на основе данных карты экосистем Монголии (Ecosystems ..., 1995) помимо различных тематических картографических интерпретаций её содержания были рассчитаны площади разных зонально-поясных и экологических групп экосистем с указанием их долей на всей территории страны.

С 2012 по 2017 гг. сотрудники СРМКБЭ осуществляли мониторинговые исследования и повторное картографирование в масштабе 1:1000000 современного состояния экосистем всех аймаков Монголии. Мониторинг степени антропогенной нарушенности проводился в границах экосистем, отображённых на карте экосистем Монголии (Ecosystems ..., 1995). Корректировка границ затронула только антропогенные экосистемы (вновь появившиеся и существенно изменившиеся старые). Эти материалы легли в основу изданного в 2019 г. атласа «Ecosystems of Mongolia». Туда вошли также созданные в рамках Научной Программы СРМКБЭ многочисленные тематические карты, посвящённые природным комплексам различных регионов, модельных полигонов, сомонов и природоохранных территорий страны. На таких модельных территориях отрабатывались современные методики картографирования экосистем,

[1] Совместная российско-монгольская комплексная биологическая экспедиция РАН и АНМ (СРМКБЭ РАН и АНМ) ранее называлась Совместная советско-монгольская комплексная биологическая экспедиция АН СССР и АНМНР (ССМКБЭ АНСССР и АНМНР).

их состояния и выявления факторов деградации (Бажа и др., 2013). Кроме того, в атлас включены карты, таблицы и графики, отражающие изменение многих социальных и экономических показателей с 1990 по 2017 гг.

Атлас (Ecosystems ..., 2019) построен по региональному принципу и, кроме общего раздела, включает 4 региональных, объединяющих карты и статистические данные по четырём Природно-экономическим регионам (ПЭР), на которые с учётом природных особенностей, экономических показателей и административных границ аймаков разделена территория Монголии. Западный ПЭР объединяет пять аймаков: *Баян-Улгийский, Ховд, Убсунурский, Завханский* и *Гоби-Алтайский*. Хангайский ПЭР включает *Хубсугульский, Булганский, Орхонский, Архангайский, Ундурхангайский* и *Баянхонгорский* аймаки. В Центральный ПЭР входят *Селенгинский, Дархан-Уул, Центральный, Среднегобийский, Восточно-Гобийский*, *Южно-Гобийский* аймаки и административная территория *г. Улан-Батор*. Восточный ПЭР объединяет *Хэнтэйский, Дорнодский* и *Сухэ-Баторский* аймаки (рис. 2).

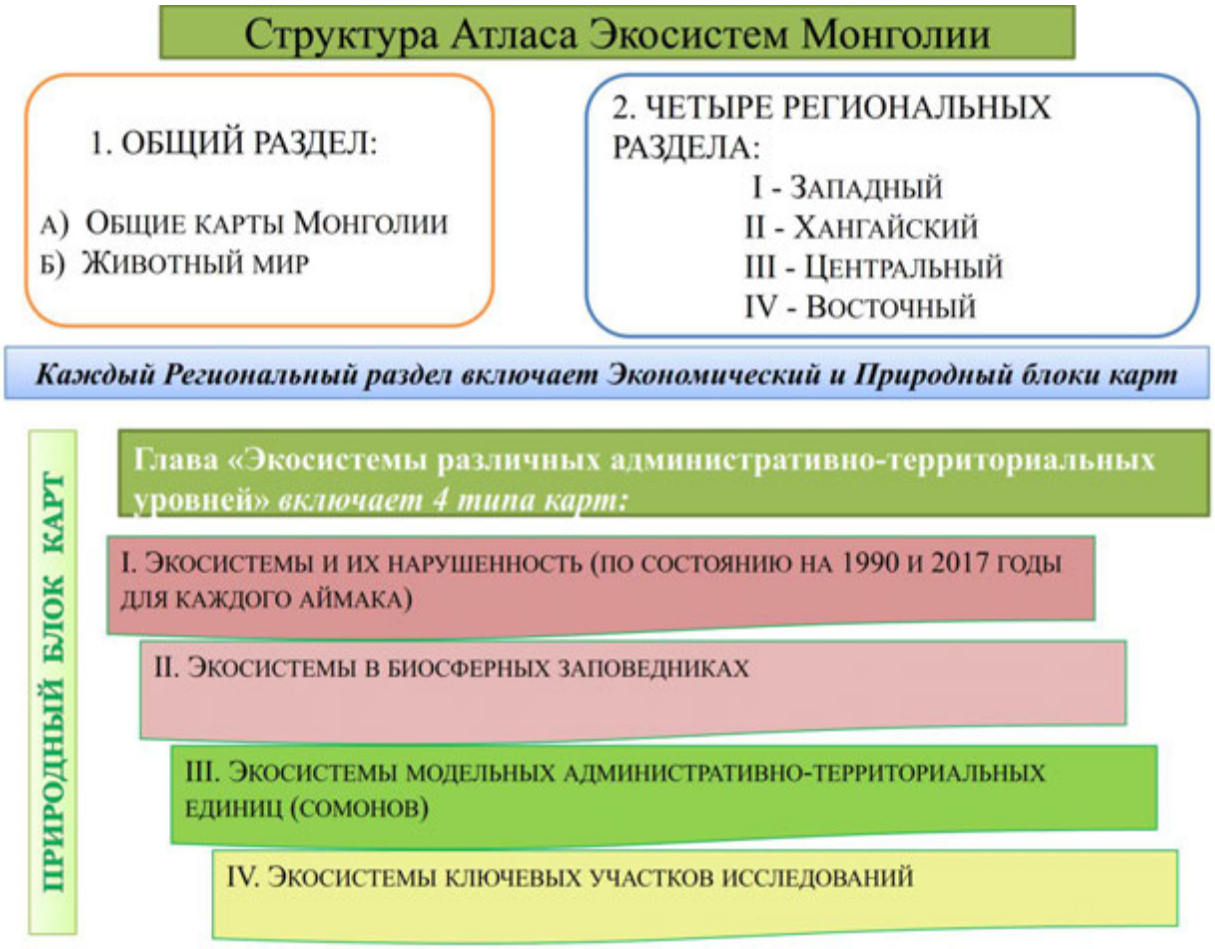


Рис. 2. Структура атласа «Ecosystems of Mongolia» (2019).

Все 4 территории ПЭР имеют меридиональную направленность – от северных до южных границ страны и, таким образом, в пределы каждого региона попадают все широтные

природные зоны Монголии. Природное разнообразие постепенно уменьшается с запада на восток, вслед за снижением ландшафтной контрастности регионов. Из 64 типов природных экосистем, выделенных на карте экосистем Монголии (Ecosystems ..., 1995), на территории Западного ПЭР встречаются 62, Хангайского – 61, Центрального – 58, в границах преимущественно равнинного Восточного ПЭР – лишь 38 типов.

В атлас (Ecosystems ..., 2019) в разделы карт аймаков каждого ПЭР включены крупномасштабные карты экосистем и их антропогенной нарушенности для территорий ряда сомонов, модельных полигонов и ключевых участков, расположенных в зонах повышенной экологической напряженности.

Эти карты создавались для детального изучения процессов деградации наземных экосистем под воздействием основных антропогенных факторов: лесохозяйственного, сельскохозяйственного, горнопромышленного и рекреационного; а также степени их воздействия на состояние природных экосистем. Модельные полигоны и сомоны, картографирование которых осуществлено в основном в масштабе 1:200000, характеризующиеся значительным разнообразием природных комплексов, стали базовыми территориями для проведения инвентаризации и определения степени антропогенной нарушенности их экосистем, выявления характерных деградационных процессов. Ключевые участки выбирались с целью наиболее детального изучения факторов антропогенного воздействия и опасных процессов деградации экосистем. Их картографирование проводилось в более крупном масштабе (в основном 1:10000).

Атлас подготовлен в цифровом формате: карты, вошедшие в него, были созданы на основе ГИС, которая устанавливает прямую связь между конкретными выделами на картах и их количественными и качественными характеристиками, а также даёт возможность проведения необходимых расчётно-аналитических действий, на данных которых основывается и настоящее исследование.

Результаты и их обсуждение

Оценка площади пастбищепригодных экосистем. На основе обработки данных атласа «Ecosystems of Mongolia» (2005) в масштабе картографирования 1:1000000 были получены площадные данные экосистем, пригодных для пастбищного животноводства – традиционной основы экономики страны (табл. 1). К пастбищепригодным были отнесены все экосистемы, растительность которых имеет кормовую ценность, а места её произрастания доступны для выпаса домашних животных.

Несмотря на то, что пастбищепригодные экосистемы занимают около 86% территории страны, в силу ряда причин значительные площади этих экосистем в настоящее время не могут использоваться по назначению. Это, прежде всего:

- пространства крайне аридных и настоящих пустынь к югу от горных сооружений Монгольского и Гобийского Алтая, отдельных пустынных и полупустынных территорий в Котловине Больших озёр, Гобийской Долине озёр и части сухостепных и пустынно-степных экосистем на востоке страны – из-за дефицита источников пресной воды;
- крупные массивы развеваемых и полузакреплённых песков – из-за крайней разреженности травостоя, риска развития эрозионных процессов и отсутствия водных источников (фото 1);
- многие гольцовые вершины Хэнтэя, Хангая и Монгольского Алтая – из-за их значительной удалённости от водопоев, населенных пунктов и труднодоступности.

Таблица 1. Площади пастбищепригодных экосистем Монголии (по материалам 1989 г.).

Экосистемы	Площадь, тыс. км^2	% от площади Монголии
Территория Монголии	1564.12	100.0
Природные	1544.72	98.8
Пастбищепригодные	1345.02	86.0
Зонально-поясные (*высокогорные*: криофитные группировки, подушечники, тундры, ерники, кобрезники; *равнинные и горные степи:* высокогорные, луговые, умеренно-сухие, сухие, опустыненные, пустынные; *пустыни:* северные, южные, крайне аридные) и **гидроморфные** (не лесные − болотистые и пойменные луга, болота, солончаки)		
Непригодные для пастбищного использования	219.1	14.0
Природные (*водные:* озёра, крупные реки; лесные: горные, горно-долинные, пойменные; *нивальные:* ледники, снежники, каменистые поверхности, скальные обнажения)	199.7	12.8
Антропогенные (*распаханные территории:* пашни, залежи, плантации; *техногенные и селитебные:* освоенные месторождения полезных ископаемых, стройки, населённые пункты, объекты инфраструктуры)	19.4	1.2

Часть пастбищ имеет ограниченное использование, т.к. на них может содержаться лишь один вид сельскохозяйственных животных:

- мохово-лишайниковые тундры, подгольцовые редколесья и ерники Прихубсугулья – это пастбища для северных оленей;
- крайне аридные пустыни, бóльшая часть настоящих пустынь и полузакреплённых разреженной кустарниковой и полукустарничковой растительностью песков – пастбища для верблюдов;
- удалённые от обжитых долин высокогорные луга и каменистые тундры на Монгольском и Гобийском Алтае, Хангае и Хэнтэе – доступны лишь якам;

петрофитные степные экосистемы крутосклоновых, сильно расчленённых каменистых экотопов – пригодны только для коз (фото 2).

Существенно ограничивает возможности увеличения поголовья скота и климатический фактор. Характерной чертой климата Монголии является его аридность, неравномерность выпадения атмосферных осадков и резкие колебания их количества по годам. В последние 20-25 лет отмечено увеличение частоты засушливых лет (Жаргалсайхан, 2008; Бажа и др., 2018). Во многих регионах страны зафиксировано также превышение средних температур, как годовых, так и за вегетационный период, по сравнению со среднемноголетними данными (Гунин и др., 2015; Бажа и др., 2018; Богданов и др., 2019).

В Монголии всегда остро стоял вопрос обеспечения животных водой из-за аридности климата. Еще в эпоху Монгольской империи великий хан Угэдэй, правивший в 1229-1241 гг.,

распорядился провести ирригационные работы: «Я приказал устроить колодцы в безводных землях, чем доставлю народу воду и корма» (Козин, 1941, §281). К сожалению, пока трудно что-либо сказать о практическом воплощении этих замыслов.

Фото 1. Развеваемые пески, непригодные для выпаса скота (Южно-Гобийский аймак).

Фото 2. Сильнокаменистые пастбища, пригодные для коз (Баянхонгорский аймак).

К проблеме водоснабжения пастбищ вернулись уже в годы «народной власти» во второй половине XX в. при активном содействии специалистов из СССР и стран – членов СЭВ. В Монголии приступили к созданию сети колодцев и водопойных пунктов для скота на плановой основе. Были проведены соответствующие гидрогеологические изыскания наряду с кормоботаническими исследованиями и экономическими расчетами. В целом, поставленные задачи удалось решить, но кризис социалистической системы в конце 1980-х гг. привел к утрате государственного контроля над состоянием колодцев. В результате значительное их число вышло из строя.

На примере наиболее экономически развитого и густонаселенного Центрального аймака можно рассмотреть негативную динамику водообеспеченности пастбищ за 25-летний отрезок времени (рис. 3а, б). К началу кардинальных социально-экономических реформ здесь насчитывалось более полутора тысяч колодцев, распределенных по территории аймака относительно равномерно (за вычетом горной северо-восточной части). За четверть века их общее число сократилось на 36%. Катастрофическое падение числа действующих скважин объясняется, прежде всего, тем, что они подавали воду с помощью компрессоров, большинство из которых было разрушено.

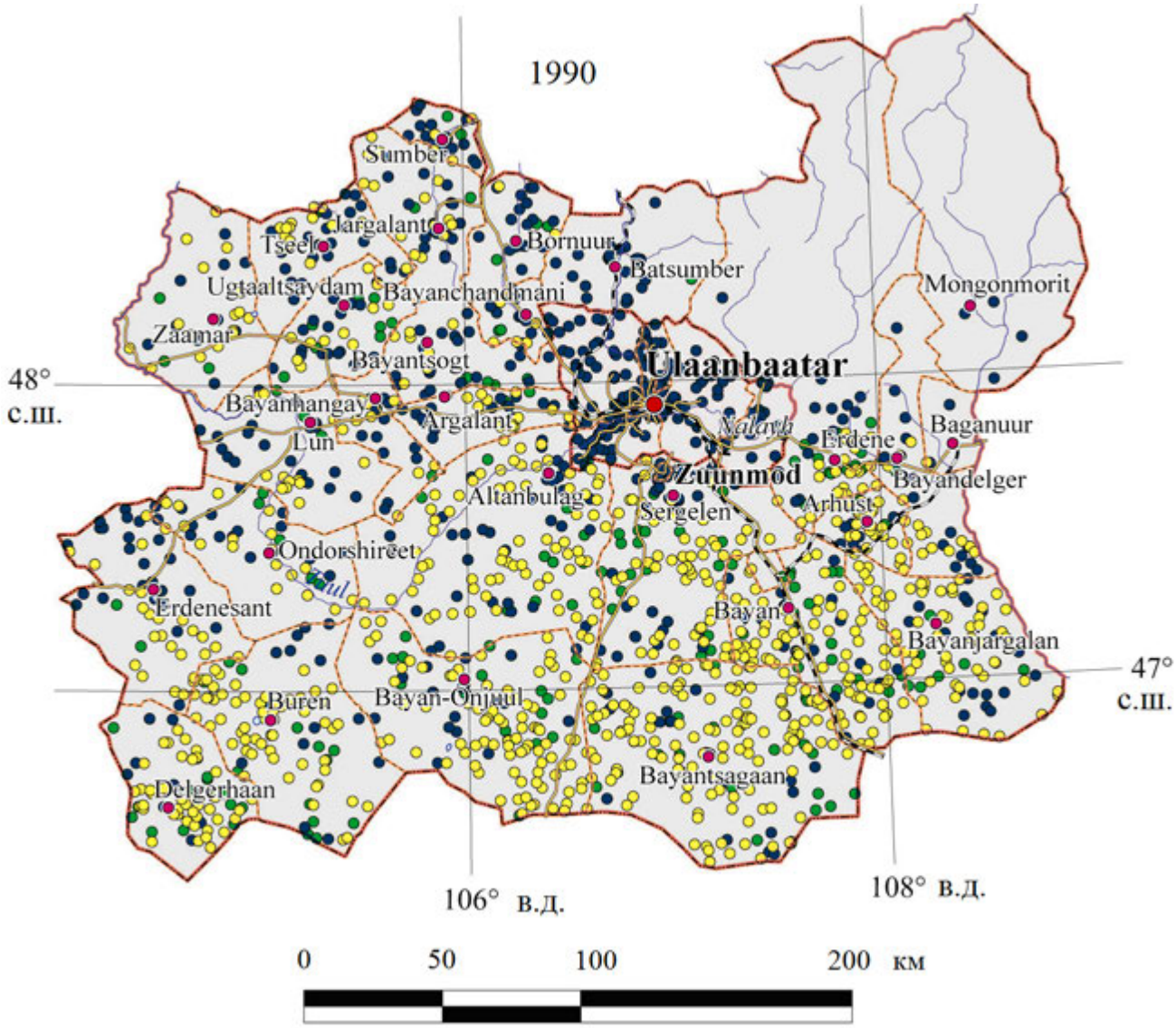
Не лучше обстоят дела и в остальных аймаках, что ведет к двояким последствиям. С одной стороны, из-за отсутствия или нехватки воды часть пастбищ выходит из хозяйственного использования. С другой, усиливаются нагрузки на действующие водопойные пункты, что провоцирует истощение запасов подземных вод и их загрязнение, а также способствует ускоренной деградации растительного и почвенного покровов в районе колодцев (фото 3).

Ввиду переориентации экономики Монголии на ресурсную модель, правительство уделяет поддержке животноводов недостаточное внимание, и забота о колодцах нередко ложится на плечи частных владельцев скота.

Многочисленные исследования показывают, что потенциал кормовой продуктивности пастбищ в Монголии весьма ограничен (Fujita et al., 2013). Поголовье скота в Монголии превысило кормовую емкость пастбищ уже к середине-концу 1990-х гг. (Гунин и др., 2003; 2009). Тем не менее, численность скота в стране растёт значительными темпами, в связи с чем с каждым годом экосистемы Монголии испытывают всё большие пастбищные нагрузки. За исследуемый период во всех ПЭР рост поголовья скота составил 1.9 и более раз. Наибольшее увеличение количества скота за исследуемый период отмечено в Восточном и Хангайском ПЭР (табл. 2). Наглядно этот процесс представлен в серии карт атласа, отображающей плотность поголовья скота по видам для каждого ПЭР (Ecosystems ..., 2019). На рисунке 4 отображен пример таких карт по плотности поголовья коз в Центральном ПЭР в 1990 (рис. 4а) и 2017 г. (рис. 4б).

Рост общего поголовья скота в Монголии продолжается и к началу 2019 г. оно уже составляло 66460.18 тыс. голов (NSO, 2018). В результате роста количества домашних животных и сокращения сельского населения произошло укрупнение стад, содержащихся у меньшего количества аратских семей. Так, к 2017 г. количество семей скотоводов уменьшилось более чем на 20%, а среднее поголовье личного стада возросло. Например, только с 2012 г. количество владельцев более чем 2000 голов скота увеличилось в три раза; на 30% стало больше владельцев стад из 200-500 голов скота, а число хозяев менее 10 животных уменьшилось на 20%. Большие стада менее мобильны, крепче привязаны к аратским стойбищам, оказывают более мощное деструктивное влияние на пастбищные экосистемы, особенно на наиболее продуктивные, удобные для выпаса, расположенные вблизи водопоев, вокруг населённых

пунктов и стойбищ (Сыртыпова, Чултэмсурэн, 2015; Lkhagvadorj et al., 2013).

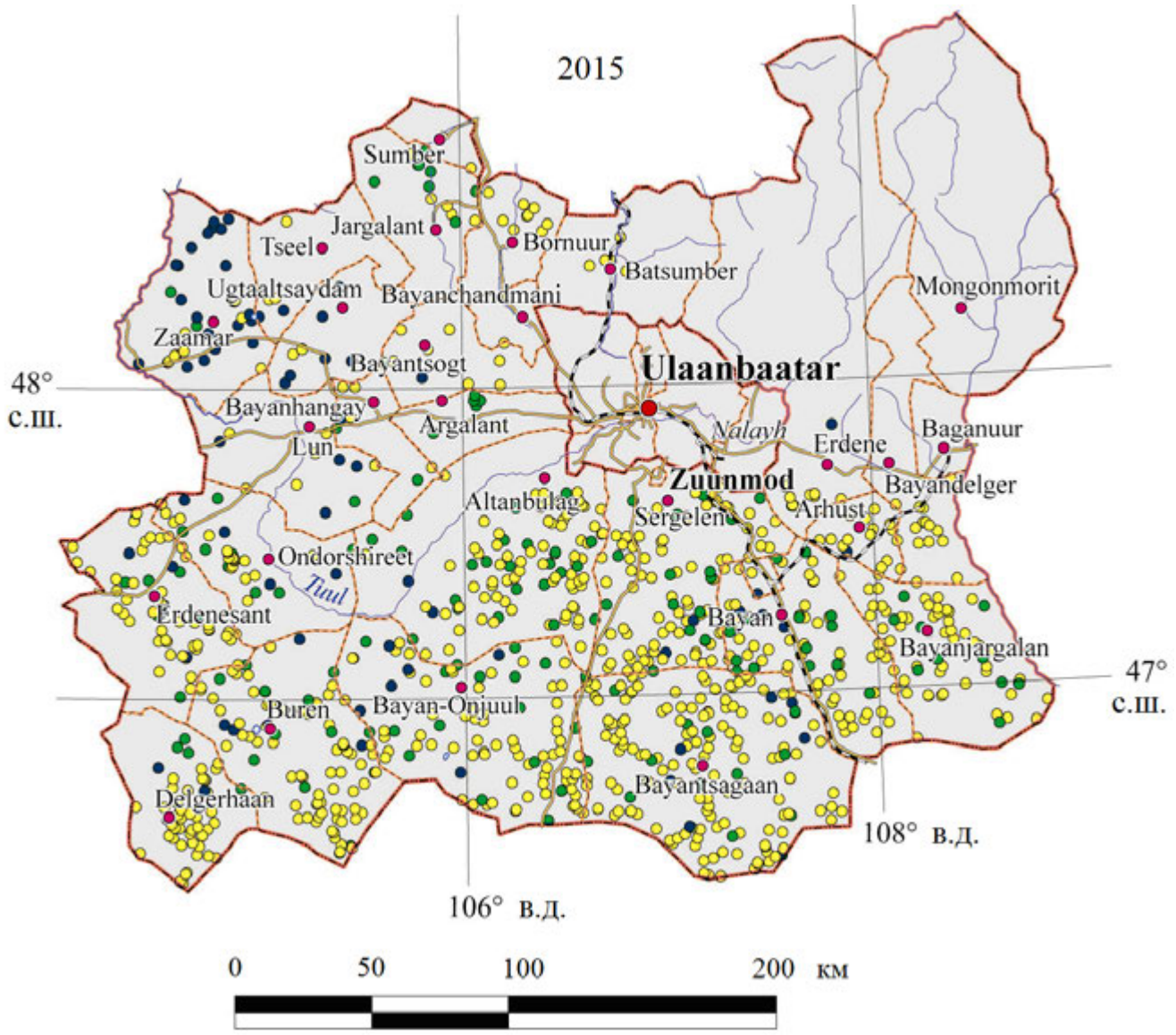


Типы колодцев
- Бетонный
- Буровой
- Рукотворный

Аймак	Типы колодцев			
	Бетонный	Буровой	Рукотворный	Всего
Центральный	165	496	854	**1515**

Рис. 3 а. Распределение водных источников в Центральном аймаке в 1990 г. (Ecosystems ..., 2019).

В результате нерационального использования пастбищ при росте поголовья скота и участившихся засух увеличилась доля пастбищных угодий в стадии сильной и очень сильной нарушенности. К ним, прежде всего, относятся степные экосистемы, анализ состояния которых дан ниже.



Аймак	Типы колодцев			
	Бетонный	Буровой	Рукотворный	Всего
Центральный	151	77	742	**970**

Рис. 3 б. Распределение водных источников в Центральном аймаке в 2015 г. (Ecosystems ..., 2019).

Хотя традиционно всё поголовье скота в Монголии круглогодично содержится и обеспечивается кормами на пастбищах, на практике, часть луговых и лугово-степных пастбищепригодных экосистем периодически используется в качестве сенокосов, обеспечивающих резервный запас кормов в периоды бескормицы, но площади сенокосов невелики и непостоянны, прежде всего, из-за климатических флуктуаций.

Фото 3. Деградированное пастбище вокруг колодца с *Peganum nigellastrum*[2] (Среднегобийский аймак).

Результаты мониторинга состояния экосистем Монголии. В границах ПЭР по каждому из выделенных в результате картографирования 1989 г. (Ecosystems ..., 1995) 64 типов экосистем были подсчитаны площади по пяти степеням их антропогенной нарушенности. Аналогичные расчёты были выполнены также на основе данных мониторинговых исследований, проведенных в 2012-2017 гг. (Ecosystems ..., 2019). Итоги подсчётов представлены ниже в сводных региональных таблицах (табл. 3, 4). В этих таблицах пять степеней антропогенной нарушенности наземных экосистем, использованных при картографировании состояния экосистем (Методические рекомендации ..., 1989), соединены в три: слабая (объединяет очень слабую – I и слабую – II), при которой экосистемы не испытывают существенных антропогенных изменений; средняя (III) – оставлена без изменений; сильная (включает сильную – IV и очень сильную – V), отражающая коренные негативные изменения экосистем, вплоть до необратимых.

Отображённые на картах 64 типа экосистем объединены в таблицах в 12 зонально-поясных групп и одну азональную группу *гидроморфных* экосистем (переувлажнённые луга и кустарники высокогорий, лесного и лесостепного горных поясов, степей и речных пойм, прочие пойменные луга и урёмы, а также засолённые луга и солончаки пустынной зоны).

Высокогорная группа, характерная для всех главных горных систем Монголии, объединяет криофитные экосистемы гольцов, горные тундры, кобрезиевые луга и ерники. Последние две являются наиболее ценными и продуктивными пастбищными угодьями высокогорий.

[2] Латинские названия растений приведены по работе «The Global Biodiversity Information Facility» (2001).

Таблица 2. Структура поголовья скота в Монголии в 1990 и 2017 гг. (тыс. голов).

Вид скота	Годы	Природно-экономические регионы				Всего по стране
		Западный	Хангайский	Центральный	Восточный	
Овцы	1990	5111.78	4526.81	3164.33	2214.24	15017.16
	2017	**6903.22**	**11329.00**	**6678.15**	**5029.34**	**29939.71**
Козы	1990	1977.92	1538.68	1213.07	378.52	5108.19
	2017	**7702.37**	**9613.56**	**6619.97**	**3289.78**	**27225.68**
Лошади	1990	562.20	789.54	542.35	352.67	2246.76
	2017	**676.12**	**1439.70**	**902.30**	**878.36**	**3896.48**
Коровы и яки	1990	692.36	1134.86	521.17	455.38	2803.77
	2017	**815.96**	**1934.45**	**769.25**	**779.95**	**4299.61**
Верблюды	1990	155.45	90.67	252.19	39.15	537.46
	2017	**103.91**	**88.09**	**223.75**	**18.10**	**433.85**
Итого	1990	8499.70	8080.56	5693.11	3439.95	25713.32
	2017	**16201.58**	**24404.79**	**15193.41**	**9995.54**	**65795.32**

Группа *лесных* экосистем, широко распространённая на севере страны, в горах Прихубсугулья, Хэнтэя и северной части Хангая, представлена горными и горно-долинными лесами, без деления по лесообразующим породам и экологическим характеристикам местообитаний. Главный фактор деградации лесов – пожары, возникающие, как правило, по вине человека, и последующие рубки.

Лесостепные экосистемы, являющиеся устойчивым экспозиционным сочетанием псевдотаёжных лесов и луговых степей, с участием петрофитных и умеренно-сухих степей, образуют высотный пояс на низкогорьях и среднегорьях Монгольского Алтая, Прихубсугулья, Хангая, Хэнтэя и гор северо-востока страны.

Степные экосистемы занимают большую часть территории Монголии (свыше 55%). Это основные продуктивные всесезонные и интенсивно используемые пастбища, широко распространённые по всей равнинной и горной территории страны, за исключением пустынного крайнего юга, таёжного севера и большей части высокогорий. В таблицах представлены шестью группами экосистем: высокогорных степей, приуроченных к хорошо освещаемым высокогорным склонам всех основных горных систем; луговых и умеренно-сухих степей, характерных для склонов большей части горных сооружений Монголии, кроме пустынного юга; сухих и опустыненных степей, распространённых на нижних высотных ступенях гор и на субплакорных позициях на северо-западе обширных восточных равнин; пустынных степей, занимающих основные площади Гобийской Долины озёр, Котловины Больших озёр, южной половины восточных равнин, предгорий и сухих межгорных долин Гобийского Алтая.

Три группы *пустынных* экосистем – остепнённых (северных), настоящих (южных) и крайне аридных пустынь характерны, главным образом, для равнин, внутригорных котловин и низкогорий юга Монголии, центральных частей Котловины Больших озёр и Гобийской Долины озёр.

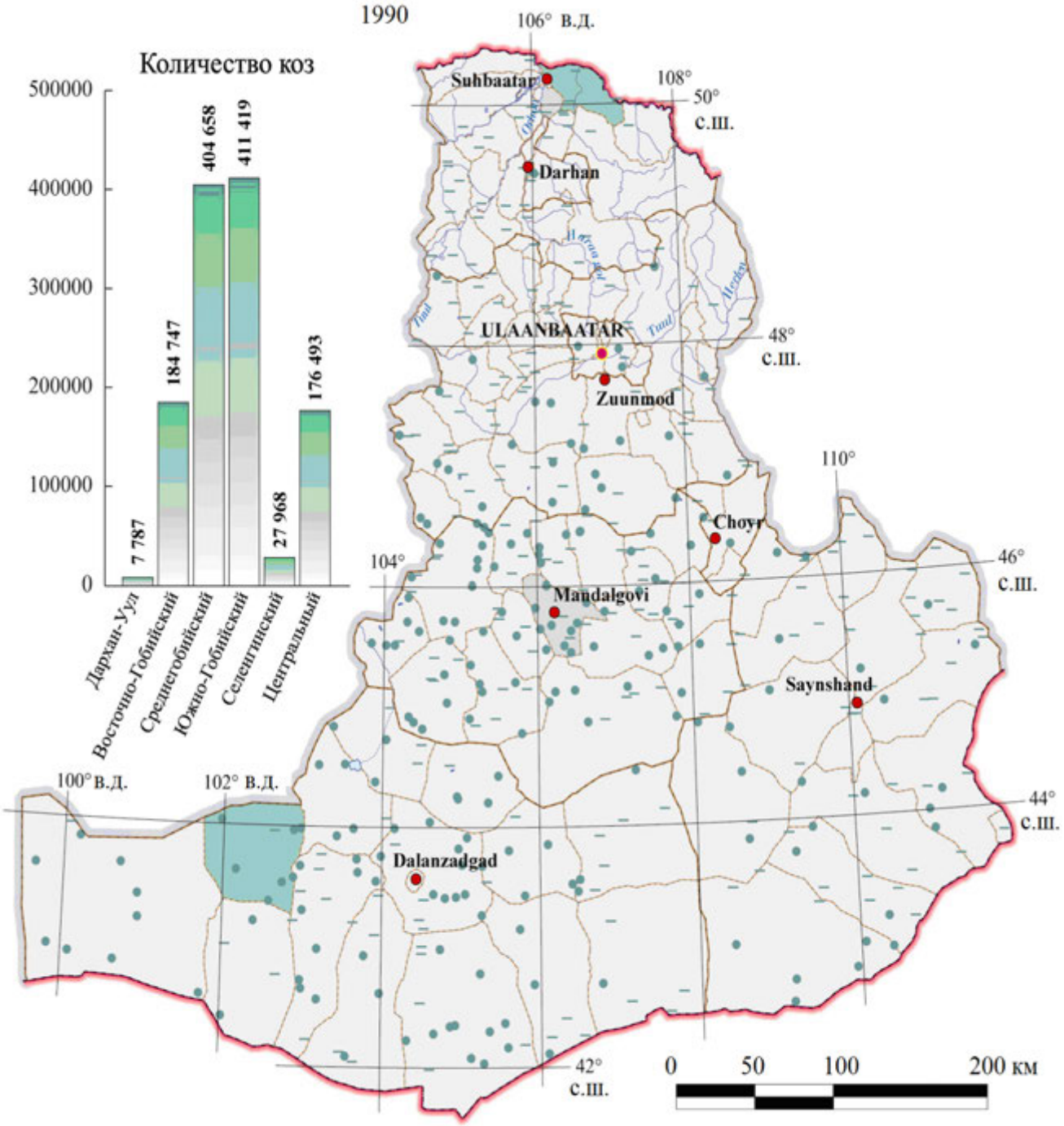


Рис. 4 а. Плотность поголовья коз в Центральном ПЭР в 1990 г. (Ecosystems ..., 2019).

Северные пустыни, образующие вместе с пустынными степями своеобразную зону полупустынь (Жирнов и др., 2005), также являются ценными в кормовом отношении пастбищами.

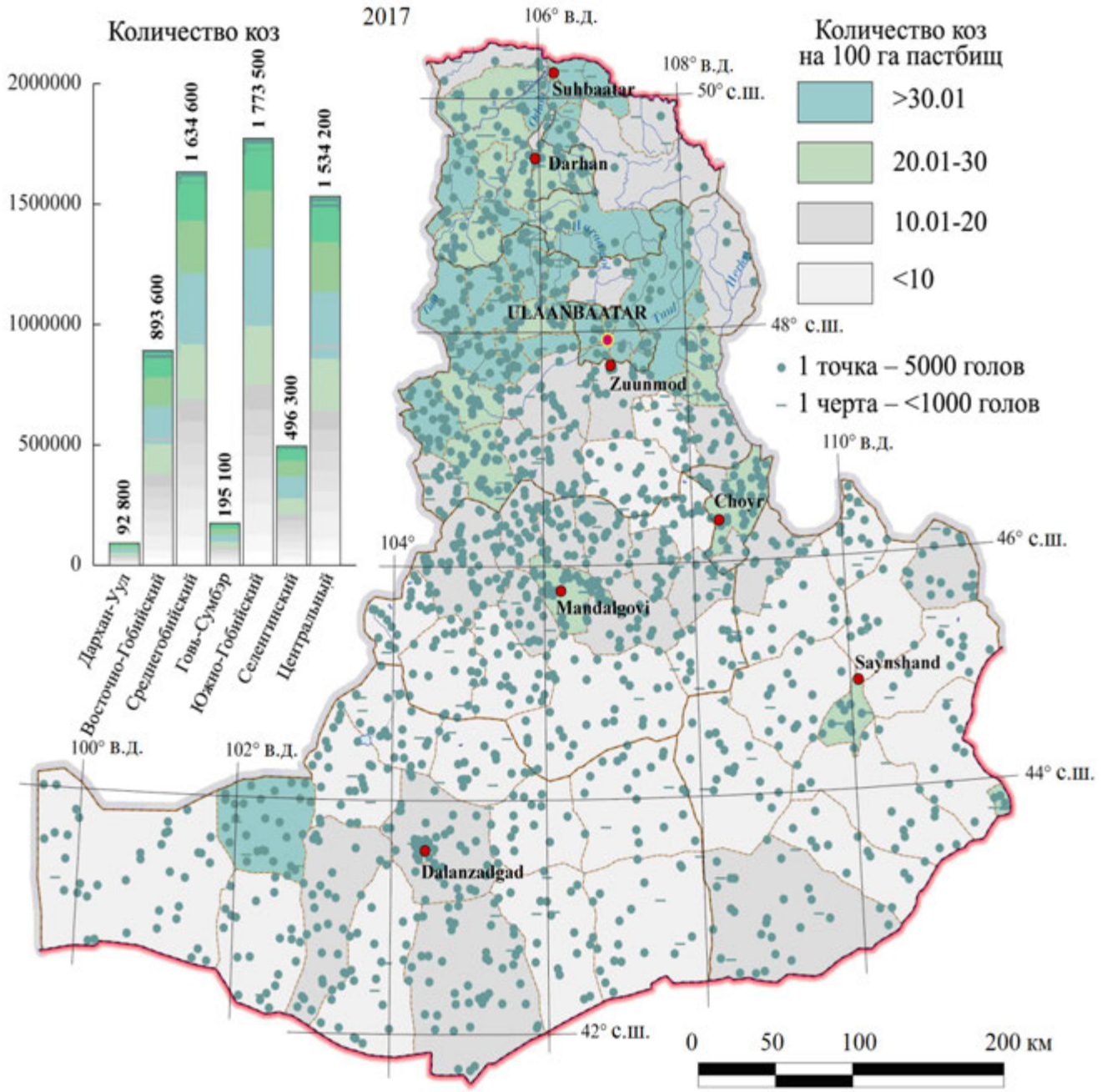


Рис. 4 б. Плотность поголовья коз в Центральном ПЭР в 2017 г. (Ecosystems ..., 2019).

Расчеты показывают, что в каждом природно-экономическом регионе с 1990 до 2017 гг. общая площадь наземных природных экосистем существенно сократилась, и, соответственно, выросла площадь антропогенных экосистем. Самые сильные изменения (сокращение) площадей произошли в промышленно развитых Хангайском и Центральном регионах (на 1956.7 и 4487.8 км^2 соответственно), значительно меньшая убыль отмечается в Западном (456.6 км^2) и Восточном (178.1 км^2) регионах.

Таблица 3. Соотношение площадей экосистем в Западном и Хангайском ПЭР по степени антропогенной нарушенности в 1990 и 2017 гг. (1 – слабая, 2 – средняя, 3 – сильная).

Зонально-поясные группы экосистем	Год	Западный ПЭР				Хангайский ПЭР			
		Площадь							
		км^2	% от площади Монголии, по степени антропогенной нарушенности			км^2	% от площади Монголии, по степени антропогенной нарушенности		
			1	2	3		1	2	3
Высокогорные	1990	27640.76	1.55	0.20	0.02	27685.73	1.69	0.08	0.00
	2017	**27645.1**	**1.55**	**0.18**	**0.03**	**27714.12**	**1.67**	**0.09**	**0.01**
Лесные	1990	9715.23	0.58	0.04	0.00	63802.71	3.18	0.42	0.48
	2017	**9746.37**	**0.52**	**0.07**	**0.04**	**63645.01**	**2.75**	**0.93**	**0.38**
Лесостепные	1990	8770.82	0.43	0.12	0.01	25682.1	0.92	0.65	0.07
	2017	**8749.19**	**0.36**	**0.16**	**0.04**	**25502.08**	**0.74**	**0.76**	**0.13**
Степные, в том числе:	1990	233548.29	11.65	2.89	0.39	169759.14	5.81	4.42	0.62
	2017	**233182.88**	**7.62**	**5.81**	**1.48**	**168612.79**	**4.47**	**5.18**	**1.13**
высокогорно-степные	1990	11639.98	0.63	0.10	0.01	8432.71	0.51	0.03	0.00
	2017	**11567.84**	**0.56**	**0.16**	**0.02**	**8496.68**	**0.37**	**0.14**	**0.03**
лугово-степные	1990	6412.58	0.32	0.08	0.01	44643.15	1.09	1.47	0.29
	2017	**6408.93**	**0.25**	**0.13**	**0.04**	**44314.15**	**0.54**	**2.01**	**0.28**
степные умеренно сухие	1990	35586.65	1.74	0.43	0.10	39496.04	0.94	1.34	0.25
	2017	**35633.61**	**1.13**	**0.92**	**0.22**	**38875.25**	**0.75**	**1.27**	**0.47**
сухостепные	1990	66286.85	2.98	1.13	0.13	25707.98	0.98	0.60	0.06
	2017	**66028.43**	**1.82**	**1.81**	**0.59**	**25450.93**	**0.62**	**0.79**	**0.22**
опустыненно-степные	1990	63190.11	3.23	0.69	0.12	23235.23	1.08	0.39	0.01
	2017	**63126.91**	**1.96**	**1.67**	**0.41**	**23237.58**	**0.85**	**0.52**	**0.12**
пустынно-степные	1990	50432.12	2.74	0.45	0.03	28244.03	1.20	0.59	0.02
	2017	**50417.16**	**1.90**	**1.12**	**0.20**	**28238.20**	**1.35**	**0.44**	**0.02**
Пустынные, в том числе:	1990	96922.45	5.54	0.62	0.04	46927.63	2.70	0.28	0.01
	2017	**96939.79**	**5.60**	**0.55**	**0.04**	**46935.88**	**2.69**	**0.30**	**0.01**
остепнённо-пустынные	1990	32489.19	1.51	0.53	0.04	14862.28	0.71	0.23	0.01
	2017	**32471.14**	**1.61**	**0.43**	**0.04**	**14865.88**	**0.71**	**0.24**	**0.00**
южно-пустынные	1990	30161.82	1.83	0.09	0.00	15981.55	0.96	0.06	0.00
	2017	**30107.29**	**1.80**	**0.12**	**0.00**	**15981.84**	**0.95**	**0.07**	**0.00**
пустынные крайне аридные	1990	34271.44	2.19	0.00	0.00	16083.8	1.03	0.00	0.00
	2017	**34361.36**	**2.18**	**0.01**	**0.00**	**16088.16**	**1.03**	**0.00**	**0.00**
Гидроморфные	1990	25482.36	0.79	0.71	0.13	40543.4	1.22	1.14	0.23
	2017	**25359.96**	**0.72**	**0.62**	**0.28**	**40054.16**	**0.80**	**0.77**	**0.99**
Общая площадь природных экосистем ПЭР	1990	402079.9	20.5	4.6	0.6	374400.71	15.52	7.00	1.42
	2017	**401623.3**	**16.4**	**7.4**	**1.9**	**372464.04**	**13.12**	**8.03**	**2.65**

Таблица 4. Соотношение площадей экосистем в Центральном и Восточном ПЭР по степени антропогенной нарушенности в 1990 и 2017 гг. (1 – слабая, 2 – средняя, 3 – сильная).

Зонально-поясные группы экосистем	**Год**	**Центральный ПЭР**				**Восточный ПЭР**			
		Площадь							
		км^2	**% от площади Монголии, по степени антропогенной нарушенности**			**км^2**	**% от площади Монголии, по степени антропогенной нарушенности**		
			1	**2**	**3**		**1**	**2**	**3**
Высокогорные	1990	972.63	0.06	0.00	0.00	398.25	0.02	0.00	0.00
	2017	**972.66**	**0.06**	**0.00**	**0.00**	**122.03**	**0.01**	**0.00**	**0.00**
Лесные	1990	30928.54	0.81	0.26	0.91	14183.1	0.31	0.11	0.48
	2017	**30471.01**	**0.85**	**0.59**	**0.51**	**14075.87**	**0.34**	**0.23**	**0.33**
Лесостепные	1990	7717.56	0.16	0.26	0.07	10028.97	0.55	0.09	0.00
	2017	**7217.28**	**0.12**	**0.21**	**0.13**	**8200.79**	0.31	0.13	0.08
Степные, в том числе:	1990	233659.66	8.35	5.51	1.08	228860.39	12.85	1.44	0.34
	2017	**230886.93**	**5.53**	**6.70**	**2.53**	**230893.7**	**7.32**	**5.53**	**1.91**
высокогорно-степные	1990	158.45	0.01	0.00	0.00	–	–	–	–
	2017	**158.18**	**0.01**	**0.00**	**0.00**	**–**	**–**	**–**	**–**
лугово-степные	1990	24033.75	0.51	0.89	0.14	35472.87	2.19	0.08	0.00
	2017	**22892.92**	**0.30**	**0.81**	**0.35**	**35430.75**	**1.78**	**0.44**	**0.05**
степные умеренно сухие	1990	40463.28	0.34	1.71	0.54	70168.05	4.09	0.31	0.09
	2017	**38583.71**	**0.28**	**1.36**	**0.83**	**70438.75**	**2.21**	**1.70**	**0.59**
сухостепные	1990	29424.52	0.80	0.89	0.19	115645.86	6.13	1.00	0.26
	2017	**29431.03**	**0.20**	**0.99**	**0.70**	**115646.08**	**2.93**	**3.24**	**1.23**
опустыненно-степные	1990	45381.08	1.87	0.90	0.13	7569.93	0.44	0.04	0.00
	2017	**45445.94**	**0.57**	**1.90**	**0.43**	**9374.46**	**0.41**	**0.15**	**0.04**
пустынно-степные	1990	94198.58	4.82	1.13	0.07	3.68	0.00	0.00	0.00
	2017	**94375.15**	**4.18**	**1.64**	**0.21**	**3.66**	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Пустынные, в том числе:	1990	163521.6	9.40	1.04	0.01	–	–	–	–
	2017	**163409.68**	**9.20**	**1.21**	**0.04**	–	–	–	–
остепнённо-пустынные	1990	81235.49	4.26	0.92	0.01	**–**	**–**	**–**	**–**
	2017	**81202.53**	**4.20**	**0.96**	**0.03**	–	–	–	–
южно-пустынные	1990	77152.94	4.81	0.12	0.00	**–**	**–**	**–**	**–**
	2017	**77079.98**	**4.66**	**0.26**	**0.01**	–	–	–	–
пустынные крайне аридные	1990	5133.17	0.33	0.00	0.00	**–**	**–**	**–**	**–**
	2017	**5127.17**	**0.33**	**0.00**	**0.00**	–	–	–	–
Гидроморфные	1990	30711.07	1.16	0.46	0.34	27271.21	0.34	0.58	0.82
	2017	**30065.7**	**0.98**	**0.50**	**0.44**	**122.03**	**0.34**	**0.58**	**0.82**
Общая площадь природных экосистем ПЭР	1990	467511.05	19.94	7.54	2.40	14183.1	14.07	2.21	1.65
	2017	**463023.26**	**16.74**	**9.22**	**3.64**	**14075.87**	**8.33**	**6.47**	**3.14**

Разница между общей площадью Монголии и площадью, приходившейся на наземные природные экосистемы, за прошедшие три десятилетия не превышала 3.5%. Кроме антропогенных экосистем (пахотные земли, промышленные территории, стройки, населённые пункты), в эту разницу площадей входят и условно стабильные размеры водных экосистем, занимающие около 1% (16.1 тыс. км^2).

Сокращение площадей природных экосистем напрямую связано, в первую очередь, с расширением территорий, занятых освоением месторождений полезных ископаемых, и увеличением селитебных территорий (жилой застройки, промзон, объектов инфраструктуры), а также с увеличением площади распаханных земель.

Площади *антропогенных* экосистем выросли на 6.83 тыс. км^2 (35%), в том числе: площади, распаханные для сельскохозяйственного использования, увеличились к 2017 г. на 5.93 тыс. км^2 (на 51.2%) по сравнению с 1989 г., а техногенных экосистем (разработанные месторождения полезных ископаемых и селитебные территории) – на 0.91 тыс. км^2 (на 11.5%). Увеличение площади антропогенных экосистем наглядно иллюстрируют карты антропогенной нарушенности экосистем Селенгинского и Дархан-Уул аймаков по состоянию на 1990 и 2015 гг. (рис. 5а, б).

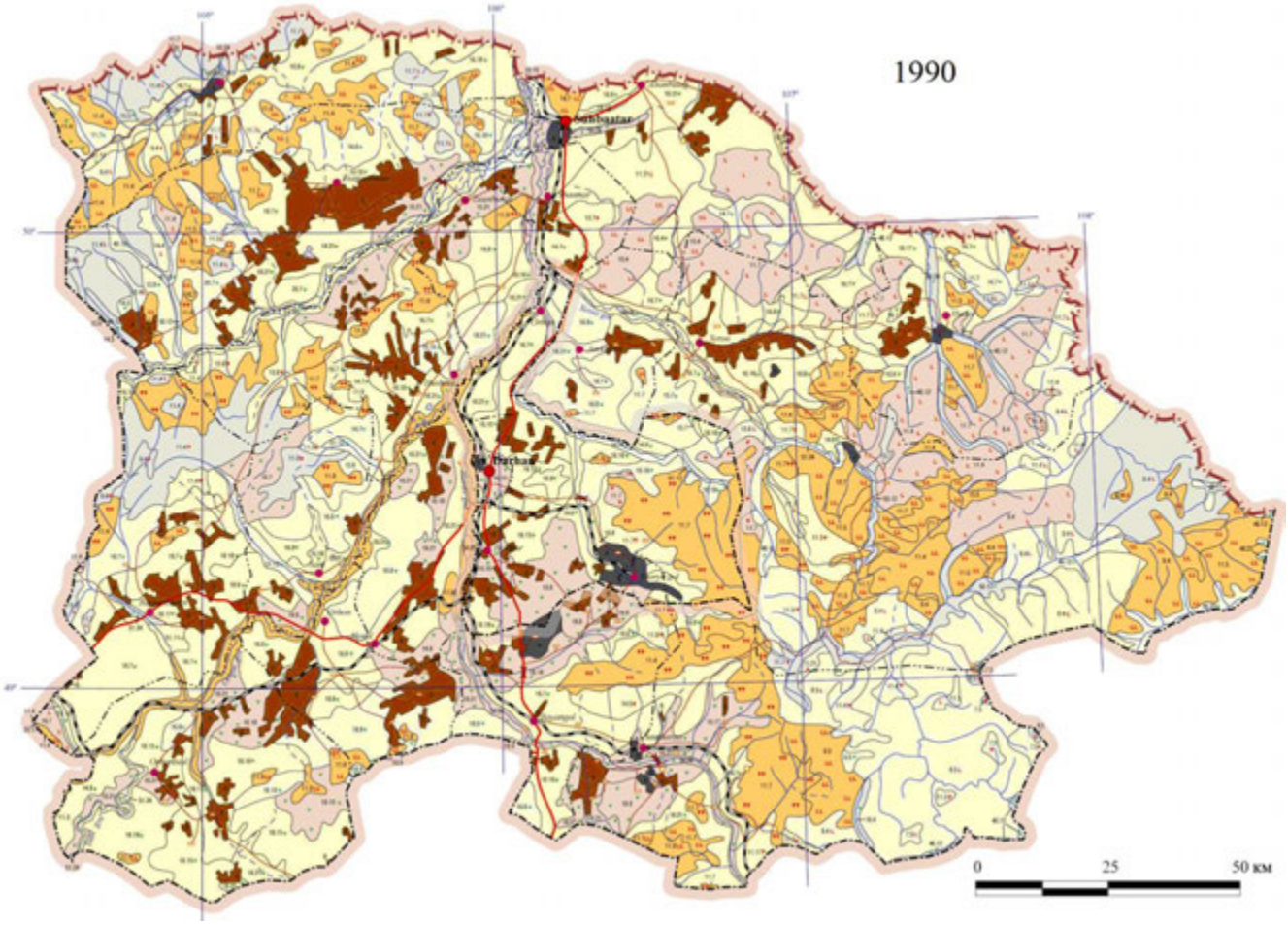


Рис. 5 а. Карта антропогенной нарушенности экосистем Селенгинского и Дархан-Уул аймаков в 1990 г. *Условные обозначения:* коричневый цвет − пашни, серый – населенные пункты и горно-добывающая промышленность (Ecosystems ..., 2019).

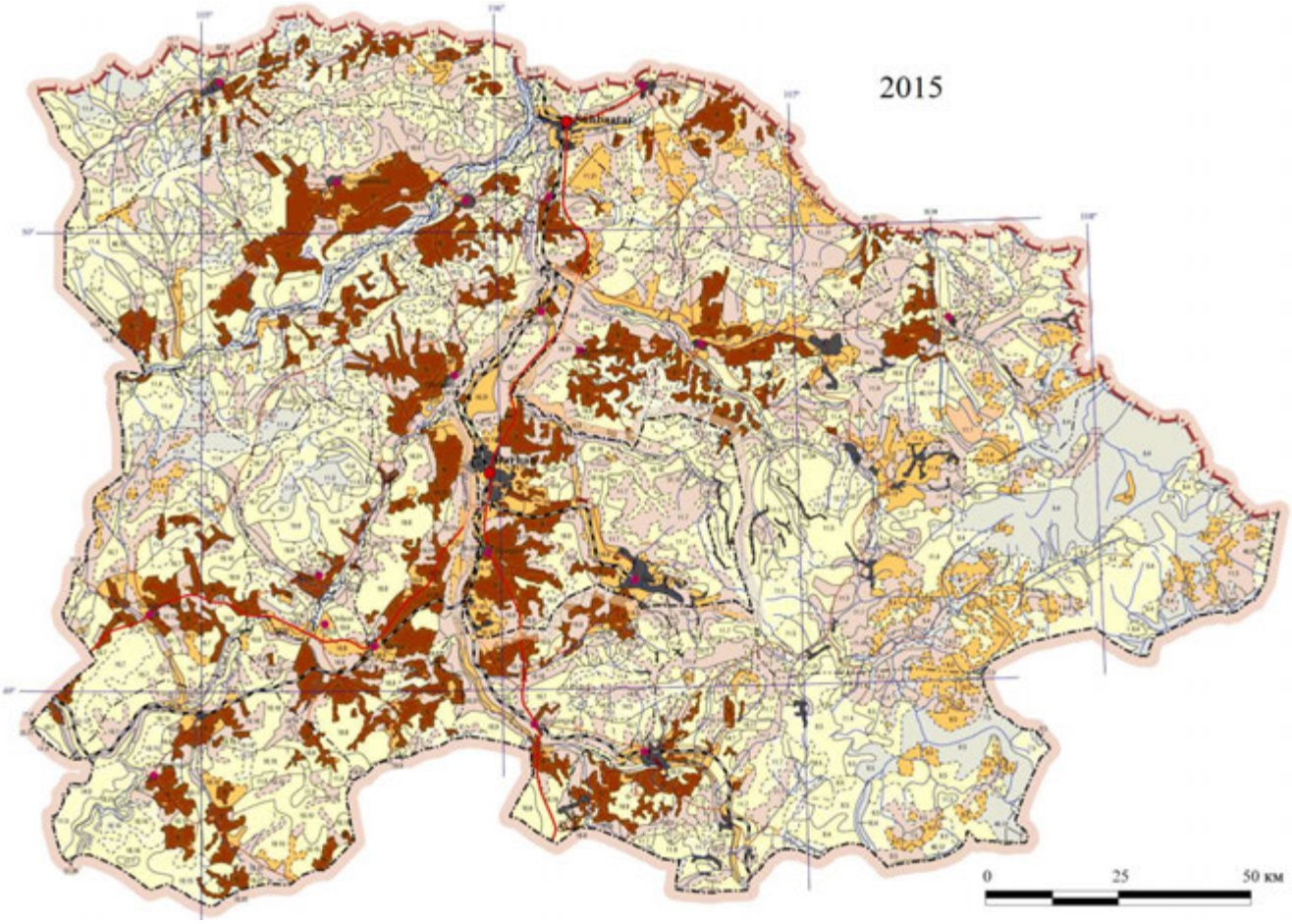


Рис. 5 б. Карта антропогенной нарушенности экосистем Селенгинского и Дархан-Уул аймаков по состоянию в 2015 г. *Условные обозначения:* коричневый цвет − пашни, серый – населенные пункты и горнодобывающая промышленность (Ecosystems ..., 2019).

Под *пашню* осваивались, главным образом, плодородные тёмно-каштановые и каштановые степные почвы речных и сухих межгорных долин, внутригорных котловин и равнин северной половины страны (фото 4). На рубеже XX и XXI столетий большие площади пашен были заброшены, особенно на юге, в центре и на западе Монголии. По данным картографирования (Ecosystems ..., 2019), в 2017 г. в Монголии всего было распахано 17491.26 км^2, главным образом, степных территорий – это старые и новые пашни, а также разновозрастные залежи. Например, в Селенгинском и Дархан-Уул аймаках площадь распаханных земель к 2015 г. возросла в 2 раза по сравнению с 1990 г. (5538.86 и 2750.95 км^2 соответственно; рис. 5б).

В результате распашки был полностью разрушен естественный почвенно-растительный покров экосистем, а процессы почвообразования и формирования биоценозов на распаханных площадях пошли по антропогенному сценарию. Главными диагностическими признаками почвенной деградации сильнонарушенных богарных земель являются процессы дегумификации, потеря мелкозема в пахотных горизонтах и усиление опесчаненности поверхностных горизонтов почвы. Степень проявления этих процессов во всех разновидностях каштановых почв зависит от расположения распаханных залежных участков в различных типах

ландшафтов и определяется литологическим составом почв и их расположением по отношению к ветровому режиму. Самыми значительными показателями дегумификации (до 50-60%) и снижения мелкозема (до 40-50%) характеризуются выделы экосистем с каштановыми почвами легкого гранулометрического состава (песчаные и супесчаные) в ландшафтах умеренно-сухих степей. Все щебнистые разновидности почв отличаются, кроме того, процессами «гаммадизации» поверхности, приводящими к снижению водного потенциала ландшафтов сухих степей (Нямсамбуу, 2004; Хадбаатар, 2010; Бажа и др., 2018).

Фото 4. Узкие лесостепные межгорные долины под зерновые культуры (Селенгинский аймак).

Часто на пригодных в кормовом отношении старых залежах выпасают скот, что тоже мешает нормальному восстановлению зональной растительности. В последние годы залежи вновь возвращают к целевому использованию. Кроме того, распахиваются новые доступные земли в степных долинах лесостепного пояса.

Площади *техногенных* экосистем за исследуемый период выросли на 11.5%. Появились многочисленные мелкие разработки золотоносных месторождений в Хэнтэе, Хангае, других горных территориях, а также в долинах рек и среди пустынных мелкосопочников (Кошелева и др., 2015; Kasimov et al., 2016). Наиболее многочисленные разработки золота отмечены в Селенгинском аймаке, что показано на картах антропогенной нарушенности (рис. 5б). Освоены крупные месторождения каменного угля на юге и в иных районах Монголии (фото 5), расширились площади добычи железных и полиметаллических руд, ведётся масштабная добыча нефти на востоке страны.

Увеличение городского населения неизбежно привело к расширению селитебных территорий. Особенно это заметно вокруг больших промышленных центров, куда направился основной поток внутренней миграции: территория Улан-Батора выросла более чем вдвое (с 414.2 до 903.6 км^2), Дархана – более чем в 8 раз, с 6.7 до 65.8 км^2, Эрдэнэта (вместе с прилегающими разработками полиметаллических руд и сопутствующими предприятиями) – более чем в 10 раз, с 8 до 81 км^2 (фото 6). Заметно увеличились территории ряда аймачных центров: Мурэн, Булган, Алтай, Баянхонгор, Зунмод, Чойр, Даландзадгад и других.

Фото 5. Техногенная экосистема (заброшенный угольный разрез) в Среднегобийском аймаке.

Фото 6. Новые районы г. Улан-Батора.

В таблице 5 приведены сравнительные данные площадей зональных природных экосистем Монголии в целом, дифференцированных по степени их антропогенной нарушенности, по данным картографирования 1990 и 2017 гг.

Таблица 5. Процентное соотношение площадей зонально-поясных групп экосистем Монголии по степени антропогенной нарушенности (1 – слабая, 2 – средняя, 3 – сильная), в % от площади страны.

Зонально-поясные группы экосистем	**1990 г.**					**2017 г.**				
	Площадь									
	общая		**по степени антропогенной нарушенности**			**общая**		**по степени антропогенной нарушенности**		
	км^2	**%**	**1**	**2**	**3**	**км^2**	**%**	**1**	**2**	**3**
Высокогорные	56697.37	3.62	3.32	0.28	0.02	56453.91	3.61	3.30	0.27	0.04
Лесные	118629.58	7.59	4.89	0.83	1.87	117938.30	7.54	4.46	1.82	1.26
Лесостепные	52199.45	3.33	2.06	1.12	0.15	49669.34	3.17	1.53	1.26	0.38
Степные, в том числе:	865847.48	55.35	38.64	14.26	2.45	863576.30	55.21	24.96	23.20	7.04
высокогорно-степные	20231.14	1.29	1.15	0.13	0.01	20222.70	1.29	0.94	0.30	0.05
лугово-степные	110562.35	7.07	4.11	2.52	0.44	109046.75	6.97	2.87	3.39	0.72
степные умеренно сухие	185714.02	11.87	7.11	3.79	0.98	183531.32	11.73	4.37	5.25	2.11
сухостепные	237065.21	15.16	10.89	3.63	0.64	236556.47	15.12	5.56	6.82	2.74
опустыненно-степные	139376.35	8.91	6.62	2.02	0.26	141182.89	9.03	3.79	4.24	1.00
пустынно-степные	172878.41	11.05	8.76	2.17	0.12	173034.17	11.06	7.43	3.20	0.43
Пустынные, в том числе:	307371.68	19.65	17.65	1.94	0.06	307285.35	19.64	17.49	2.06	0.09
остепнённо-пустынные	128586.96	8.22	6.48	1.68	0.06	128539.55	8.22	6.52	1.63	0.07
южно-пустынные	123296.31	7.88	7.61	0.27	0.00	123169.11	7.87	7.41	0.45	0.01
пустынные крайне аридные	55488.41	3.55	3.55	0.00	0.00	55576.69	3.55	3.54	0.01	0.00
Гидроморфные	124007.8	7.93	3.92	3.13	0.88	122751.03	7.84	2.84	2.47	2.53
Всего по Монголии	1524753.36	97.5	70.5	21.6	5.4	1517674.23	97.0	54.6	31.1	11.3

Лесные экосистемы являются неотъемлемой частью природно-территориальных комплексов Монголии, а лесная промышленность играет заметную роль в экономике страны.

Общая площадь лесов с 1990 г. сократилась на 0.58% (с 118629.58 до 117938.30 км^2), в основном из-за вновь появившихся антропогенных объектов и, частично, из-за вырубки и сильных пожаров (фото 7).

Фото 7. Вырубка сгоревшего лиственничника (Булганский аймак).

Лесные пожары являются главным фактором уничтожения коренных древостоев и изменения состава лесных экосистем, однако тренды динамики состояния лесов неоднозначны. Произошло сокращение площади сильно нарушенных лесных экосистем, что объясняется, в первую очередь, тем, что леса, которые на больших территориях в прошлом были уничтожены и сменились лесными гарями, или были сильно повреждены пожарами, к 2017 г. в основном восстановили древостои. Так, появились вторичные мелколиственные (в основном из *Betula pendula*) и смешанные леса на западном и среднегорном Хэнтэе, в горах восточнее Хэнтэя, на восточном и северо-восточном Хангае, тогда как на центральном, западном и северном Хангае и центральном Хэнтэе идет восстановление коренных хвойных пород (*Larix sibirica* и *Pinus sibirica*; фото 8-10; Доржсурэн, 2009; Ярмишко и др., 2010; Данилин, Цогт, 2012; Тушигмаа, 2012; Зоёо, 2013; Dulamsuren et al., 2010; Undraa et al., 2015). В последнее время основные очаги лесных пожаров сместились в восточное Прихубсугулье, северо-западный Хэнтэй и на приграничные с Россией хребты: Бутэлийн, Джидинский, Бальджинский, Эрэн-Даба и др. Здесь горят как коренные лиственничные и сосновые, так и вторичные мелколиственные древостои.

На начальной стадии восстановление лесов здесь проходит через длительно-производные мелколиственные и кустарниковые сукцессии с *Prunus pedunculata, P. sibirica, Spiraea aquilegifolia, S. media, Betula fruticosa, Dasiphora fruticosa* и др. (фото 11; Бажа и др., 2019). Площади слабо нарушенных лесов Монголии к 2017 г. сократились на 5.2%, а лесов средней степени антропогенной нарушенности, напротив, выросли на 13.2%. Сильно нарушенных лесных экосистем стало на 8% меньше, что обусловлено снижением площадей, затронутых рубками, сильными пожарами, естественным восстановлением ранее сгоревших лесов и сокращением объема заготовок древесины.

Фото 8. Вторичный березняк (*Betula pendula*) на месте сгоревшего сосняка (Селенгинский аймак).

Фото 9. Травяный сосновый лес после пожара (Селенгинский аймак).

Фото 10. Гарь на месте сгоревшего и вырубленного псевдотаёжного лиственничника (Архангайский аймак).

Фото 11. Восстановительная кустарниковая сукцессия (*Prunus sibirica*) на месте сгоревшего сосняка (Селенгинский аймак).

Для получения объективных качественно-количественных данных о сокращении площадей коренных хвойных лесов и замене их производными необходимы отдельные масштабные исследования, поскольку мониторинг состояния экосистем мы проводили строго в границах выделов типов экосистем, зафиксированных в 1989 г.

Оценка состояния *лесостепных* экосистем носит интегральный характер. Состояние входящих в природное сочетание лесных массивов и степей может быть противоположным: леса могут быть сгоревшими, вторичными, вырубленными или уничтоженными насекомыми, а степи иметь фоновое состояние; либо, напротив, леса не тронутыми, а степи сильно сбитыми скотом. Результаты оценки степени антропогенной нарушенности лесостепных сочетаний показывают: слабонарушенных лесостепных сочетаний стало меньше на 16.7%, а площади средне и сильно нарушенных лесостепных экосистем увеличились на 4 и 7% соответственно. Общая площадь лесостепи снизилась на 10% (по тем же причинам, что и площади лесов). Постоянный выпас скота на лесных гарях привёл к полному исчезновению некоторых небольших участков островных лесов на южной периферии лесостепного пояса (фото 12; Khishigjargal et. al., 2013).

Фото 12. Горная лесостепь (Булганский аймак).

Мало изменились площади и состояние экосистем *высокогорий*: общая площадь снизилась на 0.55% (243.46 км^2). На столько же процентов возросла площадь сильно нарушенных, главным образом, за счёт снижения площади высокогорных экосистем со слабой степенью антропогенной нарушенности. Всё большее количество скота стало пастись на высокогорных пастбищах Хангая и Монгольского Алтая, в первую очередь, на горно-луговых (кобрезиевых, осоковых, разнотравно-злаковых) и горно-тундровых ерниковых, а также осоково-кобрезиевых (фото 13; Огуреева и др., 2012; Огуреева, 2015).

Степи являются важнейшими природными экосистемами для экономики Монголии. Это основная кормовая база главной отрасли сельского хозяйства страны – пастбищного животноводства. Несмотря на то, что общая площадь степей с 1990 по 2017 гг. снизилась незначительно – на 0.27%, соотношение между степными экосистемами разной степени антропогенной нарушенности изменилось гораздо существенней. Площадь слабо нарушенных

степей уменьшилась на 35.3%, а средне нарушенных увеличилась на 63%. Площадь сильно нарушенных выросла почти втрое и достигла 60795.77 км^2. Такой характер изменений состояния отмечается во всех регионах для всех зонально-поясных групп степных экосистем (табл. 6), при этом самые сильные негативные изменения состояния пастбищ наблюдаются у наиболее ценных в кормовом отношении степей (умеренно-сухих, сухих и опустыненных), составляющих 36% территории Монголии.

Фото 13. Высокогорное кобрезиевое пастбище (Архангайский аймак).

Таблица 6. Изменение антропогенной нарушенности степных экосистем с 1990 по 2017 гг.

Зонально-поясные группы экосистем	**Степень антропогенной нарушенности (% от площади зонально-поясной группы экосистем)**		
	Слабая	**Средняя**	**Сильная**
высокогорно-степные	-16.2	+13.1	+3.1
лугово-степные	-16.9	+12.6	+4.3
степные умеренно-сухие	-22.9	+13.1	+9.8
сухостепные	-34.2	+20.1	+14.1
опустыненно-степные	-32.3	+24.2	+8.1
пустынно-степные	-12.1	+9.3	+2.8

Среднее сокращение площадей степных слабо нарушенных экосистем составляет 22.4%. Площадь степных территорий, степень антропогенной нарушенности которых оценивается как

сильная, увеличилась на 7%, а средне нарушенных – на 15.4%.

Основной формой деградации степей является пастбищная дигрессия, обусловленная чрезмерными пастбищными нагрузками, ставшими следствием бесконтрольного роста поголовья скота, укрупнения стад, и минимизации их видовой структуры, а также нарушения веками проверенной традиционной системы пастбищеоборота. Однако уже при слабых нагрузках признаки деградации проявляются в подавлении жизнеспособности основных ценозообразователей степей (*Agropyron cristatum, Achnatherum sibiricum, Agrostis vinealis, Carex pediformis, Cleistogenes squarrosa, Festuca lenensis, F. sibirica, Helictochloa hookeri, Koeleria macrantha, K. glauca, Poa attenuata, Stipa baicalensis, S. krylovii*, *S. tianschanica, S. caucasica* и др.) При средних нагрузках происходит смена доминантного состава видов, снижение фитоценотических характеристик (видовое разнообразие, проективное покрытие, продуктивность), а при сильных и очень сильных пастбищных нагрузках наблюдается формирование трансформированных, обедненных, маловидовых и монодоминантных сообществ из инвазийных и дигрессивно-активных видов (*Allium polyrhizum, Artemisia anethifolia, A. adamsii, A. frigida, A. laciniata, Carex duriuscula, Chenopodium acuminatum, Ephedra sinica, Peganum nigellastrum, Potentilla cinerea, Sibbaldianthe bifurca, Thermopsis lanceolata, Iris lactea* и др.; фото 14, 15; Данжалова, 2008; Гунин и др., 2012; Ариунболд, 2014; Тувшинтогтох, 2014; Бажа и др., 2015; Казанцева и др., 2015; Уртнасан, Любарский, 2015; Сафронова, Нарантуя, 2016; Петухов и др., 2018; Структура ..., 2018).

Фото 14. Деградированное пастбище с монодоминантным (*Artemisia frigida*) растительным сообществом (Селенгинский аймак).

Значительные деструктивные изменения пастбищных экосистем отмечаются в пределах степной зоны, степного и лесостепного поясов в центральной части Монголии (Булганский, Орхон, Селенгинский, Дархан-Уул, Уверхангайский, Центральный, Хэнтэйский и Среднегобийский аймаки), в долинах, внутригорных котловинах и на плоскогорьях Хангая, Гобийского Алтая и на востоке Монгольского Алтая, а также на степных (включая пустынно-

степные) пастбищах Котловины Больших озёр и Долины озёр. Существенно расширились территории сильно сбитых пастбищ в окрестностях аймачных центров, а также средне и сильно деградированных из-за чрезмерных пастбищных нагрузок высокогорных степных пастбищ на Хангае и Гобийском Алтае (фото 16).

Фото 15. Сильно нарушенная выпасом сухая степь с *Artemisia adamsii* (Центральный аймак).

Фото 16. Сильная пастбищная дигрессия псаммофитной пустынной степи (Южно-Гобийский аймак).

Самая масштабная деградация фиксируется у степных пастбищ (луговых, умеренно-сухих, сухих и опустыненных). Псаммофитные варианты степей испытывают наиболее сильный сбой, в том числе и механический (фото 17, 18). В Монголии псаммофитные степи составляют около 3.5% от площади, занятой степной растительностью. По данным картографирования к 2017 г. площадь сильно нарушенных степей этой категории выросла по сравнению с 1990 г. в 8.6 раза (до 6817 км^2), а средне нарушенных – на 12%.

Фото 17. Псаммофитная степь в состоянии сильной пастбищной дигрессии, с очагами водной эрозии (Селенгинский аймак).

Фото 18. Деградированная в результате перевыпаса сухая псаммофитная степь (Булганский аймак).

У высокогорных и луговых степей наблюдается сходная динамика антропогенной нарушенности: площади слабо нарушенные сократились на 16-17%, средне нарушенных увеличились на 12.5-13%, а сильно нарушенные – на 3-4.5%. Эти данные свидетельствуют о продвижении процессов пастбищной дигрессии в верхние горные пояса.

Пустынные степи не претерпели больших деструктивных изменений, а часть пустынно-степных пастбищ, вследствие снижения пастбищных нагрузок, стала восстанавливаться.

Степень антропогенной нарушенности *пустынных* экосистем мало изменилась (фото 19). Площадь слабо нарушенных пустынь снизилась на 0.8%, а средне и сильно нарушенных увеличились на 0.6% и 0.2% соответственно. Негативные изменения состояния пустынь во многом обусловлены появлением крупных разработок месторождений полезных ископаемых и, как следствие, повышенного спроса на продукцию животноводства, постоянным скоплением скота на пастбищах поблизости от этих разработок.

Фото 19. Экосистемы северных пустынь (Южно-Гобийский аймак).

Гидроморфные экосистемы объединяют несколько групп экосистем, функционирование которых связано с ведущей ролью повышенного увлажнения (грунтового, сезонного натёчного, пойменного, застойного и пр.). Тренды изменения антропогенной нарушенности различных гидроморфных экосистем горных и равнинных территорий (луговых, древесно-кустарниковых, солончаковых и солонцовых) сходны: сократились площади слабо и средне нарушенных (на 13.2 и 8.0%), и существенно (на 21.2%) выросла площадь сильно нарушенных экосистем, главным образом, за счёт увеличения пастбищной нагрузки на гидроморфные экосистемы речных долин (Зоёо и др., 2014).

Мониторинг экосистем ключевых участков. Крупномасштабные исследования экосистем ключевых участков, сомонов и модельных полигонов в различных природных регионах Монголии в условиях влияния разнообразных антропогенных факторов, имеют большое

значение для понимания механизмов воздействия этих факторов на разные наземные экосистемы и для многостороннего изучения их деградационной динамики. Одной из таких территорий является ключевой участок «Шамар» (52.7 км^2), расположенный в приграничном с Россией Селенгинском аймаке. Ключевой участок представляет собой интерес с точки зрения детального изучения процесса смены коренных сосновых лесов производными, а также кустарниковыми сукцессиями.

На территории участка выделено 42 типа природных и 3 типа антропогенных экосистем (рис. 6а, б). На северо-западе участка дюнные пески заняты сосновыми борами на боровых песчаных почвах. К востоку и югу дюнный массив сменяется пологоволнистыми равнинами с сосновыми редколесьями и луговыми степями на темно-каштановых почвах, изредка попадаются старые залежи. Далее на восток пологоувалистые равнины покрыты вторичными травянистыми березняками и осинниками со старыми редкими соснами на тёмно-каштановых почвах. На высотах более 900 м н.у.м. БС, на элювии гранитов сформировались щебнистые тёмно-каштановые почвы под разнотравно-злаковыми остепненными абрикосниками с остатками отмерших стволов сосен. Ниже, на шлейфе северо-западной экспозиции залегает толща лессовидных чистых супесей с густым и хорошо развитым покровом абрикосника (*Prunus sibirica*).

По данным, полученным на этом ключевом участке, было выявлено, что равнинные участки, до пожаров покрытые сосновым лесом, обычно возвращаются к лесному состоянию, но со сменой коренных пород (береза и осина вместо сосны), а склоны гор, обращенные к долине р. Селенги и межгорным котловинам, превращаются в кустарниковые заросли из абрикоса сибирского, где возобновление сосны не происходит. В качестве свидетельств былого распространения сосновых лесов служат сохранившиеся фрагменты абрикосовых сосняков или абрикосников с редкостойными соснами. Важным показателем прогрессирующего расширения ареала абрикоса служит также внедрение и успешное развитие абрикосников в лесных сообществах на склонах северной экспозиции (Бажа и др., 2018).

Как показали результаты проведенных работ, слабонарушенные экосистемы занимают около 24.1% площади ключевого участка, на долю средненарушенных приходится 19.87% площади участка; сильнонарушенные экосистемы занимают 41.54% площади участка, а очень сильно измененные – 14.5% площади (рис. 6б).

Подобные знания сыграли важную роль в совершенствовании методик оценки состояния экосистем, а также при мониторинге и мелкомасштабном картографировании современного состояния экосистем аймаков Монголии.

Заключение

Создание атласа «Ecosystems of Mongolia» (2019) стало закономерным картографическим завершением большого этапа многолетнего изучения наземных природных экосистем Монголии российскими и монгольскими учёными в рамках Научной программы СРМКБЭ РАН и АНМ. Этим был подведён итог, в частности, работам по инвентаризации экосистем и мониторингу их состояния, выполненным через 25-27 лет после первых аналогичных исследований. В результате были выявлены главные антропогенные факторы, негативно влияющие на состояние экосистем, вплоть до их полной деградации, установлены масштабы антропогенных нарушений, определены площади и местоположение природных экосистем с разной степенью нарушенности и антропогенных экосистем.

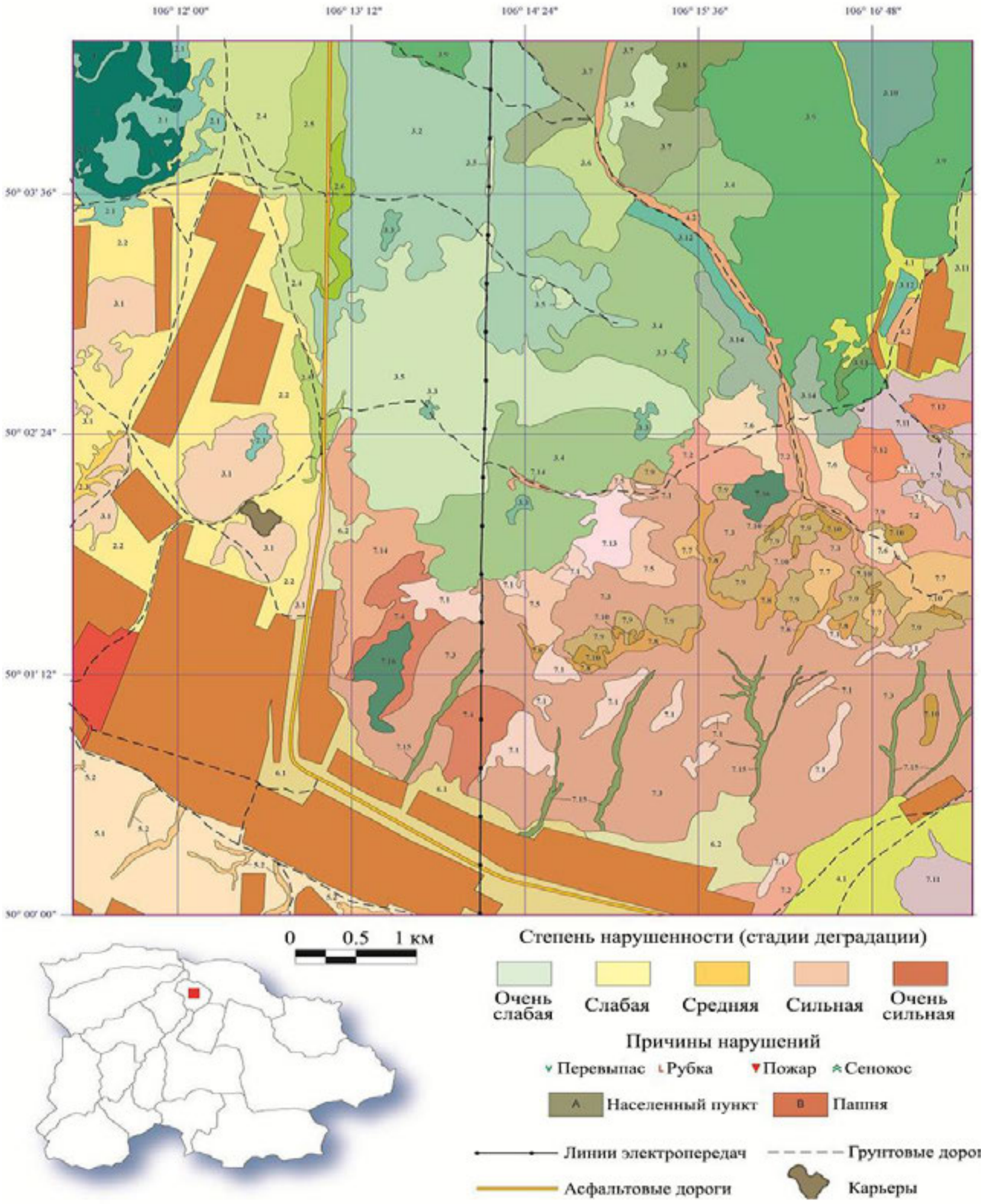


Рис. 6 а. Карта экосистем ключевого участка «Шамар» в 2014 г. (Ecosystems ..., 2019).

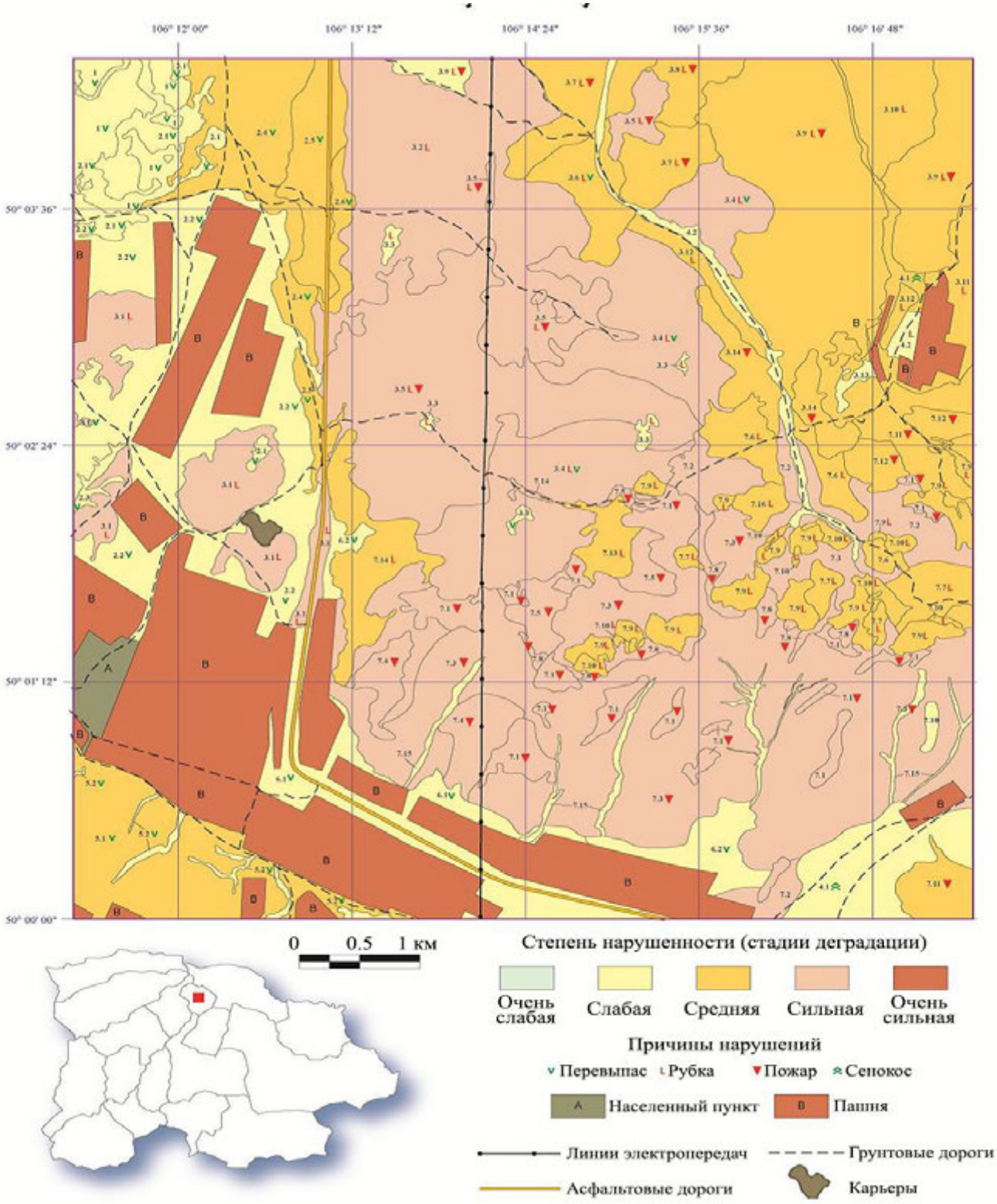


Рис. 6 б. Карта антропогенной нарушенности экосистем на ключевом участке «Шамар» в 2014 г. (Ecosystems ..., 2019).

Сравнительный анализ состояния экосистем за 1989-1990 гг. (Ecosystems ..., 1995) и за 2017 г. (Ecosystems ..., 2019), выполненный по полевым и расчётным данным, однозначно свидетельствует об усилении процессов деградации в наземных природных экосистемах Монголии за этот период: площади фоновых и слабо нарушенных экосистем сократились в основном на треть, средне нарушенных – выросли на 44%, а территории с сильной и очень сильной степенью антропогенной нарушенности экосистем увеличились более чем вдвое. Похожая картина наблюдается и у пастбищепригодных экосистем: общее сокращение их площадей составило всего 0.4%, однако слабонарушенных стало меньше почти на четверть, средне нарушенных – больше на 43%, а площади сильно нарушенных увеличились почти втрое – на 188%.

Главными причинами антропогенной нарушенности экосистем являются:

- пастбищная дигрессия, которая прогрессирует и с 1990 г. (усилилась более чем на трети территории страны);
- лесные пожары, уничтожившие к 2017 г. около половины коренных хвойных лесонасаждений, заменившихся, в основном, вторичными мелколиственными древостоями;
- расширение площадей антропогенных экосистем за счёт полного разрушения природного комплекса: почвенно-растительного покрова, микрорельефа (а местами и мезорельефа), зооценозов.

Площадь антропогенных экосистем к 2017 г. составила 1.68% территории Монголии и, таким образом, выросла на 40% по сравнению с 1990 г. Распаханные территории (пашни, разновозрастные залежи) увеличились более чем наполовину и составляют 1.12% площади страны, а техногенные (освоенные разработки полезных ископаемых, промышленные предприятия) и селитебные экосистемы – 0.56% (8.8 тыс. км^2). Кроме этого, резко увеличилась сеть асфальтированных и стихийных грунтовых автодорог, площадь которых, по условиям масштаба картографирования, не могла быть нами учтена.

Прогрессирующая деградация природных экосистем отмечается и на особо охраняемых природных территориях – ООПТ (заповедниках, национальных парках, государственных заказниках). Происходит это не только из-за лесных пожаров, но и как следствие неконтролируемого выпаса всё увеличивающегося поголовья домашних животных, поскольку по законам Монголии, выпас скота на территориях большинства ООПТ не запрещён.

Пастбищная дигрессия особенно затронула экосистемы с псаммофитной растительностью (степной, пустынной) на песчаных почвах и песках, распространённой на площади 96008.5 км^2 (около 6% территории Монголии), из которых площадь сильно нарушенных в 1990 г. составляла лишь 1%, а к 2017 г. выросла почти в 8 раз, и на 12% увеличилась площадь средне нарушенных.

Деградация пастбищ отмечается на огромной территории и затрагивает традиционно самую важную отрасль экономики Монголии – пастбищное животноводство. Как показывают материалы атласа, территории с сильной пастбищной дигрессией, отмеченные в 1989 г., в большинстве случаев стали очагами дальнейшей деградации пастбищных экосистем: наибольшие пастбищные нагрузки испытывали степные экосистемы самых густонаселённых территорий Монголии – Центрального, Селенгинского и Булганского аймаков. Сильно перегружены были также степные пастбища севера Среднегобийского и юга Хубсугульского аймаков, долин Керулена и Идэра, внутригорных долин и котловин Хангая, Гобийского Алтая и юга Монгольского Алтая. Полупустынные пастбища более всего были подвержены дигрессии на предгорных равнинах Гобийского и Монгольского Алтая (Гоби-Алтайский, Баянхонгорский и Южно-Гобийский аймаки), на севере Восточно-Гобийского аймака, в Долине озёр (Баянхонгорский аймак) и в приозёрных частях Котловины Больших озёр (аймаки Ховд и Гоби-Алтайский).

К 2017 г. площади сильно нарушенных пастбищ на этих территориях ещё больше

расширились. Сильная пастбищная дигрессия распространилась из межгорных долин и центральных частей котловин на степные бэли, склоны низкогорий и мелкосопочников, окрестности всех населённых пунктов и горнодобывающих предприятий, в долины и близлежащие степные склоны всех крупных рек: Селенги, Дэлгэр-Мурэна, Идэра, Чулута, Орхона, Толы, Хары, Еро, Керулена, Ховда, Тэса, Завхана и Хунгуя.

Информация, содержащаяся в атласе «Ecosystems of Mongolia» (2019), даёт возможность оценить риски для состояния природно-территориальных комплексов и экономики Монголии, связанные с существующими современными формами, методами и объемами антропогенного воздействия на природные экосистемы. Атлас позволяет проводить необходимые расчёты при планировании природоохранных мероприятий с учётом выявленных трендов изменений в состоянии экосистем, разрабатывать природосберегающие экономические проекты. Сведения, содержащиеся в атласе, будут полезными для использования административными, планирующими, природоохранными органами Монголии, а также для промышленных и общественных организаций.

Атлас даёт наглядное представление о многогранных и масштабных многолетних научных исследованиях, проводимых в рамках СРМКБЭ РАН и АНМ. Он предназначается для широкого круга пользователей, в т.ч. научных работников – исследователей природы Монголии, Центральной Азии и Южной Сибири, географов разных направлений, ботаников, зоологов, почвоведов, экологов, экономистов, специалистов по охране природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ариунболд Э. 2014. Динамика растительных сообществ сухих степей Средней Халхи (сомон Баян-Унджул, Монголия). Автореф. дисс. ... к.б.н. СПб. 21 с.

Бажа С.Н., Басхаева Т.Г., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Дугаржав Ч. 2019. Основные пути обезлесения лесостепных ландшафтов на южной границе бореальных лесов в Монголии // Лесной вестник. Т. 23. № 2. С. 45-54.

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

Бажа С.Н., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Казанцева Т.И., Ариунболд Э., Мягмарсурэн Д., Хадбаатар С., Цэрэнханд Г. 2015. Инвазийные сукцессии как индикатор опустынивания сухих степей на примере Центральной Монголии // Российский журнал биологических инвазий. Т. 8. № 3. С. 2-21.

Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Хадбаатар С. 2018. Трансформация наземных экосистем южной части бассейна Байкала. М.: КМК. 402 с.

Богданов Е.А., Климанова О.А., Гунин П.Д. 2019. Природные предпосылки и антропогенные факторы трансформации растительного покрова в пастбищных ландшафтах Центральной Монголии // Известия РГО. Т. 151. Вып. 3. С. 55-72.

Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дмитриев И.А., Дробышев Ю.И., Казанцева Т.И., Микляева И. М., Огуреева Г.Н., Слемнев Н.Н., Титова С.В., Ариунболд Э., Батцэрэн Ц., Жаргалсайхан Л. 2012. Распространение *Ephedra sinica* в экосистемах сухих степей Восточной и Центральной Монголии // Аридные экосистемы. Т. 18. № 1. С. 18-25. [*Gunin P.D., Bazha S.N., Danzhalova Ye.V., Dmitriyev I.A., Drobyshev YU.I., Kazantseva T.I., Miklyayeva*

I. M., Ogureyeva G.N., Slemnev N.N., Titova S.V., Ariunbold E., Battseren TS., Zhargalsaykhan L. 2012. Expansion of *Ephedra sinica* Stapf. in the Arid Steppe Ecosystems of Eastern and Central Mongolia // Arid Ecosystems. Vol. 2. No 1. P. 18-33.]

Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Иванов Л.А., Иванова Л.А., Казанцева Т.И., Мигалина С.В., Микляева И.М., Ронжина Д.А., Ариунболд Э., Хадбаатар С., Цоож Ш., Цэрэнханд Г. 2015. Региональные особенности процессов опустынивания экосистем на границе бассейна Байкала и Центральноазиатского бессточного бассейна // Аридные экосистемы. Т. 21. № 3 (64). С. 5-22. [*Gunin P.D., Bazha S.N., Danzhalova Ye.V., Drobyshev YU.I., Ivanov L.A., Ivanova L.A., Kazantseva T.I., Migalina S.V., Miklyayeva I.M., Ronzhina D.A., Ariunbold E., Khadbaatar S., Tsoozh SH., Tserenkhand G.* 2015. Regional Features of Desertification Processes of Ecosystems on the Border of the Baikal Basin and Central Asian Internal Drainage Basin // Arid Ecosystems. Vol. 5. No. 3. P. 117-133.]

Гунин П.Д., Микляева И.М., Бажа С.Н., Слемнев Н.Н., Чердонова В.А. 2003. Особенности деградации и опустынивания растительных сообществ лесостепных и степных экосистем южного Забайкалья // Аридные экосистемы. Т. 9. № 19-20. С. 7-21.

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

Данжалова Е.В. 2008. Пастбищная дигрессия растительных сообществ степных экосистем Центральной Монголии. Автореф. дисс. ... к.б.н. М. 27 с.

Данилин И.М., Цогт З. 2012. Закономерности строения, роста и биологической продуктивности лиственничников послепожарных и послерубочных восстановительных сукцессий на южных пределах распространения бореальных лесов Евразии // Социально-экономические и экологические проблемы и перспективы международного сотрудничества России-Китая-Монголии. Чита. С. 142-148.

Доржсурэн Ч. 2009. Антропогенные сукцессии в лиственничных лесах Монголии. М: Изд-во Россельхозакадемии. 260 с.

Жаргалсайхан Л. 2008. Динамика пастбищной растительности степных экосистем Восточной Монголии. Автореф. дисс. ... к.б.н. М. 27 с.

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

Зоёо Д. 2013. Сукцессионные процессы на гарях сосновых лесов Восточного Прихубсугулья Монголии // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. № 12. С. 16-17.

Зоёо Д., Болонева Л.Н., Убугунов Л.Л., Вишнякова О.В. 2014. Орхон голын татмын нугын биобүтээмжэкосистемийн төлөв байдлын үзүүлэлт болохнь // Монгол орны ургамалжил-2014. [Биопродуктивность пойменных лугов р. Орхон как показатель состояния экосистем // Растительность Монголии-2014]. Улаанбаатар. С. 59-62. (на монгольском)

Казанцева Т.И., Бажа С.Н., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Дедков В.П., Дробышев Ю.И., Дугаржав Ч., Хадбаатар С. 2015. Многолетняя динамика растительных сообществ сухих и пустынных степей Центральной Монголии (на примере Увэрхангайского аймака) // Ботанический журнал. Т. 100. № 3. С. 249-270.

Козин С.А. 1941. Сокровенное сказание. Монгольская хроника 1240 г. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 620 с.

Кошелева Н., Касимов Н., Тимофеев И., Алексеенко А., Энх-Амгалан С. 2015. Экологические последствия добычи цветных металлов и бурого угля в бассейне р. Селенги // Ecosystems of Central Asia under Current Conditions of Socio-Economic Development: Proceedings of the International Conference. Vol. 2. Ulaanbaatar: "Terkhchandmani" Co., Ltd. P. 321-327.

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

Нямсамбуу Н. 2004. Ветровая эрозия пахотных почв и ее последствия. Автореф. дисс. ... к.г.н. Улан-Батор. 20 с.

Огуреева Г.Н. 2015. Структура растительного покрова гранитных массивов Монгольского Алтая // Ecosystems of Central Asia under Current Conditions of Socio-Economic Development: Proceedings of the International Conference. Vol. 1. Ulaanbaatar: "Terkhchandmani" Co., Ltd. P. 182-184.

Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Бочарников М.В. 2012. Современное состояние и тенденции изменения горных экосистем Монголии // Вестник МГУ. Серия 5: География. № 5. С. 28-34.

Петухов И.А., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Сыртыпова С.-Х.Д., Богданов Е.А., Энх-Амгалан С., Гунин П.Д. 2018. Многолетняя динамика состояния пастбищных экосистем в экотонной зоне сухих и пустынных степей Центральной Монголии (Среднегобийский аймак) // Экосистемы: экология и динамика. 2018. Т. 2. № 2. С. 5-39.

Сафронова И.Н., Нарантуяа Н. 2016. О современном состоянии пастбищ в Завханском аймаке (Монголия) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. № 15. С. 34-37.

Структура и динамика степных экосистем Восточной Монголии (на примере стационара Тумэнцогт). 2018. М.: Товарищество научных изданий КМК. 320 с.

Сыртыпова С.-Х.Д., Чултэмсурэн П. 2015. О современных тенденциях в природопользовании Монголии: социально-экологические аспекты // Ecosystems of Central Asia under current conditions of socio-economic development: Proceedings of the International Conference. Vol. 2. Ulaanbaatar: "Terkhchandmani" Co., Ltd, P. 264-267.

Тувшинтогтох И. 2014. Монгол орны хээрийн ургамалжил. Улаанбаатар: Бэмбисан. 610 с. (на монгольском)

Тушигмаа Ж. 2012. Лесовозобновительные процессы на вырубках и гарях в сосновых лесах Монголии. Автореф. дисс. ... к.б.н. СПб. 21 с.

Уртнасан М., Любарский Е.Л. 2015. Пастбищная дигрессия в сухих степях северной части Центральной Монголии // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Барнаул. № 14. С. 115-117.

Хадбаатар С. 2010. Ландшафтно-экологические особенности деградации богарных земель центральной части бассейна Селенги. Автореф. дисс. ... к.г.н. М. 26 с.

Ярмишко В.Т., Дугаржав Ч., Слемнев Н.Н., Доржсурэн Ч., Потокин А.Ф., Цогт З., Ярмишко М.А., Зоёо Д. 2010. Современные возобновительные и сукцессионные процессы в лиственничных лесах Монголии // Ecological consequences of biosphere processes in the ecotone zone of Southern Siberia and Central Asia: Proceedings of the International Conference. Vol. 1. Ulaanbaatar: Bembi san Publishing House. P. 183-186.

Altrell D. 2019. Multipurpose National Forest Inventory in Mongolia, 2014-2017. A tool to Support Sustainable Forest Management // Geography, Environment, Sustainability. Vol. 12. No. 3. P. 167-183.

Ecosystems of Mongolia. 1995. Map. Scale 1:1000000. M.: EKOR. 15 sh.

Ecosystems of Mongolia. 2005. Atlas. M. 48 p.

Ecosystems of Mongolia. 2019. Atlas. M.-Ulaanbaatar: Admon Press. 262 p.

Dulamsuren Ch., Hauck M., Khishigjargal M., Leuschner H., Leuschner C. 2010. Diverging Climate Trends in Mongolian Taiga Forests Influence Growth and Regeneration of *Larix sibirica* // Oecologia. No. 163. P. 1091-1102.

Dulamsuren D., Kim J.P., Chun J.A., Lee W.S. 2015. Long-Term Trends in Daily Temperature Extremes over Mongolia // Weather and Climate Extremes. No. 8. P. 26-33.

Fujita N., Amartuvshin N., Ariunbold E. 2013. Annual Production and Species Diversity of Mongolian Pasture Plants in Relation to Grazing Pressure by Livestock // The Mongolian Ecosystems Network: Environmental Issues under Climate and Social Changes. P. 131-143.

The Global Biodiversity Information Facility. 2001 [Электронный ресурс https://www.gbif.org/ (дата обращения 15.05.2020)].

Kasimov N., Kosheleva N., Gunin P., Korlyakov I., Sorokina O., Timofeev I. 2016. State of the Environment of Urban and Mining Areas in the Selenga Transboundary River Basin (Mongolia, Russia) // Environmental Earth Sciences. Vol. 75. No. 18. P. 1283-1286.

Khishigjargal M., Dulamsuren Ch., Lkhagvadorj D., Leuschner C., Hauck M. 2013. Contrasting Responses of Seedling and Sapling Densities to Livestock Density in the Mongolian Forest-Steppe // Plant Ecology. No. 214. P. 1391-1403.

Lkhagvadorj D., Hauck M., Dulamsuren Ch., Tsogtbaatar J. 2013. Twenty Years after Decollectivization: Mobile Livestock Husbandry and Its Ecological Impact in the Mongolian Forest-Steppe // Human Ecology. No. 41 (5). P. 725-735.

Nyamtseren M., Feng Q., Deo R. 2018. A Comparative Study of Temperature and Precipitation-Based Aridity Indices and Their Trends in Mongolia // International Journal of Environmental Research and Public Health. No. 12. P. 887-899.

NSO (National Statistical Office of Mongolia) 2018. National Report [Электронный ресурс https://www.en.nso.mn/ (дата обращения 15.05.2020)].

Tong S., Lai Q., Zhang J. 2018. Spatiotemporal drought variability on the Mongolian Plateau from 1980-2014 based on the SPEIPM, intensity analysis and Hurst exponent // Science of the Total Environment. No. 615. P. 1557-1565.

Undraa M., Kawada K., Dorjsuren C., Kamijo T. 2015. After Fire Regenerative Successions in Larch (*Larix sibirica* Ledeb.) Forests of the Central Khangai in Mongolia // Сибирский лесной журнал. № 4. С. 40-50.

ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS, 2020, Vol. 4, No. 3, Pp. 232-267

DYNAMICS OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

UDC 57.042

DYNAMICS OF TERRESTRIAL NATURAL ECOSYSTEMS IN MONGOLIA FOR THE PERIOD OF 1989-2017

© 2020. S.N. Bazha*, A.V. Andreev*, E.V. Danzhalova*, N.I. Dorofeyuk*, Yu.I. Drobyshev*, I.A. Petukhov*, M. Saandar, Ch. Dugarjav***, Ya. Adiya***, S. Khadbaatar******

**A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences*
Russia, 119071, Moscow, Leninsky Prospect, 33. E-mail: monexp@mail.ru
***MonMapEngineering Co. LTD*
Mongolia, 210351, Ulaanbaatar, Seoul Str., 12/6
****Institute of Botany of the Mongolian Academy of Sciences*
Mongolia, 21035177, Ulaanbaatar, Zhukov Prospect, 77
*****Mongolian State University of Education*
Mongolia, 210648914, Ulaanbaatar, Baga Toiru Str., 14. E-mail: hadbaatar@mail.ru

Received July 08, 2020. Revised July 15, 2020. Accepted August 01, 2020.

In 1989-1990 the Joint Russian (Soviet)-Mongolian Complex Biological Expedition of the Russian Academy of Sciences and Mongolian Academy of Sciences carried out a mapping and assessment of the natural ecosystems' condition in the entire territory of Mongolia. These complex studies resulted in a synthetic map "Ecosystems of Mongolia" at the scale of 1:1,000,000 that included information about the level of their anthropogenic disturbance (Ecosystems ..., 1995). The map became a starting point for the further monitoring of Mongolian environment. The drastic socio-economic changes that have been affecting the country over the last decades have caused new environmental risks and increased already existing ones, therefore accelerating digression processes and reformation of Mongolian ecosystem continuum. This was the reason for starting a new monitoring research and mapping at the same scale in 2012-2017. The outcome of these long-term studies of Mongolian terrestrial ecosystems was the atlas of Ecosystems of Mongolia (2019), published in English.

The comparison of the data obtained in 1989-1990 and 2012-2017 showed that the total area of natural ecosystems decreased only by 0.5%. However, the analysis of their condition is a definite evidence of increasing degradation processes for the outlined period. Thus, the areas of non-disturbed and slightly disturbed ecosystems reduced by 1/3, the moderately disturbed ones grew by 44%, and the strongly and very strongly disturbed areas increased more than twice. A similar situation can be seen in the ecosystems suitable for pastures.

The main reasons of anthropogenic disturbance are agricultural factors, such as overgrazing, forest fires, cutting, plowing, mining, and growing of residential territories. By 2017, the area of anthropogenic ecosystems grew by 40%, including the plowed up lands as well as industrial and residential ecosystems.

For a detailed study of degradation mechanisms of terrestrial ecosystems under the impact of the main anthropogenic factors, we carried out monitoring and mapping in model somons (divisions), model testing plots and key sites, mainly located in the areas of high environmental tension. As the result, the maps of ecosystems and their anthropogenic disturbance were created at the scale of 1:200,000 and larger; they were also included into the atlas (Ecosystems ..., 2019). These studies helped to make and develop the representative network of model territories for the long-term monitoring covering all nature regions of the country.

Therefore, while comparing the data of 1989-1990 with the newest materials, we were able to calculate the areas currently occupied with various ecosystems, to assess their condition and determine their transformation trends.

Keywords: Mongolia, ecosystems, impact, dynamics, mapping, atlas.
DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10070

For the past decades Mongolia is undergoing significant changes in its social and economic areas, such as a substantial increase of population and its wealth, abrupt raise in the numbers of urban residents, growth of market relations, fast development of mining industry, international and domestic tourism, and transport network. At the same time people get more and more concerned about the environmental problems in the country, the most relevant of which are the decrease of native coniferous forests, pasture exhaustion, and water bodies extinction (Altrell, 2019; Tong et al., 2018; Nyamtseren et al., 2018). It all happens along with the general climate warming, annual precipitation decline, and progressing desertification (Dulamsuren et al., 2015).

In the end of the XX century the countryside residents begun to migrate (mainly from the western part of Mongolia) mostly to Ulaanbaatar and other industrial cities and to the large mining areas. The total population of urban community from 1990 to 2017 increased by 75% − from 1,266.5 to 2,146.7 thousand people. For example, the population of Ulaanbaatar, the capital of Mongolia, has grown 2.5 times − from 586.2 to 1,463 thousand; in Erdenet, one of the largest industrial cities, it has grown almost twice − from 51.2 to 99.8 thousand (Ecosystems…, 2019).

Over the recent years the Mongolian economy underwent significant structural changes. The mining industry has turned into a driving force of the local economic and is still getting more important. Thus, the share of agriculture in the country's gross domestic product dropped from 27.4% in 2000 to 10.1% in 2017, while the share of mining industry increased from 11.2 to 24.2% over the same period. It is worth noting that the gold mining activities intensified significantly. The total amount of gold mined in the country increased from 800 kg in 1991 to 15,300 kg in 2015 (NSO, 2018).

Along with rural population severely reducing, the livestock rapidly increases in numbers, therefore exacerbating the already high pasture loads on limited territories. Thus, by 2017 the total amount of livestock increased more than 2.5 times compared to 1990. The number of goats, the most digressively dangerous type of livestock, also increased severely – by 5.3 times. Their growth is caused by high cashmere demand on the market. At the same time the interest for camel breeding subsided, with camels' total number dropping more than 1.2 times (Ecosystems ..., 2019).

By 1989 about 1.15 million hectares of Mongolian territory were plowed. The maximal area occupied with crops was 837.9 thousand ha in 1989 and just 200.5 thousand in 2004 (fig. 1).

For a long time the remaining lands existed only as fallows. The situation began to change after 2007, when the Government Program "Virgin Land-3" (Tselina-3) for Agricultural Producers Support was launched. It aimed to improve the efficiency of agricultural production, such as cereals, potatoes and vegetables. By 2014 the area for crops was already 444.3 thousand ha, while the fallow (and even virgin) lands become constantly involved in crop rotations in modern Mongolia. We should emphasize that such extensive land involvement in plowing activities, especially on the piedmont plains and slopes with soils of light mechanical composition, eventually increases erosion processes and even causes desertification. Thus, currently about 65% of the arable lands of the Selenga River basin, where more than 85% of those lands is concentrated, has suffered from erosion, with 35% of them being moderately and highly eroded (Bazha et al., 2018).

Forests occupy about 8% of Mongolian territory. They are common for mountain systems and concentrated in northern and partially central regions of the country. Due to specificity of the local climate and anthropogenic loads, forest ecosystems are very unstable and recover with great difficulties and can even deteriorate irreversibly. Meanwhile the forestry activities have a less significant impact on forests than some natural factors (climate change, fires, pests) and anthropogenic (mining, overgrazing) ones.

We can assess the risks of demographic, economic, and environmental changes in the country only on the basis of thorough studies of ecosystems' condition, their changes, and dynamic trends. The results of such complex studies are important not only for Mongolia, but also for Russia, especially for Southern Siberia, the natural environment and agricultural features of which are very similar to the

ones of Northern Mongolia.

The mapping method is the most descriptive and objective one for studying terrestrial ecosystems and their condition. It uses both the modern materials of remote sensing that cover vast territories simultaneously, and the ground-based complex for field researches that helps to decipher and significantly complement an already existing picture with various actual data. Analysis of mapping data, obtained on the same territories for different years, plays a special role, allowing us to track the dynamics of various processes and quantify these changes.

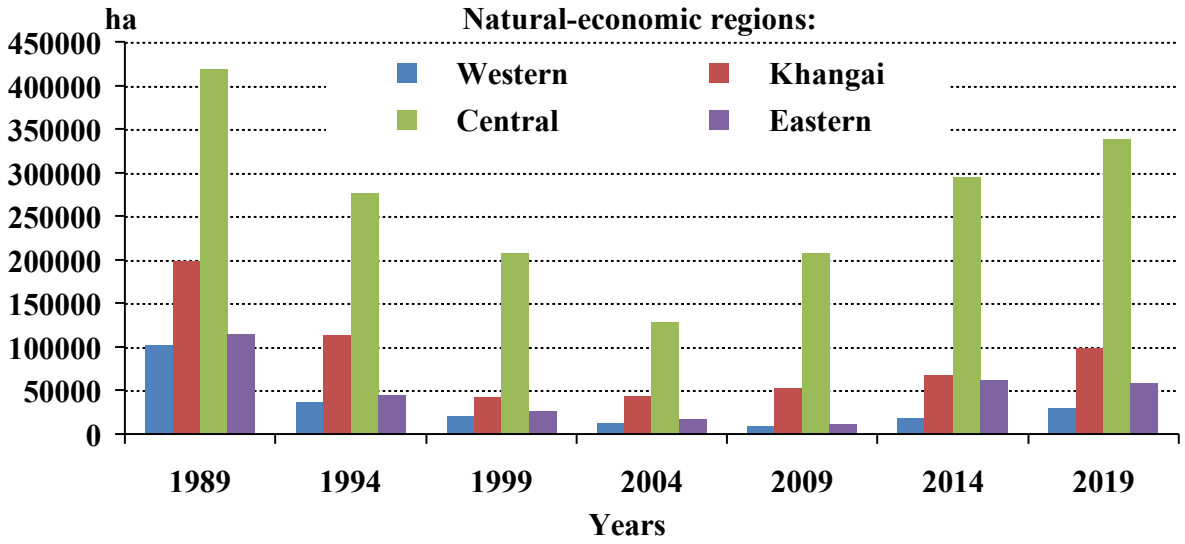


Fig. 1. Dynamics of cultivated areas of Mongolia by natural-economic regions (ha).

The complex study of Mongolian ecosystems by different methods including the thematic mapping has been carried out for 50 years by the Joint Russian-Mongolian Complex Biological Expedition of the Russian Academy of Sciences and Mongolian Academy of Sciences (JRMCBE; previously known as the Joint Soviet-Mongolian Complex Biological Expedition of the Academy of Sciences of USSR and the Academy of Sciences of the Mongolian People's Republic).

In this article we will talk about analysis of the main changes in terrestrial ecosystems of Mongolia, and identification of what exactly has caused them over the past quarter of the century. Here we use mapping materials compiled by the JRMCBE researchers over the different years and included in the atlas of Mongolian ecosystems (Ecosystems ..., 2019). The atlas data makes it possible to determine trends of long-term changes in the natural ecosystems of Mongolia, to assess the spatial-temporal extent of development and distribution of anthropogenic degradation, and to determine the degree of impact that individual negative factors had on ecosystems.

Objects and Methods of Research

In 1989 during the only field season scientists of the JRMCBE carried out a complex study, prepared maps, and assessed the state of natural ecosystems throughout the entire territory of Mongolia; the deed was unprecedented in its scale. The study was carried out according to the pre-established methods (Methodological Guidelines ..., 1989). It resulted in an "Ecosystems of Mongolia" map at the scale 1:1,000,000 (Ecosystems ..., 1995), which shows the composition and zonal-belt ecosystems structure and main anthropogenic factors of their destabilization, and also the ecosystems' condition as it was at the time of mapping.

The map legend includes 64 types of zonal-belt and intra-zonal natural terrestrial ecosystems, as well as aquatic and anthropogenic (residential, industrial, and arable) ecosystems. According to the methodological designs (Methodological Guidelines ..., 1989), the degree of anthropogenic disturbance of natural ecosystems was evaluated on the 5-point scale: I – very weak (background), II – weak, III – medium, IV – strong, V – very strong (and usually irreversible).

In 2005 a small atlas of Mongolian ecosystems was compiled and published (Ecosystems ..., 2005). It is based on the data from the map of Mongolian ecosystems (Ecosystems ..., 1995) and along with the various thematic interpretations of that map, it also includes calculated areas of different zonal-belt and ecological groups of ecosystems, indicating their shares throughout the entire territory.

From 2012 to 2017 the CRMCBE employees monitored the current state of ecosystems in every aimag (province) of Mongolia, and did another mapping at the scale of 1:1,000,000. The monitoring of the level of anthropogenic disturbance was carried out within the ecosystems boundaries displayed on the map of Mongolian ecosystems (Ecosystems ..., 1995); only the boundaries of anthropogenic ecosystems were corrected (of the new ones and the significantly transformed old ones). These materials were used to create the "Ecosystems of Mongolia" atlas that was published in 2019. The atlas included numerous thematic maps, created as the part of the JRMCBE Scientific Program and dedicated to the natural complexes of various regions, model testing plots, somons (divisions) and nature protection territories of the country. These model plots were used to try out the modern methods of mapping of ecosystems and their condition, and identifying degradation factors (Bazha et al., 2013). Besides, the atlas included some maps, tables and graphs showing the changes of many social and economic indices from 1990 to 2017.

The atlas (Ecosystems ..., 2019) is compiled on the regional basis, and aside from the general section it includes 4 regional ones that combine maps and statistical data of the 4 natural-economic regions (NER), into which the territory of Mongolia is divided, taking into account their natural features, economic indices and administrative borders of each aimag. The Western NER contains 5 aimags: *Bayan-Ulgii, Khovd, Uvs, Zavkhan,* and *Govi-Altai*. Khangai NER includes *Khuvsgul, Bulgan, Orkhon, Arkhangai, Ovorkhangai,* and *Bayankhongor* aimags. The Central NER includes *Selenge, Darkhan-Uul, Tuv (Central), Dundgovi, Dornogovi*, *Umnugovi* aimags and an administrative territory of *Ulaanbaatar* city. The Eastern NER includes *Khentii, Dornod,* and *Sukhbaatar* aimags (fig. 2).

Each NER has a meridian direction, spreading from the northern to southern country borders; therefore, all the latitudinal natural zones of Mongolia fall within the territory of each region. Natural diversity gradually decreases from west to east, as well as the landscape contrast of the regions. Out of the 64 natural ecosystems highlighted on the map of Mongolian ecosystems (Ecosystems ..., 1995), 62 are presented in the territory of the Western NER, 61 in Khangai, 58 in the Central, and only 38 in the mostly flat Eastern NER.

The atlas sections with image maps of each NER (Ecosystems ..., 2019) include large-scale maps of ecosystems and their anthropogenic disturbance for the territories of some somons, model testing plots and key sites, located in the regions of high environmental tension.

Results and Discussion

These maps were created to provide a detailed study of degradation processes of terrestrial ecosystems under the influence of the main anthropogenic factors, such as forestry, agriculture, mining industry, and recreation activities, as well as the degree of their impact on the natural ecosystems condition. The model testing plots and somons, which mapping was carried out mainly at the scale of 1:200,000 and characterized by a significant variety of natural complexes, became the basic territories for inventory and determination of the level of anthropogenic disturbance of their ecosystems, and

detection of their specific degradation processes. The key sites were selected to study thoroughly factors of anthropogenic impact and hazardous processes of degradation. Their mapping was carried out at the larger scale, mainly at 1:10,000.

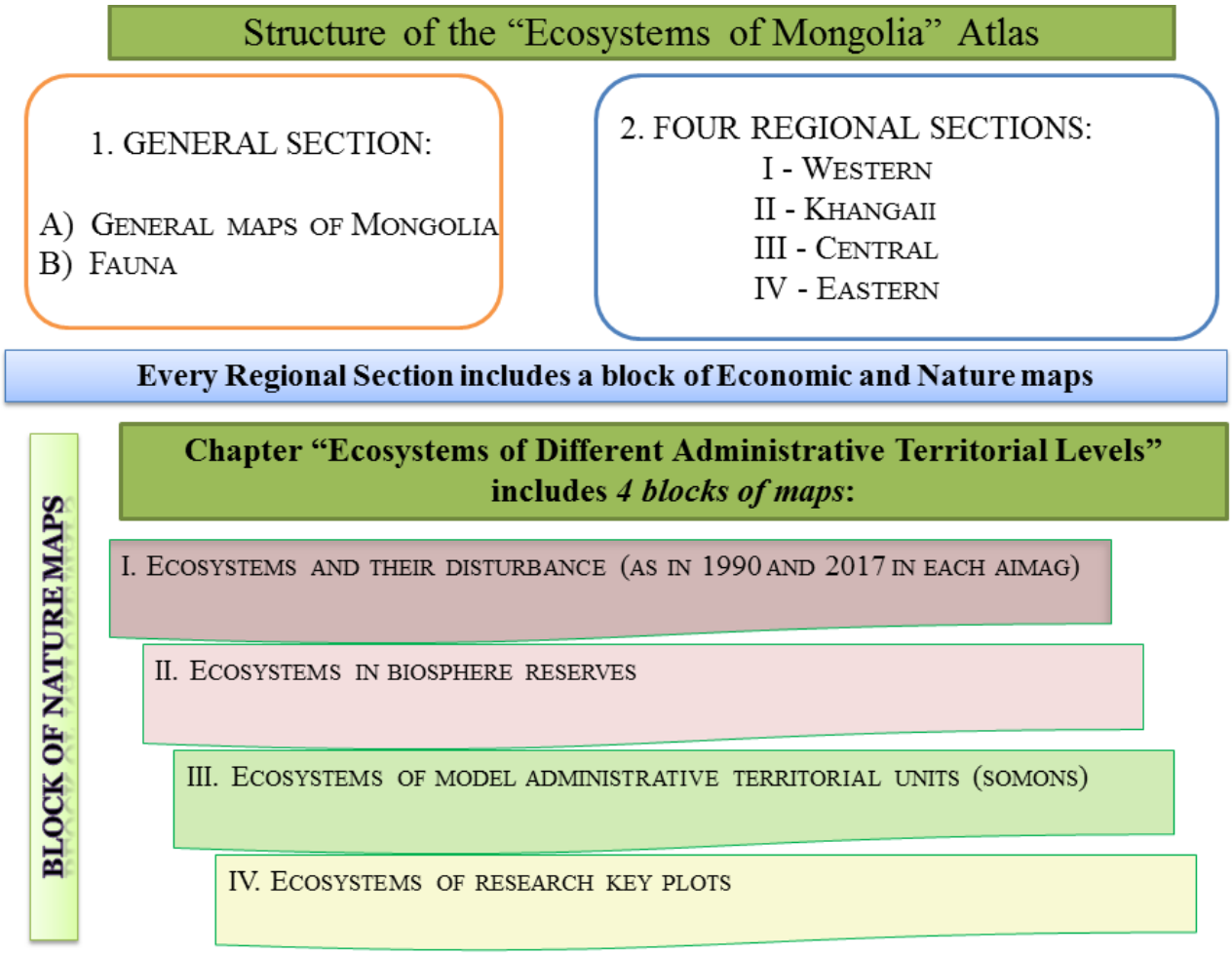


Fig. 2. Structure of the "Ecosystems of Mongolia" atlas (2019).

The atlas was made in a digital format; all included maps were created on the basis of GIS-technology, which established a direct relation between specific map sections and their quantitative and qualitative characteristics, allowing us to make some necessary calculations and analytics, which underlined this study.

Area evaluation of ecosystems, suitable for pastures. On the basis of the processed data of "Ecosystems of Mongolia" (2005) at the mapping scale of 1:1,000,000, we received the area data for those ecosystems which were suitable for the grassland farming, which is a traditional stem of Mongolian economy (table 1). The ecosystems were considered suitable if their vegetation had a feeding value and was available for livestock grazing.

Despite the fact that suitable ecosystems occupy about 86% of the country territory, the large areas of them currently cannot be used as intended due to some reasons. Some of them are as follows:

- territories of extremely arid and true deserts in the south of Mongolian and Gobi-Altai mountain systems; individual desert and semi-desert territories in the Great Lakes Depression, Gobi Valley of Lakes, and some ecosystems of dry steppes and desert steppes in the east are unusable due to the lack of fresh water sources;

- large massifs of drifting and semi-stable sands are unusable due to extremely sparse grass, risk of erosion development, and absence of water sources (photo 1);
- many alpine peaks of Khentii, Khangai, and Mongolian Altai are unusable due to their remote location from watering places and settlements, and their inaccessibility.

Table 1. Area of ecosystems suitable for Mongolian pastures (based on materials of 1989).

Ecosystems	Area, thousands km^2	% of the area of Mongolia
Ecosystems suitable for pastures		
Zonal-belt (*highland*: cryophytic groups, with cushion plants, tundra, with dwarf birch, with Kobresia; *plain and mountain steppes:* highland, meadow, moderately dry, dry, dezertified, desert; *deserts:* northern, southern, extremely arid) and **hydromorphic** (non-forest) − bogged and floodplain meadows, bogs, solonchaks	1345.02	86.0
Ecosystems unsuitable for pastures	219.1	14.0
Natural (*aquatic:* lakes, large rivers; *forest:* mountain, mountain valley, floodplains; *nival:* glaciers, snowfields, stony surfaces, rocky outcrops)	199.7	12.8
Anthropogenic (*plowed areas:* arable lands, fallow lands, plantations; *industrial and residential areas:* developed mineral deposits, construction sites, settlements, infrastructure)	19.4	1.2
Natural ecosystems	1544.72	98.8
Mongolian territory	1564.12	100.0

The usage of some pastures is limited because territories can maintain only one livestock species:

- moss-lichen tundra, subalpine thin forests and forests with dwarf birch in Khuvsgul Region are the pastures for reindeers;
- extremely arid deserts, most of the true deserts and semi-stable sands, stabilized by sparse shrubs and semi-shrubs are for camels;
- highland meadows and rocky tundra, remote from the inhabited valleys, in Mongolian and Gobi Altai, Khangai and Khentii are available only for yaks;
- lithophytic steppe ecosystems of rocky, highly divided ecotopes with steep slopes are suitable only for goats (photo 2).

Climatic factor also significantly limits possibilities of livestock increase. The common features of Mongolian climate are aridity, uneven precipitations, and their abrupt yearly fluctuations. Over the past 20-25 years we registered a growth of dry years (Zhargalsaikhan, 2008; Bazha et al., 2018). Moreover, the average temperatures, both for a year and for a vegetation period, grew highly in many regions compared with the average long-term data (Gunin et al., 2015; Bazha et al., 2018; Bogdanov et al., 2019).

Water provision for the livestock was always an acute issue in Mongolia due to its climate aridity. Even during the age of the Mongol Empire, the great Khan Ogedei, who ruled in 1229-1241, commanded to build irrigation structures: “I ordered to dig wells in the waterless lands, thus bringing water and food to people” (Kozin, 1941). Unfortunately, it is hard to tell yet whether his plans were implemented or not.

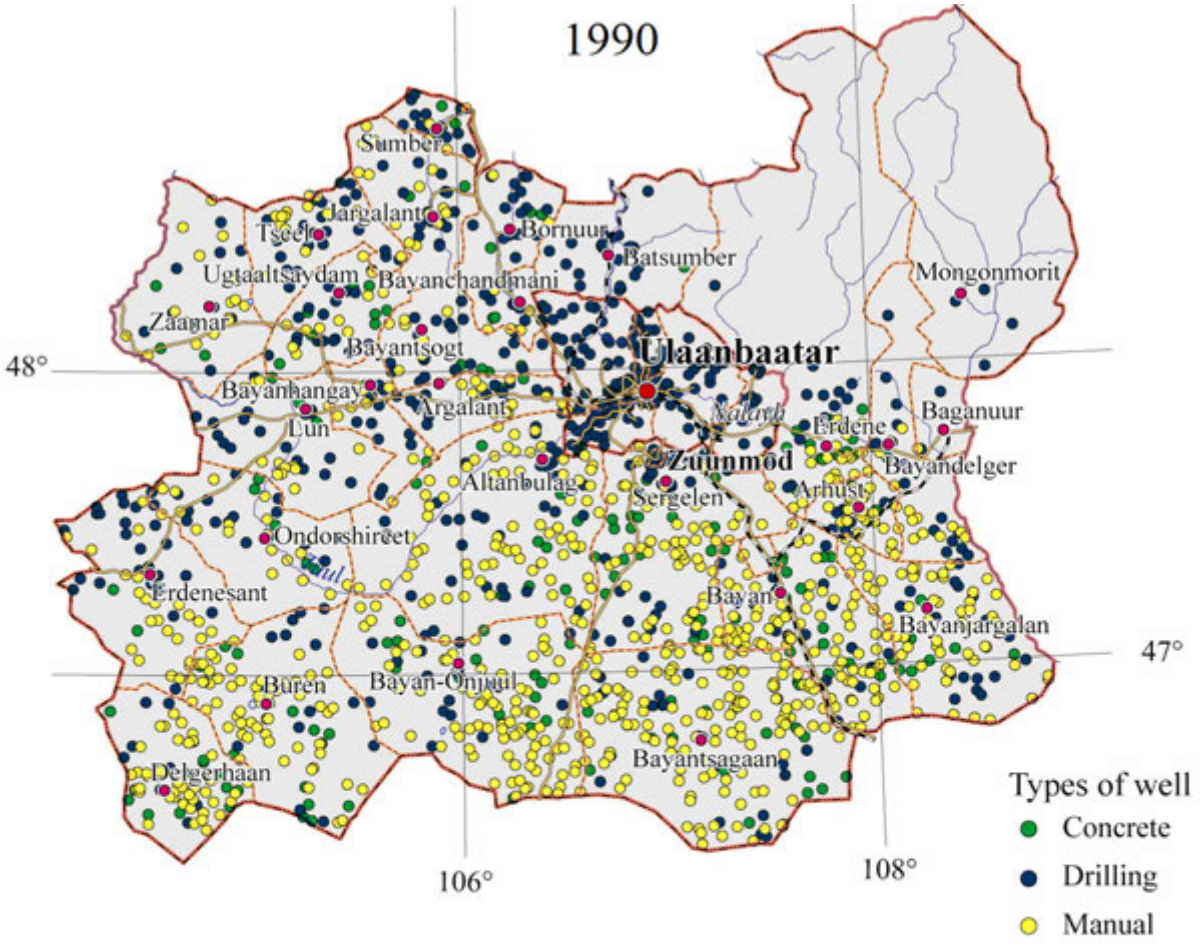
Photo 1. Waved sands are unsuitable for grazing (Omnogovi aimag).

Photo 2. Highly stony pastures are suitable for goats (Bayanhongor aimag).

The water supply problem was brought up again only during the years of "people's power", in the second half of the XX century with the active help of USSR specialists and countries from the Council for Mutual Economic Assistance. On a scheduled basis Mongolia started building a network of wells and watering sources for livestock. Some relevant hydrogeological surveys were carried out along with

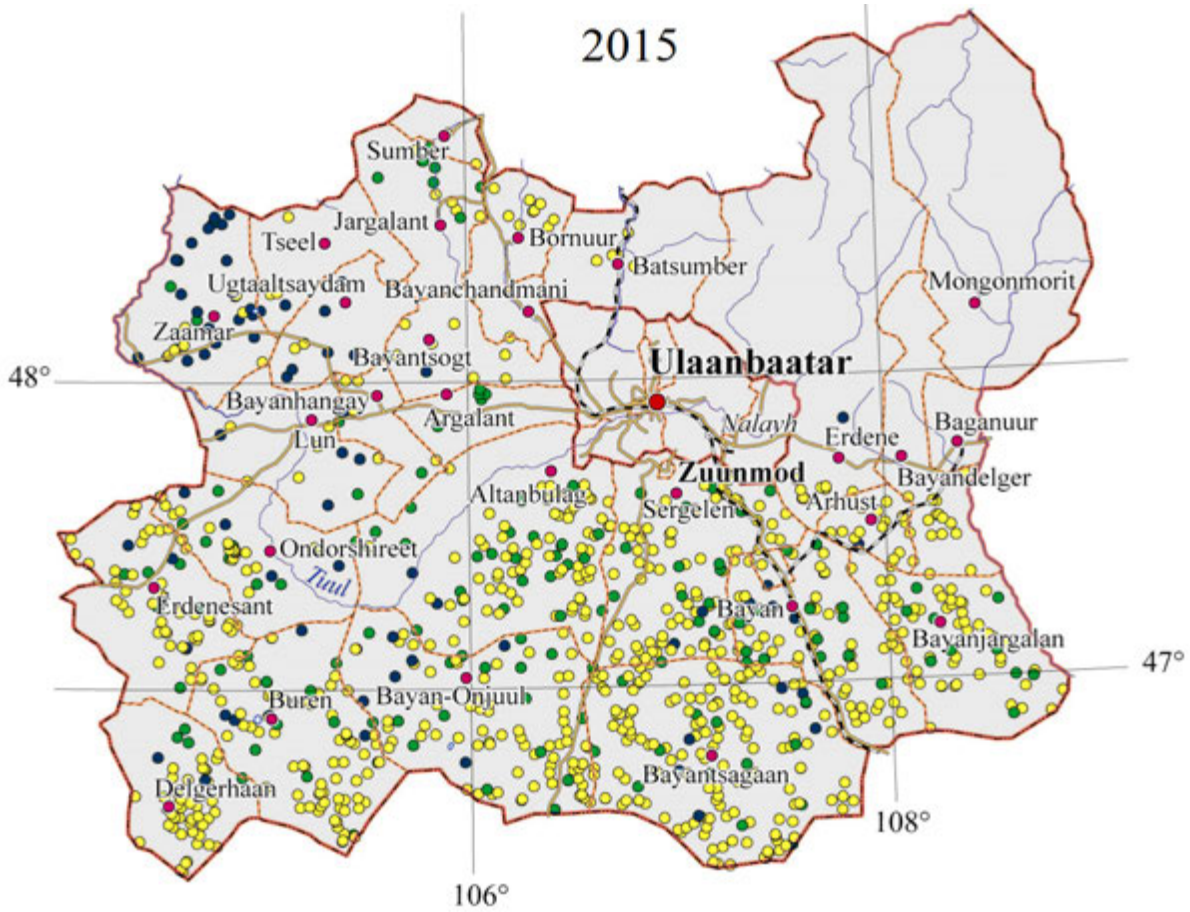
the forage and botanical studies and economic calculations. Generally, all the plans were fulfilled, but due to the socialist system crisis in the late 1980s the state lost all its control over the wells condition. As a result, a significant number of them were out of service.

By an example of the most economically developed and populated Tuv aimag we can study negative dynamics of water supply of the pastures for the 25-year-long period (fig. 3). By the time the big socio-economic reforms began, there were more than 1,500 thousand wells spreading more or less evenly over the aimag territory (excluding the highland northeastern part). For a quarter of century their total number decreased by 36%. The severe decline of functioning wells was primarily caused by the fact that most of them used compressors for water supplying, many of which were destroyed.



Aymag	Types of well			
	Concrete	Drilling	Manual	Subtotal
Tov	165	496	854	**1515**

Fig. 3 a. Distribution of water sources in the Central aimag in 1990 (Ecosystems…, 2019).



Aymag	Types of well			
	Concrete	Drilling	Manual	Subtotal
Tov	151	77	742	**970**

0 50 100 200 km

Fig. 3 b. Distribution of water sources in the Central aimag in 2015 (Ecosystems…, 2019).

Other aimags are also not doing that good, therefore causing two kinds of consequences. On the one hand, some of the pastures are out of use due to absence or lack of water. On the other hand, loads on the existing watering points gets more severe, depleting and polluting the groundwater reserves, as well as accelerating degradation of vegetation and soil cover around the wells (photo 3). Since Mongolian economy focuses now on a resource model, the government does not pay enough attention to supporting cattlemen, so usually the private farmers become the ones to maintain these wells.

Many studies show that feeding productivity potential of Mongolian pastures is very limited (Fujita et al., 2013). The livestock numbers exceeded feeding capacity of pastures already by the mid and late 1990s (Gunin et al., 2003, 2009). However, throughout the country they grow quickly, therefore causing more and more pasture loads on Mongolian ecosystems. For the study period their growth was

more than 1.9 for all the NERs. The highest livestock increase was registered in the Western and Khangai NERs (table 2). The series of the atlas maps displays it clearly, showing the livestock density by their species for every NER (Ecosystems…, 2019). Figure 4 shows an example of these maps with the goat density for the Central NER in 1990 and 2017.

Photo 3. A degraded pasture with *Peganum nigellastrum* surrounding a well (Dundgovi aimag).

Table 2. Mongolian livestock composition in 1990 and 2017 (thousands of heads).

Livestock	Year	Natural-economic regions				Total in Mongolia
		Western	Khangai	Central	Eastern	
Sheep	1990	5111.78	4526.81	3164.33	2214.24	15017.16
	2017	**6903.22**	**11329.00**	**6678.15**	**5029.34**	**29939.71**
Goats	1990	1977.92	1538.68	1213.07	378.52	5108.19
	2017	**7702.37**	**9613.56**	**6619.97**	**3289.78**	**27225.68**
Horses	1990	562.20	789.54	542.35	352.67	2246.76
	2017	**676.12**	**1439.70**	**902.30**	**878.36**	**3896.48**
Cows and yaks	1990	692.36	1134.86	521.17	455.38	2803.77
	2017	**815.96**	**1934.45**	**769.25**	**779.95**	**4299.61**
Camels	1990	155.45	90.67	252.19	39.15	537.46
	2017	**103.91**	**88.09**	**223.75**	**18.10**	**433.85**
Total	1990	8499.70	8080.56	5693.11	3439.95	25713.32
	2017	**16201.58**	**24404.79**	**15193.41**	**9995.54**	**65795.32**

The numbers of Mongolian livestock still grow to this day, and by the early 2019 it had already reached 66,460.18 thousand heads (NSO, 2018). As a result of the increasing numbers of domestic animals and decreasing numbers of rural population, the herds that were maintained by some cattlemen families (arats) grew bigger. Thus, by 2017 the amount of these families dropped by more than 20%, while the average number of their herds increased. For example, since 2012 the number of cattlemen who own more than 2,000 heads of livestock has become thrice bigger; the number of cattlemen with the herds of 200-500 heads has increased by 30%, and those who own less than 10 animals decreased by 20%. The large herds are less mobile and more dependent to the arats' camps, they destructively affect pasture ecosystems, especially the most productive ones and comfortable for grazing, located near watering places, around settlements and camps (Syrtypova, Chyltemsuren, 2015; Lkhagvadorj et al., 2013).

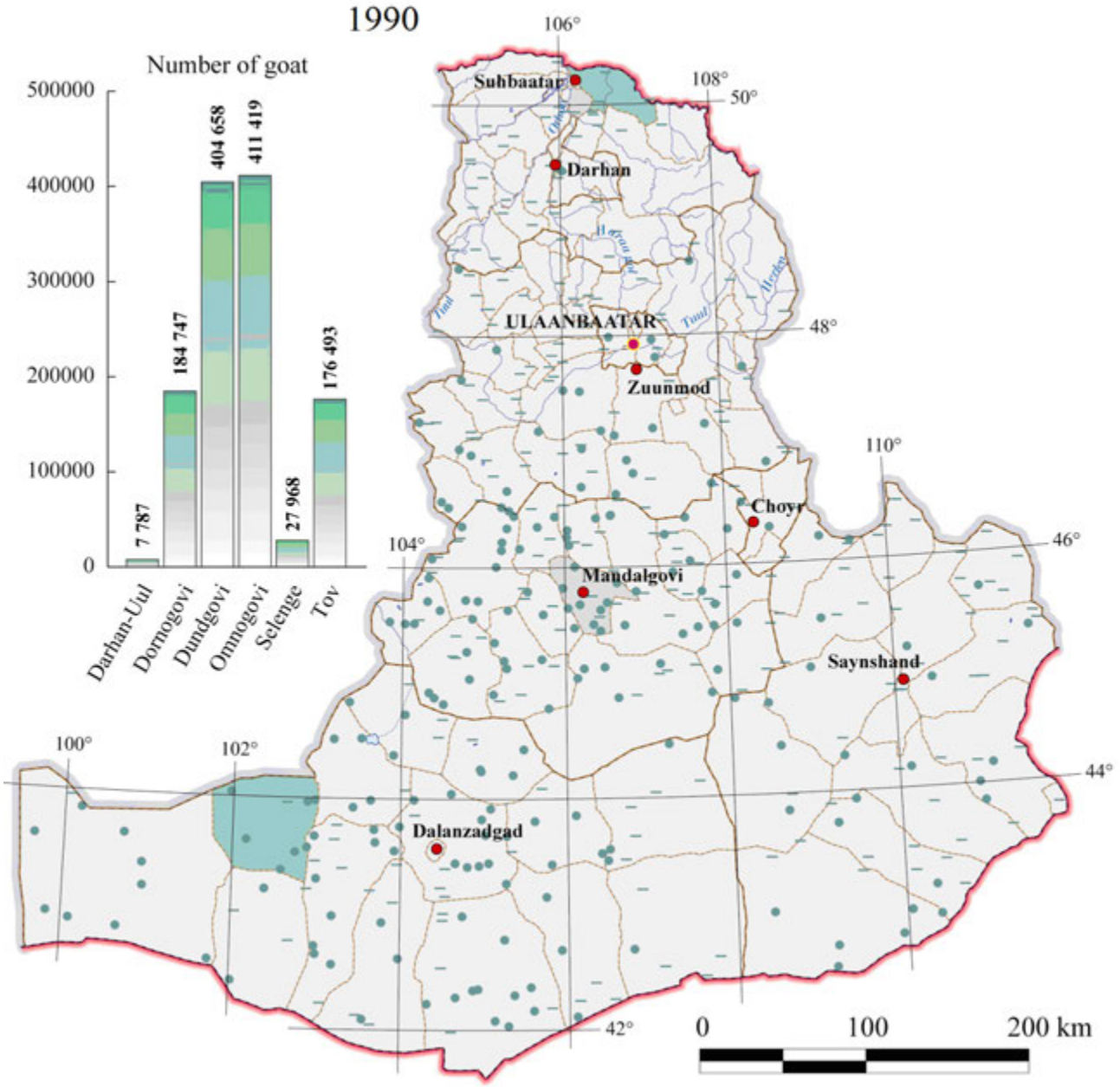


Fig. 4 a. Goat population density in the Central natural-economic region in 1990 (Ecosystems …, 2019).

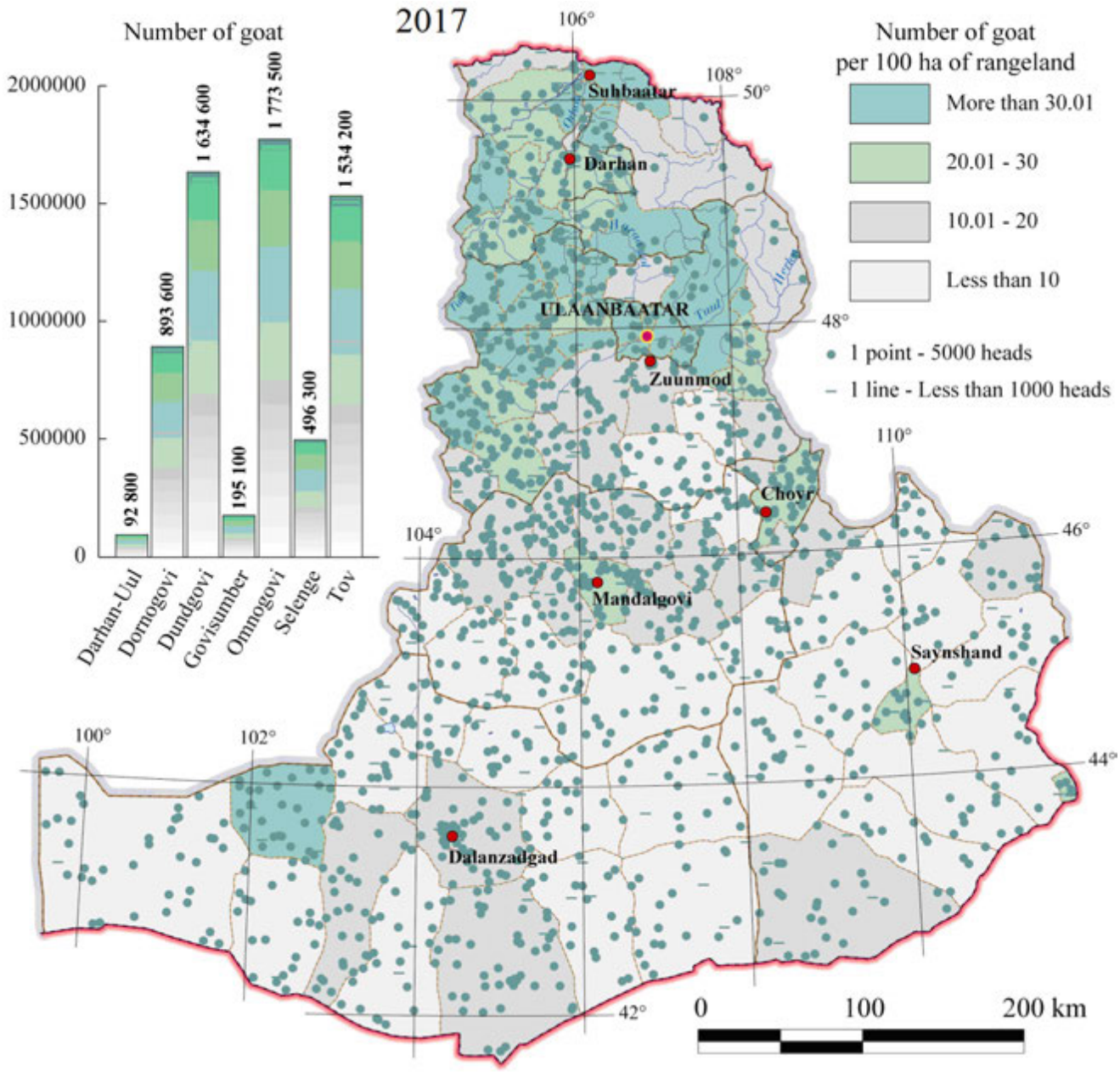


Fig. 4 b. Goat population density in the Central natural-economic region in 2017 (Ecosystems …, 2019).

The irrational pasture use during the period of increasing livestock numbers and frequent droughts resulted in the growth of amount of pasture lands with high and very high disturbance level, primarily including steppe ecosystems, the analysis of which is given below.

Traditionally the entirety of Mongolian livestock is supported by and provided with food right on the pastures year-round, although in fact some of the meadow and meadow-steppe ecosystems suitable for pastures are periodically used for hay harvesting to make a sparse feeding source for the times of fodder shortage, but the hay harvesting areas are small and permanent, mostly due to the climate fluctuations.

Results of Mongolian ecosystems' monitoring. In every NER for every type of ecosystem, which were defined as the result of mapping in 1989 (Ecosystems ..., 1995), the areas of 64 types were calculated by the level of their anthropogenic disturbance. The same calculations were also made on the

basis of monitoring in 2012-2017 (Ecosystems ..., 2019). The results are shown in the synoptic regional tables 3 and 4. In these tables the 5 levels of anthropogenic disturbance of terrestrial ecosystems, used in the mapping of their condition (Methodical Guidelines …, 1989), were combined into 3: weak (very weak − I plus weak − II) with no significant anthropogenic changes; moderate (III); strong (strong − IV plus very strong − V), showing the native negative changes up to the irreversible ones.

In the tables the 64 types that are shown on the maps were combined into 12 zonal-belt and 1 azonal group of *hydromorphic* ecosystems (water-logged meadows and shrubs of highlands, forest and forest-steppe mountain belts, steppes and river floodplains, other floodplain meadows and bottom-land forests, as well as saline meadows and solonchaks of desert zone).

Highlands group is common for the main Mongolian mountain systems and combines cryophytic alpine ecosystems, highland tundra, Kobresia meadows and forests of dwarf birch. The last two are the most valuable and productive highland pastures.

Forest group is widespread in the north, in the mountains of Khuvsugul Region, Khentii and northern Khangai. It consists of mountain and mountain-valley forests, which are not classified by the forest-forming species and ecological features of habitats. The main reason of forest degradation is fires, usually caused by human, and the following cuttings.

Forest-steppe ecosystems present stable expositional combination of pseudo-taiga forests and meadow steppes, with lithophytic and moderately dry steppes. They make an altitudinal belt in low and middle mountains of Mongolian Altai, Khuvsugul Region, Khangai, Khentii, and northeast mountains.

Steppe ecosystems occupy the most part of Mongolia (more than 55% of its territory). They are the main productive all-seasonal and intensely exploited pastures, widespread throughout flat and mountainous territory, excluding desert far south, taiga north and the most of highlands. In the tables they are shown as 6 groups of ecosystems: highland steppes of the well-lit highland slopes of all the main mountain systems; meadow and moderately dry steppes, common for slopes of the most Mongolian mountains, excluding its desert south; dry and deserted steppes, common for lower mountains and sub-flat interfluve positions in the northwest of the wide western plains; desert steppes covering the most territories of the Gobi Valley of Lakes, the Great Lakes Depression, the southern half of the western plains, foothill and dry intermountain valleys of Gobi-Altai.

The 3 groups of *desert* ecosystems consist of steppe deserts (northern), true deserts (southern), and extremely arid deserts. They are mostly common for the plains, intramontane hollows and low mountains of Southern Mongolia, central parts of the Great Lakes Depression and the Gobi Valley of Lakes.

Northern deserts together with desert steppes form a unique zone of semi-deserts (Zhirnov et al., 2005) and are valued for their rich pastures.

The calculations show that from 1990 to 2017 the total area of terrestrial natural ecosystems in every natural-economic region significantly decreased, while the area of anthropogenic ecosystems increased. The biggest changes (reduction) of their areas were registered in the industrially developed Khangai and Central regions (by 1956.7 and 4487.8 km^2 respectively), but in the Western (456.6 km^2) and Eastern (178.1 km^2) regions the decrease is much lower.

For the past 30 years the difference between the total area of Mongolia and the area of its terrestrial natural ecosystems did never exceed 3.5%. Aside from the anthropogenic ecosystems (arable lands, industrial territories, construction sites, settlements), this difference also includes conditionally stable sizes of aquatic ecosystems, occupying about 1% or 16.1 thousand km^2.

The decrease of the natural ecosystems area is directly related to the expansion of territories with developed mining and residential areas (buildings, industrial zones, infrastructure), as well as plowed lands.

The areas of *anthropogenic* ecosystems increased by 6.83 thousand km^2 (35%). This includes the areas plowed up for agricultural use, which increased by 5.93 thousand km^2 (51.2%) in 2017 compared to 1989; and industrial ecosystems (developed mining and residential areas), which increased by

0.91 thousand km^2 (11.5%). The growth of anthropogenic ecosystems is perfectly shown on the maps of anthropogenic disturbance in the Selenge and Darkhan-Uul aimags as of 1990 and 2015 (fig. 5).

Table 3. Ratio between ecosystems areas in the Western and Khangai natural-economic regions by the degree of their anthropogenic disturbance in 1990 and 2017: 1 – weak, 2 – medium, 3 – strong.

Zonal-belt ecosystems groups	**Year**	**Western NER**				**Khangai NER**			
		Area							
		km^2	**% of Mongolia, by the rate of their anthropogenic disturbance**			**km^2**	**% of Mongolia, by the rate of their anthropogenic disturbance**		
			1	**2**	**3**		**1**	**2**	**3**
Highland	1990	27640.76	1.55	0.20	0.02	27685.73	1.69	0.08	0.00
	2017	**27645.1**	**1.55**	**0.18**	**0.03**	**27714.12**	**1.67**	**0.09**	**0.01**
Forest	1990	9715.23	0.58	0.04	0.00	63802.71	3.18	0.42	0.48
	2017	**9746.37**	**0.52**	**0.07**	**0.04**	**63645.01**	**2.75**	**0.93**	**0.38**
Forest-steppe	1990	8770.82	0.43	0.12	0.01	25682.1	0.92	0.65	0.07
	2017	**8749.19**	**0.36**	**0.16**	**0.04**	**25502.08**	**0.74**	**0.76**	**0.13**
Steppe, including:	1990	233548.29	11.65	2.89	0.39	169759.14	5.81	4.42	0.62
	2017	**233182.88**	**7.62**	**5.81**	**1.48**	**168612.79**	**4.47**	**5.18**	**1.13**
highland steppe	1990	11639.98	0.63	0.10	0.01	8432.71	0.51	0.03	0.00
	2017	**11567.84**	**0.56**	**0.16**	**0.02**	**8496.68**	**0.37**	**0.14**	**0.03**
meadow steppe	1990	6412.58	0.32	0.08	0.01	44643.15	1.09	1.47	0.29
	2017	**6408.93**	**0.25**	**0.13**	**0.04**	**44314.15**	**0.54**	**2.01**	**0.28**
moderately dry steppe	1990	35586.65	1.74	0.43	0.10	39496.04	0.94	1.34	0.25
	2017	**35633.61**	**1.13**	**0.92**	**0.22**	**38875.25**	**0.75**	**1.27**	**0.47**
dry steppe	1990	66286.85	2.98	1.13	0.13	25707.98	0.98	0.60	0.06
	2017	**66028.43**	**1.82**	**1.81**	**0.59**	**25450.93**	**0.62**	**0.79**	**0.22**
deserted steppe	1990	63190.11	3.23	0.69	0.12	23235.23	1.08	0.39	0.01
	2017	**63126.91**	**1.96**	**1.67**	**0.41**	**23237.58**	**0.85**	**0.52**	**0.12**
desert steppe	1990	50432.12	2.74	0.45	0.03	28244.03	1.20	0.59	0.02
	2017	**50417.16**	**1.90**	**1.12**	**0.20**	**28238.20**	**1.35**	**0.44**	**0.02**
Deserts, including:	1990	96922.45	5.54	0.62	0.04	46927.63	2.70	0.28	0.01
	2017	**96939.79**	**5.60**	**0.55**	**0.04**	**46935.88**	**2.69**	**0.30**	**0.01**
steppe deserts	1990	32489.19	1.51	0.53	0.04	14862.28	0.71	0.23	0.01
	2017	**32471.14**	**1.61**	**0.43**	**0.04**	**14865.88**	**0.71**	**0.24**	**0.00**
south deserts	1990	30161.82	1.83	0.09	0.00	15981.55	0.96	0.06	0.00
	2017	**30107.29**	**1.80**	**0.12**	**0.00**	**15981.84**	**0.95**	**0.07**	**0.00**
extremely arid deserts	1990	34271.44	2.19	0.00	0.00	16083.8	1.03	0.00	0.00
	2017	**34361.36**	**2.18**	**0.01**	**0.00**	**16088.16**	**1.03**	**0.00**	**0.00**
Hydromorphic	1990	25482.36	0.79	0.71	0.13	40543.4	1.22	1.14	0.23
	2017	**25359.96**	**0.72**	**0.62**	**0.28**	**40054.16**	**0.80**	**0.77**	**0.99**
Total area of NER ecosystems	1990	402079.9	20.5	4.6	0.6	374400.71	15.52	7.00	1.42
	2017	**401623.3**	**16.4**	**7.4**	**1.9**	**372464.04**	**13.12**	**8.03**	**2.65**

Table 4. Ratio between ecosystems areas in the Central and Eastern natural-economic regions by the degree of their anthropogenic disturbance in 1990 and 2017: 1 – weak, 2 – medium, 3 – strong.

Zonal-belt ecosystems groups	Year	Central NER				Western NER			
		Area							
		km^2	% of Mongolia, by the rate of their anthropogenic disturbance			km^2	% of Mongolia, by the rate of their anthropogenic disturbance		
			1	2	3		1	2	3
Highland	1990	972.63	0.06	0.00	0.00	398.25	0.02	0.00	0.00
	2017	**972.66**	**0.06**	**0.00**	**0.00**	**122.03**	**0.01**	**0.00**	**0.00**
Forest	1990	30928.54	0.81	0.26	0.91	14183.1	0.31	0.11	0.48
	2017	**30471.01**	**0.85**	**0.59**	**0.51**	**14075.87**	**0.34**	**0.23**	**0.33**
Forest-steppe	1990	7717.56	0.16	0.26	0.07	10028.97	0.55	0.09	0.00
	2017	**7217.28**	**0.12**	**0.21**	**0.13**	**8200.79**	0.31	0.13	0.08
Steppe, including:	1990	233659.66	8.35	5.51	1.08	228860.39	12.85	1.44	0.34
	2017	**230886.93**	**5.53**	**6.70**	**2.53**	**230893.7**	**7.32**	**5.53**	**1.91**
highland steppe	1990	158.45	0.01	0.00	0.00	–	–	–	–
	2017	**158.18**	**0.01**	**0.00**	**0.00**	**–**	**–**	**–**	**–**
meadow steppe	1990	24033.75	0.51	0.89	0.14	35472.87	2.19	0.08	0.00
	2017	**22892.92**	**0.30**	**0.81**	**0.35**	**35430.75**	**1.78**	**0.44**	**0.05**
moderately dry steppe	1990	40463.28	0.34	1.71	0.54	70168.05	4.09	0.31	0.09
	2017	**38583.71**	**0.28**	**1.36**	**0.83**	**70438.75**	**2.21**	**1.70**	**0.59**
dry steppe	1990	29424.52	0.80	0.89	0.19	115645.86	6.13	1.00	0.26
	2017	**29431.03**	**0.20**	**0.99**	**0.70**	**115646.08**	**2.93**	**3.24**	**1.23**
deserted steppe	1990	45381.08	1.87	0.90	0.13	7569.93	0.44	0.04	0.00
	2017	**45445.94**	**0.57**	**1.90**	**0.43**	**9374.46**	**0.41**	**0.15**	**0.04**
desert steppe	1990	94198.58	4.82	1.13	0.07	3.68	0.00	0.00	0.00
	2017	**94375.15**	**4.18**	**1.64**	**0.21**	**3.66**	**0.00**	**0.00**	**0.00**
Deserts, including:	1990	163521.6	9.40	1.04	0.01	–	–	–	–
	2017	**163409.68**	**9.20**	**1.21**	**0.04**	–	–	–	–
steppe deserts	1990	81235.49	4.26	0.92	0.01	**–**	**–**	**–**	**–**
	2017	**81202.53**	**4.20**	**0.96**	**0.03**	–	–	–	–
south deserts	1990	77152.94	4.81	0.12	0.00	**–**	**–**	**–**	**–**
	2017	**77079.98**	**4.66**	**0.26**	**0.01**	–	–	–	–
extremely arid deserts	1990	5133.17	0.33	0.00	0.00	**–**	**–**	**–**	**–**
	2017	**5127.17**	**0.33**	**0.00**	**0.00**	–	–	–	–
Hydromorphic	1990	30711.07	1.16	0.46	0.34	27271.21	0.34	0.58	0.82
	2017	**30065.7**	**0.98**	**0.50**	**0.44**	**122.03**	**0.34**	**0.58**	**0.82**
Total area of NER ecosystems	1990	467511.05	19.94	7.54	2.40	14183.1	14.07	2.21	1.65
	2017	**463023.26**	**16.74**	**9.22**	**3.64**	**14075.87**	**8.33**	**6.47**	**3.14**

For the *arable lands* mostly the fertile dark-chestnut and chestnut steppe soils were used in the river and dry intermountain valleys, intramontane hollows and plains in the northern half of the country (photo 4). At the turn of the XX and XXI centuries large areas of arable lands were abandoned, especially

in southern, central, and western Mongolia. In 2017, according to the mapping data (Ecosystems…, 2019), 17,491.26 km^2 of lands, mostly steppe ones, were plowed up with old and new arable lands and multi-aged fallows among them. For example, in the Selenge and Darkhan-Uul aimags the plowed lands increased twice by 2015 in comparison to 1990 (5538.86 km^2 and 2750.95 km^2; fig. 5 a, b).

Plowing activities totally destroyed a natural vegetation cover of ecosystems and made soil and biocenosis-forming processes develop anthropogenically. The main diagnostic signs of soil degradation in the strongly disturbed dry lands are dehumification, fine-grained sediment loss in the plough layers, and sandiness intensification in the surface layers. Extent of these processes in every type of chestnut soil depends on the location of plowed fallow lands in different landscapes, and can be determined by lithological soils composition and their disposition in relation to the wind regime. The most significant signs of dehumification (up to 50-60%) and fine-grained sediment loss (up to 40-50%) are common for ecosystems with chestnut soils of light particle size distribution (i.e. sandy and sandy-loam) in the landscapes of moderately dry steppes. Moreover, all rubbly soils differ by the "gammadisation" of their surface, which decreases water potential of the landscapes of dry steppes (Nyamsambuu, 2004; Khadbaatar, 2010; Bazha et al., 2018).

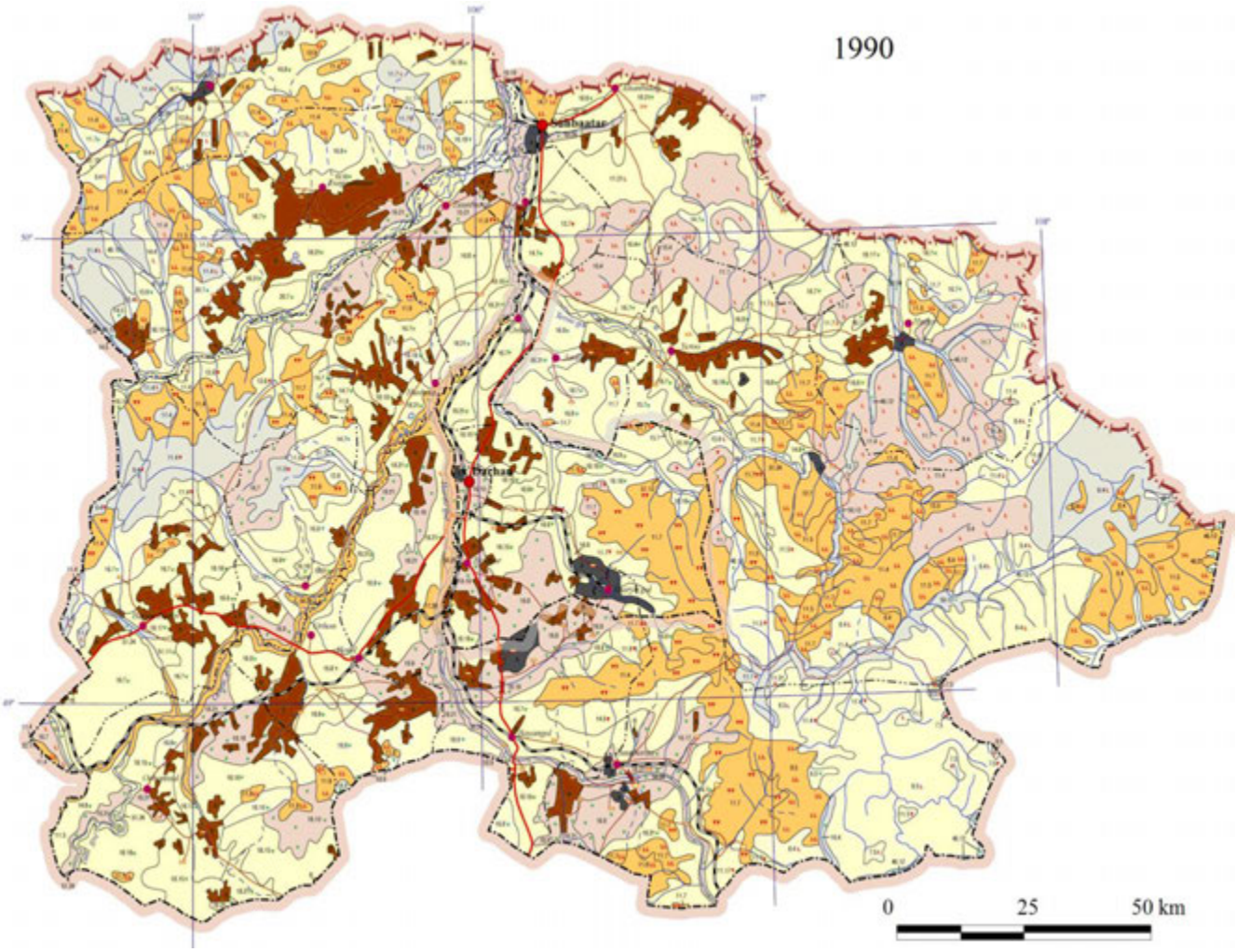


Fig. 5 a. Map of anthropogenic disturbance of the Selenge and Darhan-Uul aimags ecosystems in 1990. *Legend:* brown − arable land, gray − settlements and mining activities (Ecosystems …, 2019).

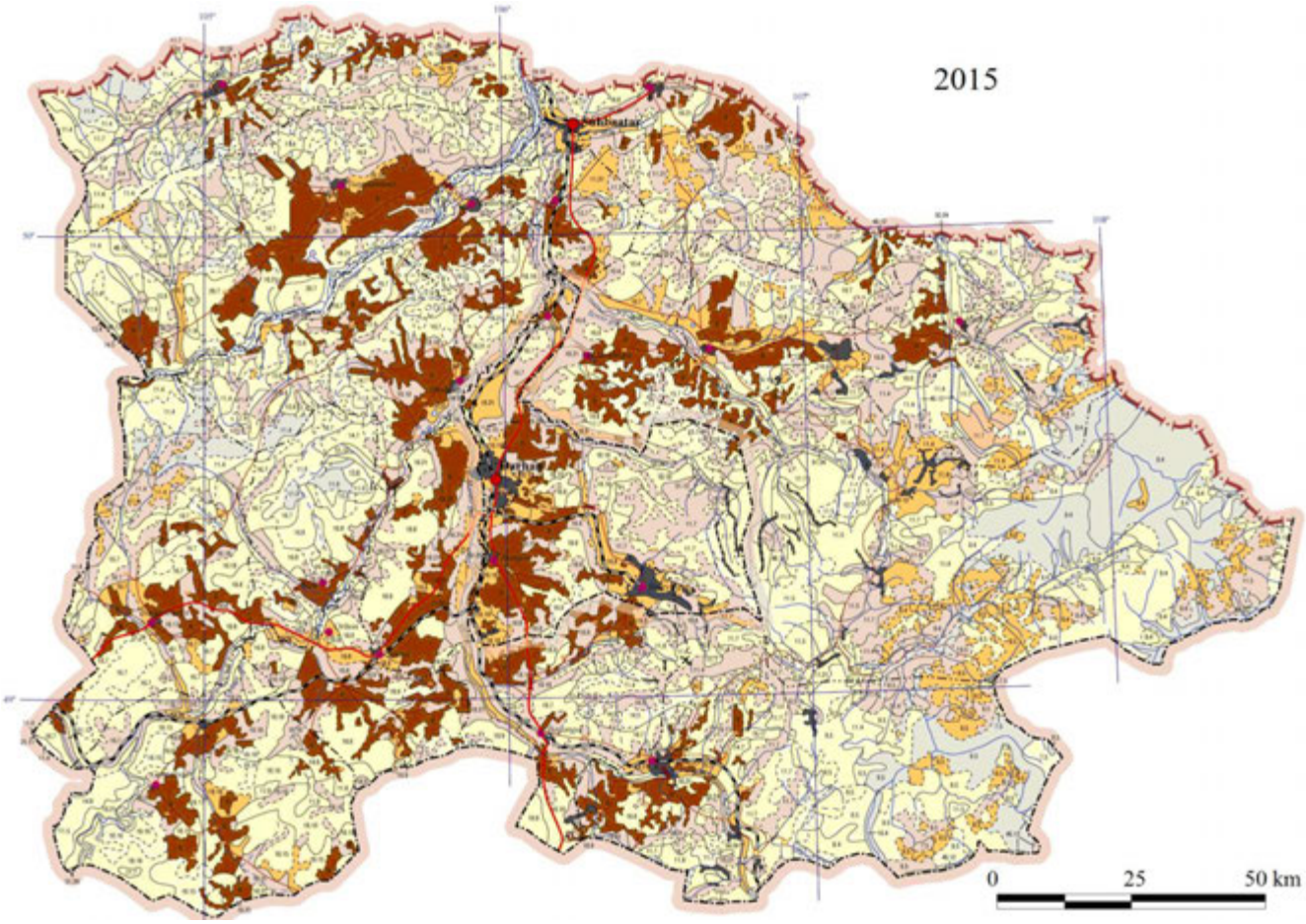


Fig. 5 b. Map of anthropogenic disturbance of the Selenge and Darhan-Uul aimags ecosystems in 2015. *Legend:* brown − arable land, gray − settlements and mining activities (Ecosystems …, 2019).

Those old fallows which have enough available forage are often used for livestock grazing, which in its turn also interferes with the normal restoration of zonal vegetation. In recent years the fallow lands are being used again as intended. Moreover, the new available lands are being plowed in steppe valleys of the forest-steppe belt.

During the study period the areas of *industrial* ecosystems grew by 11.5%. Numerous small gold mining sites appeared in Khentii, Khangai, and other mountainous territories, as well as in river valleys and desert hummocks (Kosheleva et al., 2015; Kasimov et al., 2016). The most abundant mining sites were found in the Selenge aimag, as shown on the maps of anthropogenic disturbance (fig. 5 a, b). The large coal deposits have been developed in the south and other regions of Mongolia, the sites of iron and polymetallic ores mining have been expanded, and the large oil production is developing in the east (photo 5).

The growth of urban population had inevitably caused expansion of residential territories. It is especially noticeable around large industrial centers, where the main internal migration was heading: the territory of Ulaanbaatar expanded more than twice (from 414.2 to 903.6 km^2), Darkhan − more than 8 times (from 6.7 to 65.8 km^2), Erdenet (plus adjoining mining sites for polymetallic ores and related activities) − more than 10 times (from 8 to 81 km^2; photo 6). Territories of some aimag centers had noticeably increased: Murun, Bulgan, Altai, Bayanhongor, Zuunmod, Choir, Dalandzadgad, and others.

The table 5 shows relative data for the areas of zonal natural ecosystems for Mongolia in total; they are differentiated by the level of their anthropogenic disturbance, according to the mapping of 1990 and 2017.

Photo 4. Narrow forest-steppe intermountain valleys are plowed up for cereal (Selenge aimag).

Photo 5. Industrial ecosystem (abandoned coal mine) in the Dundgovi aimag.

Forest ecosystems are an integral part of natural-territorial complexes of Mongolia, as the forest industry plays a significant role in the country economics.

Since 1990 the total forest area has decreased by 0.58% (from 118,629.58 to 117,938.30 km^2), mostly due to the new anthropogenic structures, and partially due to the cutting and severe fires (photo 7).

Forest fires are the main reason of native forest destruction and transformation of the forest ecosystems' composition, however the dynamic trends of forest condition are ambiguous. The area of strongly disturbed forest ecosystems decreased, which can be explained primarily by the fact that forests, destroyed in the past on vast territories and replaced with burned-out forests sites or just severely damaged by fires, had mostly restored by 2017. Thus, the secondary small-leaved

(consisting mostly of *Betula pendula*[1]) and mixed forests appeared in the west and middle-mountains of Khentii, in the mountains east of Khentii and in the east and northwest of Khangai; while in the center, west and north of Khangai and central Khentii the native coniferous species (*Larix sibirica, Pinus sibirica*) started to restore (Dorzhsuren, 2009; Dulamsuren et al., 2010; Yarmishko et al., 2010; Danilin, Tsogt, 2012; Tushigmaa, 2012; Zoyoo, 2013; Undraa et al., 2015; photo 8-10). Recently the main seats of forest fires have moved to the east of Khuvsugul Region, into the northwest of Khentii and to the ridges adjoining Russian territory: Buteeliin, Dzhidinsky, Baldzhinsky, Eren Daba, etc. There the native larch and pine forests burn together with the secondary small-leaved ones. On the early stage self-restoration of these forests goes through a long and derivative small-leaved and shrubby successions with *Prunus pedunculata, P. sibirica, Spiraea aquilegifolia, S. media, Betula fruticosa, Dasiphora fruticosa,* and others (Bazha et al., 2019; photo 11). By 2017 the areas of slightly disturbed Mongolian forests reduced by 5.2%, but forests with moderate anthropogenic disturbance increased by 13.2%. The strongly disturbed forest ecosystems decreased by 8% due to the reducing areas of cutting, severe fires, natural self-restoration of the previously burnt forests and amounts of wood harvesting.

Photo 6. New districts of Ulaanbaatar city.

To obtain objective qualitative and quantitative data about reducing areas of the native coniferous forest and their replacement with derivative one, another thorough study is needed, since we monitored the ecosystems only within the separate types that we recorded in 1989.

Assessment of *forest-steppe* ecosystems is integral. The condition of a natural combination of forest massifs and steppes can be opposite; forests can be burnt out, or replaced by secondary ones, or cut down,

[1] Latin names are given according to "The Global Biodiversity Information Facility" (2001).

or destroyed by insects, while steppes can be in a background state; or, on the contrary, forests can be intact, while steppes can be heavily overgrazed. The assessment of the anthropogenic disturbance level in the forest-steppe ecosystems shows that the slightly disturbed ecosystems decreased by 16.7%, while the moderately and severely disturbed ones increased by 4 and 7% respectively. The total area of forest-steppe decreased by 10% for the same reasons as the forest area. Constant livestock grazing on the burned forest areas led to the complete disappearance of some small islands of forests on the southern periphery of the forest-steppe belt (Khishigjargal et al., 2013; photo 12).

Table 5. Percentage ratio between areas of zonal-belt ecosystems' groups of Mongolia by the degree of their anthropogenic disturbance: 1 – weak, 2 – medium, 3 – strong (% of the country's area).

Zonal-belt ecosystems groups	**1990**					**2017**				
	Area									
	Total		**by the rate of its anthropogenic disturbance**			**Total**		**by the rate of its anthropogenic disturbance**		
	km^2	**%**	**1**	**2**	**3**	**km^2**	**%**	**1**	**2**	**3**
Highland	56697.37	3.62	3.32	0.28	0.02	56453.91	3.61	3.30	0.27	0.04
Forest	118629.58	7.59	4.89	0.83	1.87	117938.30	7.54	4.46	1.82	1.26
Forest-Steppe	52199.45	3.33	2.06	1.12	0.15	49669.34	3.17	1.53	1.26	0.38
Steppe, including:	865847.48	55.35	38.64	14.26	2.45	863576.30	55.21	24.96	23.20	7.04
highland steppe	20231.14	1.29	1.15	0.13	0.01	20222.70	1.29	0.94	0.30	0.05
meadow steppe	110562.35	7.07	4.11	2.52	0.44	109046.75	6.97	2.87	3.39	0.72
moderately dry steppe	185714.02	11.87	7.11	3.79	0.98	183531.32	11.73	4.37	5.25	2.11
dry steppe	237065.21	15.16	10.89	3.63	0.64	236556.47	15.12	5.56	6.82	2.74
deserted steppe	139376.35	8.91	6.62	2.02	0.26	141182.89	9.03	3.79	4.24	1.00
desert steppe	172878.41	11.05	8.76	2.17	0.12	173034.17	11.06	7.43	3.20	0.43
Deserts, including:	307371.68	19.65	17.65	1.94	0.06	307285.35	19.64	17.49	2.06	0.09
steppe deserts	128586.96	8.22	6.48	1.68	0.06	128539.55	8.22	6.52	1.63	0.07
south deserts	123296.31	7.88	7.61	0.27	0.00	123169.11	7.87	7.41	0.45	0.01
extremely arid deserts	55488.41	3.55	3.55	0.00	0.00	55576.69	3.55	3.54	0.01	0.00
Hydromorphic	124007.8	7.93	3.92	3.13	0.88	122751.03	7.84	2.84	2.47	2.53
Total for Mongolia	1524753.36	97.5	70.5	21.6	5.4	1517674.23	97.0	54.6	31.1	11.3

The areas and state of *highland* ecosystems did not change much; its total area decreased by 0.55% or 243.46 km^2. The area of severely disturbed ecosystems increased the same way, primarily due to the decreasing highland ecosystems with a slight anthropogenic disturbance. More and more livestock started grazing on the highland pastures of Khangai and Mongolian Altai, mostly on the mountain

meadows (with Kobresia, sedge, mixed-grass-cereals) and mountain-tundra forests with dwarf birch and sedge-Kobresia (Ogureeva et al., 2012; Ogureeva, 2015; photo 13).

Photo 7. Felling of a burned larch forest (Bulgan aimag).

Photo 8. Secondary birch forest (*Betula pendula*) on the site of a burnt pinery (Selenge aimag).

Steppes are the most important natural ecosystems for the economy of Mongolia because they are the primary fodder source of the main branch of local agriculture, i.e. livestock grazing. Despite the fact that from 1990 to 2017 the total steppes area decreased just slightly, only by 0.27%, the ratio between steppe ecosystems with various levels of anthropogenic disturbance changed a lot. The slightly disturbed steppes

decreased by 35.3%, while the moderately disturbed ones increased by 63%. The heavily disturbed areas expanded almost 3 times up to 60,795.77 km^2. These changes are registered for all regions and for all zonal-belt groups of steppe ecosystems (table 6). The strongest negative transformations of pastures are registered for the most valuable fodder steppes (moderately dry, dry, and deserted), which cover 36% of the Mongolian territory. The average reduction of the slightly disturbed steppe ecosystems is 22.4%. The highly disturbed area increased by 7%, the moderately disturbed one − by 15.4%.

Photo 9. Grassy pine forest after a wildfire (Selenge aimag).

Photo 10. Scorched remains in a place of a burnt and cut down pseudo-taiga larch forest (Arkhangai aimag).

Photo 11. Recovering shrub succession of *Prunus sibirica* on the site of a burnt pinery (Selenge aimag).

Photo 12. Mountain forest-steppe (Bulgana aimag).

The main form of steppe degradation is pasture digression caused by excessive pasture loads, which are the result of uncontrollably growing numbers of livestock, increasing sizes of herds, and minimization of their species composition, as well as disturbance of the traditional and time-tested system of pasture usage. However, even the slight loads show signs of degradation when vitality of the main cenosis-forming steppe species gets suppressed: *Agropyron cristatum, Achnatherum sibiricum, Agrostis vinealis, Carex pediformis, Cleistogenes squarrosa, Festuca lenensis, F. sibirica,*

Helictochloa hookeri, Koeleria macrantha, K. glauca, Poa attenuata, Stipa baicalensis, S. krylovii, *S. tianschanica, S. Caucasica,* etc. The moderate loads cause changes in the dominant species composition, decrease of phytocenotic features (such as species composition, projective cover, productivity), while the strong and very strong ones create transformed, depleted and mono-dominant communities with low numbers of species, shaped by invasive and digressively active species: *Allium polyrhizum, Artemisia anethifolia, A. adamsii, A. frigida, A. laciniata, Carex duriuscula, Chenopodium acuminatum, Ephedra sinica, Peganum nigellastrum, Potentilla cinerea, Sibbaldianthe bifurca, Thermopsis lanceolata, Iris lacteal,* etc. (Danzhalova, 2008; Gunin et al., 2012; Ariunbold, 2014; Tuvshintogtokh, 2014; Bazha et al., 2015; Kazantseva et al., 2015; Urtnasan, Lyubarskiy, 2015; Safronova, Narantuya, 2016; Petukhov et al., 2018; Structute …, 2018; photo 14, 15).

Photo 13. Alpine Kobresia pasture (Arkhangai aimag).

Significant destructive transformations of pasture ecosystems are registered in the steppe zone, steppe and forest-steppe belts of Central Mongolia (Bulgan, Orkhon, Selenge, Darkhan-Uul, Ovorkhangai, Tuv, Khentii, and Dundgovi aimags), in the valleys, intermountain hollows and plateaus of Khangai and Gobi-Altai and in the west of Mongolian Altai, as well as on the steppe pastures (including desert steppes) of the Great Lakes Depression and the Valley of Lakes. The areas of heavily overgrazed pastures around aimag centers grew significantly bigger, as well as ones that were moderately and strongly degraded due to the pasture overloads in the highland steppe pastures of Khangai and Gobi-Altai (photo 16).

The largest degradation is recorded for steppe pastures (meadow, moderately dry, dry, and deserted). Psammophytic steppes are the most overgrazed due to livestock grazing and mechanical activities (photo 17, 18). In Mongolia these steppes occupy about 3.5% of the area covered with steppe plants. According to the mapping data, by 2017 the area of highly disturbed steppes of this kind increased by 8.6 times (up to 6,817 km^2) in comparison with 1990, and the moderately disturbed grew by 12%.

The highland and meadow steppes have similar dynamics of anthropogenic disturbance. The areas of slightly disturbed steppes decreased by 16-17%, the moderately disturbed increased by 12.5-13%, and

strongly disturbed grew by 3-4.5%. It means that pasture digression moves into the upper mountain belts.

Table 6. Changes in anthropogenic disturbance of steppe ecosystems since 1990 to 2017.

Zonal-belt ecosystems groups	Anthropogenic disturbance rate (% of the total area of zonal-belt groups)		
	Weak	Medium	Strong
highland steppe	-16.2	+13.1	+3.1
meadow steppe	-16.9	+12.6	+4.3
moderately dry steppe	-22.9	+13.1	+9.8
dry steppe	-34.2	+20.1	+14.1
deserted steppe	-32.3	+24.2	+8.1
desert steppe	-12.1	+9.3	+2.8

Photo 14. Degraded pasture with a monodominant plant community of *Artemisia frigida* (Selenge aimag).

Desert steppes did not undergo any significant destructive changes, and some of the desert-steppe pastures even started to restore due to the pasture loads being reduced.

Level of anthropogenic disturbance of *desert* ecosystems did not change much (photo 19). The area of the slightly disturbed deserts decreased by 0.8%, the area of the moderately and strongly disturbed ones increased by 0.6 and 0.2% respectively. The negative changes in the deserts condition are mostly caused by the large mining sites, and therefore by high demand of livestock products and cattle constantly gathering on pastures around the mining sites.

Hydromorphic ecosystems combine some groups of ecosystems, the functioning of which is related to the leading role of high moisture (soil moisture accumulated seasonal, floodplain, stagnant, etc.). Trends of changes in the level of anthropogenic disturbance in various hydromorphic ecosystems of

mountains and plains (meadow, trees and shrubs, solonchaks, saline soils) are similar. The slightly and moderately disturbed ones decreased by 13.2 and 8.0%, the strongly disturbed ones decreased significantly by 21.2%, mostly due to the growing pasture load on the hydromorphic ecosystems of the river valleys (Zoyoo et al., 2014).

Photo 15. Extremely overgrazed dry steppe with *Artemisia adamsii* (Central aimag).

Photo 16. Strong pasture digression of psammophytic desert steppe (Omnogovi aimag).

Ecosystems monitoring on the key sites. The large-scale studies of ecosystems on the key sites, somons, and model testing plots in various natural regions of Mongolia under impact of different anthropogenic factors are highly important to understand the ways these factors affect various terrestrial ecosystems, and to thoroughly study their degradation dynamics. One of these territories is a "Shamar" key site (52.7 km^2) located in the Selenge aimag, which borders Russian territory. The site is interesting for a detailed study of how a replacement of native pine forests with derivative ones and shrubs successions goes.

Photo 17. Psammophytic steppe with strong pasture digression and water erosion (Selenge aimag).

Photo 18. Dry psammophytic steppe degraded by overgrazing (Bulgan aimag).

Photo 19. North deserts ecosystems (Omnogovi aimag).

Over the study territory we have classified 42 natural and 3 anthropogenic ecosystems (fig. 6). In its northwestern part sand dunes are occupied with pine forests on the weak sandy soils common for pine forests. To east and south the dunes are replaced by the gentle wavy plains with sparse pine forests and meadow steppes on the dark-chestnut soils, and sometimes the old fallows can be found. Further to the east the gentle hilly plains are covered with secondary grassy birch forests and aspen forests with old, sparsely standing pine trees on the dark-chestnut soils. Above 900 m on the granites eluvium the rubbly dark-chestnut soils have formed under the mixed-grass-cereals steppe apricot forests with the remains of dead pine trunks. Below, on the northwestern aspect a mass of loess-like pure sandy loams with thick and well-developed cover of *Prunus sibirica*.

According to the data from that key spot, the flat areas, which were covered with pine forest before the fires, usually restore their forests, but the native species change (pine is replaced with birch and aspen), and mountain slopes viewing the Selenge River valley and intermountain hollows turn into shrubs formed by *Prunus sibirica*, which do not allow pine to restore. The evidence of the previously widespread pine forests are the survived fragments of apricot pine forests or apricot forests with sparse pine trees. An important sign of expanding apricot area is this species' intrusion and successful development in the forest communities on the slopes with northern aspect (Bazha et al., 2018).

As the results showed, the slightly disturbed ecosystems occupy about 24.1% of the key spot area, moderately disturbed occupy 19.87%, strongly disturbed − 41.54%, and very strongly disturbed − 14.5% (fig. 6). This knowledge helped a lot to improve the methods to assess ecosystems condition, as well as to carry out the monitoring and small-scale mapping of the current ecosystems condition in Mongolian aimags.

Conclusions

Compilation of the "Ecosystems of Mongolia" atlas (2019) was a natural mapping result of a big phase in the long-term studies of the terrestrial natural ecosystems of Mongolia, carried out by the Russian and Mongolian researchers as part of the CRMCBE Scientific Program.

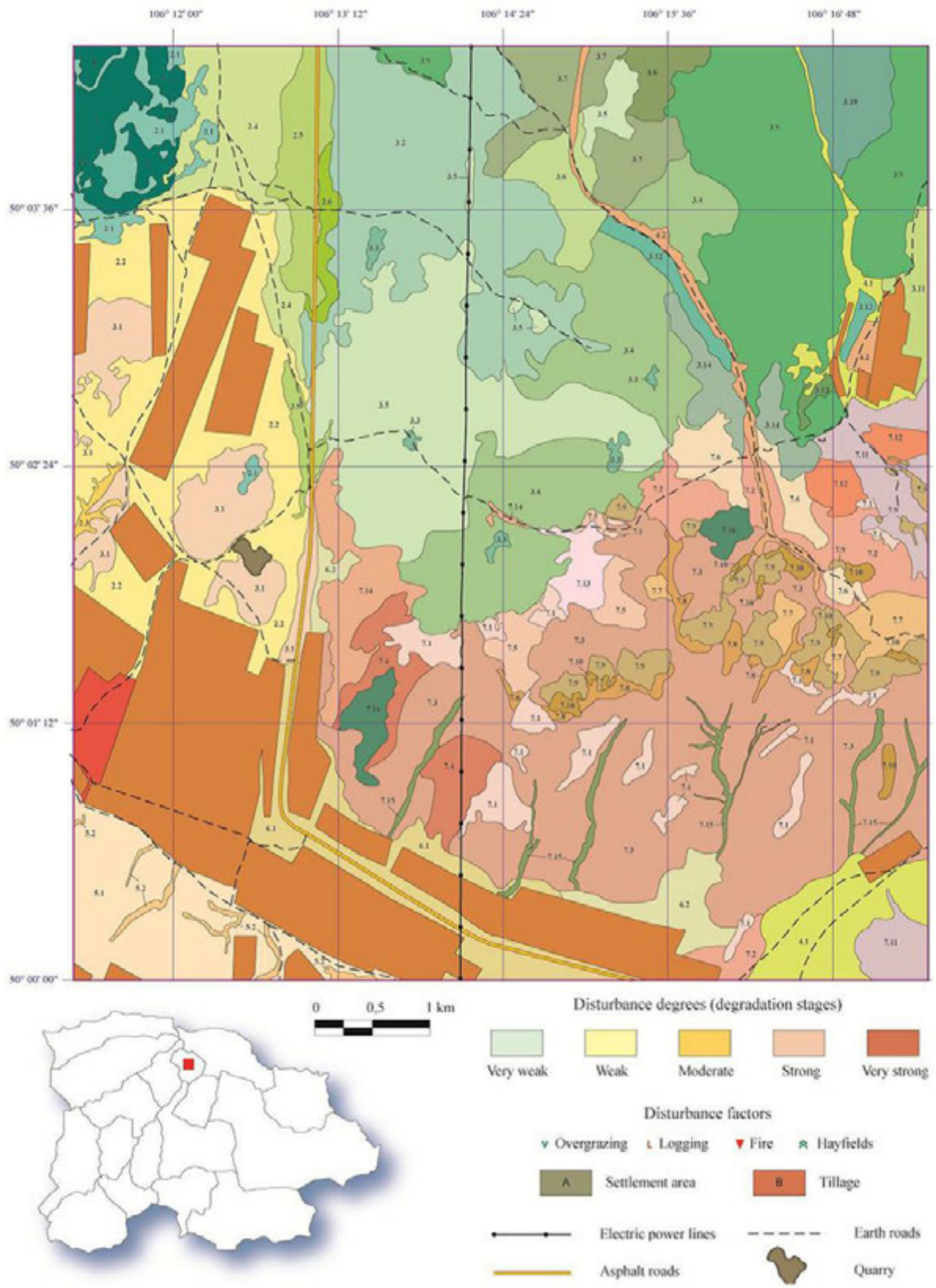


Fig. 6 a. Map of the "Shamar" key plot ecosystems in 2014 (Ecosystems ..., 2019).

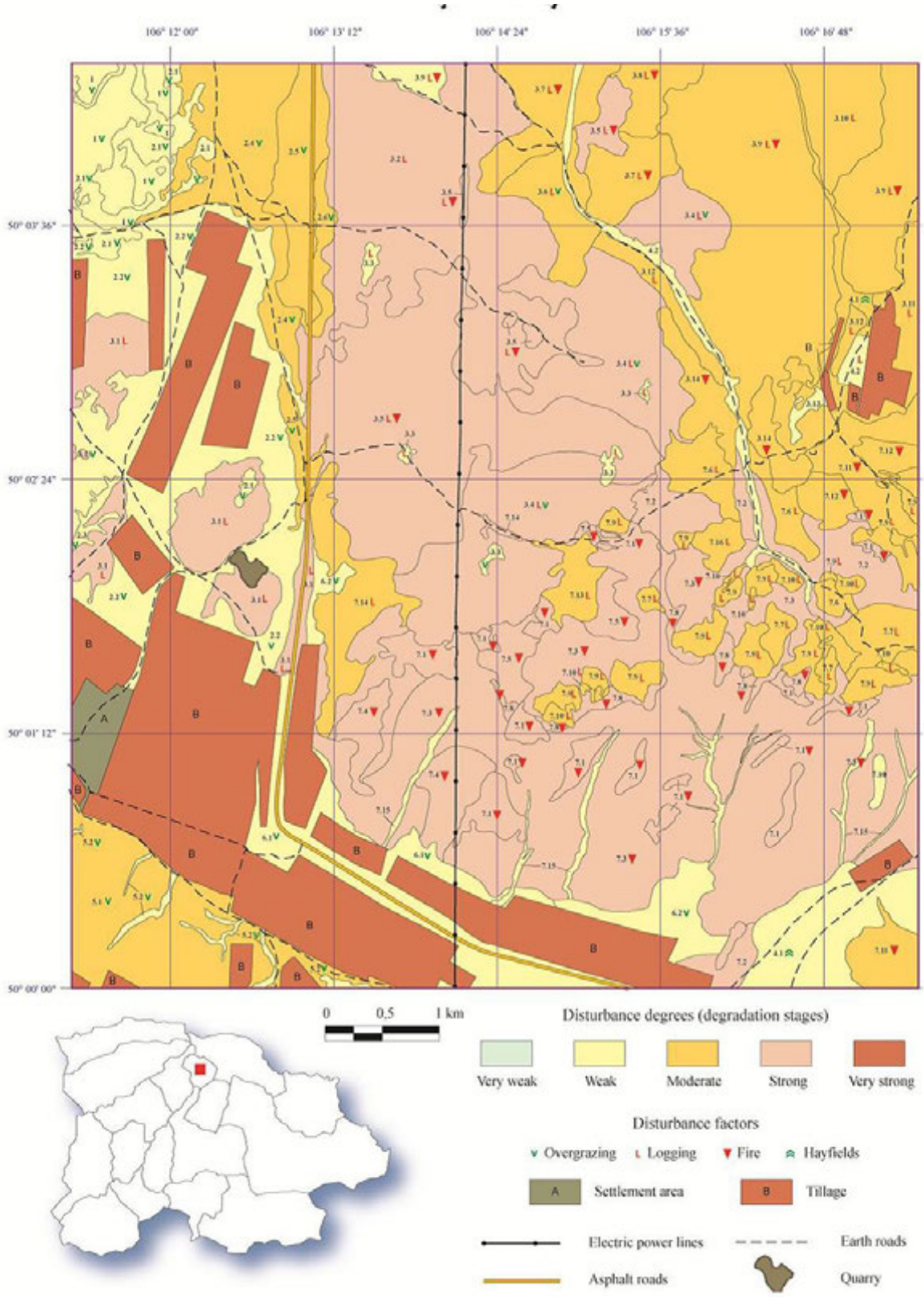


Fig. 6 b. Map of the anthropogenic disturbance of the "Shamar" key plot ecosystems in 2014 (Ecosystems ..., 2019).

Among other things, it summed up the works on inventory of ecosystems and monitoring of their condition carried out 25-27 years after the first similar researches were done. As a result, the main anthropogenic factors that affected ecosystems negatively up to their total degradation, were determined; the scale of anthropogenic disturbances was established, and the areas and location of natural ecosystems with different disturbance levels and anthropogenic ecosystems were identified.

The comparative analysis of the ecosystems conditions in 1989-1990 (Ecosystems ..., 1995) and 2017 (Ecosystems ..., 2019) carried out on the basis of the field and calculation data, unequivocally shows that degradation processes became stronger in the terrestrial natural ecosystems of Mongolia for the period said. The areas of background and mildly disturbed ecosystems decreased mostly by 1/3, the moderately disturbed ones increased by 44%, and the strongly and very strongly disturbed ones increased more than twice. The same picture can be seen in the ecosystems suitable for pastures; their total area decreased only by 0.4%, however, the amount of mildly disturbed ones reduced almost by 1/4, of moderately disturbed − more than by 43%, and the strongly disturbed increased almost three times, or by 188%.

The main reasons of anthropogenic disturbance in ecosystems are as follows:

- pasture digression that is still progressing since 1990 and has grown stronger over more than 1/3 of the country,
- forest wildfires that destroyed about half of the native coniferous forests by 2017, which now are mostly replaced by the secondary small-leaved trees,
- spread of anthropogenic ecosystems at the expense of total destruction of the natural complex, made of soil and vegetation cover, microrelief (and sometimes mesorelief), and zoocenoses.

By 2017 the area of anthropogenic ecosystems took 1.68% of Mongolian territory, therefore growing by 40% since 1990. The area of plowed lands (arable lands and multiple-aged fallows) increased more than by half, now covering 1.12% of the country territory; while the industrial (developed mining areas, industrial facilities) and residential ecosystems occupy 0.56% or 8.8 thousand km^2. Moreover, the network of asphalt and spontaneous dirt roads has grown abruptly, although we could not take their area into account due to the scale of our mapping.

The progressing degradation of natural ecosystems was also registered in the special protected natural areas (SPNA), such as nature reserves, national parks, and state wildlife sanctuaries. This degradation is caused not only by forest wildfires, but also by uncontrolled livestock grazing since the laws of Mongolia do not forbid grazing on the territories of the most SPNA.

Pasture digression has especially affected the ecosystems with psammophytic vegetation (of steppe and deserts) located on sandy soils and sands and distributed over 96,008.5 km^2 (which is about 6% of Mongolian territory). Among them the area of the strongly disturbed ones was just 1% in 1990, but grew 8 times by 2017; the area of the moderately disturbed increased by 12%.

Pasture degradation is registered on the vast territory and affects the most important and traditional field of Mongolian economy − livestock grazing. According to the atlas data, the territories with a strong pasture digression, registered in 1989, have mostly become centers for further degradation of pasture ecosystems. The steppe ecosystems of the most populated Mongolian territories had the highest pasture loads: Tuv, Selenge, and Bulgan aimags. The steppe pastures were also highly overloaded in the north of Dundgovi and the south of Khuvsgul aimags, in the valleys of Kherlen and Ider Rivers, the intramontane valleys and hollows of Khangai, Gobi-Altai and southern Mongolian Altai. The semi-desert pastures were digressed the most on the foothill plains of Gobi and Mongolian Altai (in Govi-Altai, Bayankhongor, and Umnugovi aimags), in the north of Dornogovi aimag, in the Valley of Lakes (Bayankhongor aimag), and around lakes of the Great Lake Depression (Khovd and Govi-Altai aimags).

By 2017 the area of strongly disturbed pastures on these territories grew even wider. Severe pasture

digression had spread from intermountain valleys and central parts of hollows into foothill steppe valleys, slopes of low mountains and hummocks, surroundings of every settlement and mining facilities, valleys and nearby steppe slopes of the large rivers, such as Selenge, Delger moron, Ider, Chuluut, Orkhon, Tuul, Kharaa, Yoroo, Kherlen, Khovd, Tes, Zavkhan, and Khungui.

The information of the "Ecosystems of Mongolia" atlas (2019) helps with assessing risks for the natural-territorial complexes and economy of Mongolia caused by modern forms, methods, and amounts of anthropogenic impact that natural ecosystems have to endure. The atlas allows us to make all the necessary calculations to plan the nature protection events, while taking into account already identified trends of changes in the ecosystems, as well as to develop some economic projects for nature protection. The information in the atlas can be useful for administrative, projecting, and nature protection structures of Mongolia, for industrial and social organizations.

The atlas clearly shows versatility and scale of the long-term scientific researches carried out by the research team of Russian-Mongolian Complex Biological Expedition of the Russian Academy of Sciences and Mongolian Academy of Sciences. It is meant to be used by a wide variety of people, including researchers who study the nature of Mongolia, Inner Asia, and Southern Siberia, geographers working in different areas, botanists, zoologists, soil scientists, ecologists, economists, and specialists of nature protection.

REFERENCES

Altrell D. 2019. Multipurpose National Forest Inventory in Mongolia, 2014-2017. A Tool to Support Sustainable Forest Management // Geography, Environment, Sustainability. Vol. 12. No. 3. P. 167-183.

Ariunbold E. 2014. Dynamics of Plant Communities in the Dry Steppes of Middle Khalkha (Bayan-Undzhul, Mongolia). Synopsis to the Thesis for PhD in Biology. Saint-Petersburg. 21 p. [in Russian; *Ариунболд Э.* 2014. Динамика растительных сообществ сухих степей Средней Халхи (сомон Баян-Унджул, Монголия): Автореф. дисс. …канд. биол. наук. С-Пб. 21 с.]

Bazha S.N., Baskhaeva T.G., Gunin P.D., Danzhalova E.V., Drobyshev Yu.I., Dugarzhav Ch. 2019. Main Types of Deforestation in the Forest-Steppe Landscapes on the Southern Border of Boreal Forests in Mongolia // Forest Herald. Vol. 23. No. 2. P. 45-54. [in Russian; *Бажа С.Н., Басхаева Т.Г., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Дугаржав Ч.* 2019. Основные пути обезлесения лесостепных ландшафтов на южной границе бореальных лесов в Монголии // Лесной вестник. Т. 23. № 2. С. 45-54.]

Bazha S.N., Danzhalova E.V., Drobyshev Yu.I., Khadbaatar S. 2018. Transformation of Terrestrial Ecosystems in the Southern Part of the Baikal Basin. Moscow: KMK. 402 p. [in Russian; *Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Хадбаатар С.* 2018. Трансформация наземных экосистем южной части бассейна Байкала. М.: КМК. 402 с.]

Bazha S.N., Gunin P.D., Danzhalova E.V., Drobyshev Yu.I., Kazantseva T.I., Ariunbold E., Myagmarsuren D., Khadbaatar S., Tserenkhand G. 2015. Invasive Successions as the Indicator for Desertification of the Dry Steppes by the Example of Central Mongolia // Russian Journal of Biological Invasions. Vol. 8. No. 3. P. 2-21. [in Russian; *Бажа С.Н., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Казанцева Т.И., Ариунболд Э., Мягмарсурэн Д., Хадбаатар С., Цэрэнханд Г.* 2015. Инвазийные сукцессии как индикатор опустынивания сухих степей на примере Центральной Монголии // Российский журнал биологических инвазий. Т. 8. № 3. С. 2-21.]

Bazha S.N., Vostokova E.A., Gunin P.D., Dugarzhav Ch., Danzhalova E.V., Vorobyov K.A., Prishchepa A.V., Petukhov I.A. 2013. Geoinformational Mapping of Terrestrial Ecosystems in the Selenga Basin by the Example of the Model Plots (Methodical Guidance). Moscow: Rosselkhozacademiya. 109 p. [in Russian; *Бажа С.Н., Востокова Е.А., Гунин П.Д., Дугаржав*

Ч., Данжалова Е.В., Воробьёв К.А., Прищепа А.В., Петухов И.А. 2013. Геоинформационное картографирование наземных экосистем бассейна Селенги на примере модельных участков (методические рекомендации). М.: Россельхозакадемия. 109 с.]

Bogdanov E.A., Klimanova O.A., Gunin P.D. 2019. Natural Background and Anthropogenic Factors for Transformation of Vegetation Cover in the Pasture Landscapes of Central Mongolia // News of the Russian Geographical Society. Vol. 151. Issue 3. P. 55-72. [in Russian; *Богданов Е.А., Климанова О.А., Гунин П.Д.* 2019. Природные предпосылки и антропогенные факторы трансформации растительного покрова в пастбищных ландшафтах Центральной Монголии // Известия РГО. Т. 151. Вып. 3. С. 55-72.]

Danilin I.M., Tsogt Z. 2012. Patterns of Structure, Growth and Biological Productivity of Larch Forests after Fires and Recovery Successions after Felling in the Southern Parts of Boreal Forests Distribution in Eurasia // Socio-Economic and Ecological Problems and Prospects of International Cooperation of Russia-China-Mongolia. Chita: ChIPR SB RAS. P. 142-148. [in Russian; *Данилин И.М., Цогт З.* 2012. Закономерности строения, роста и биологической продуктивности лиственничников послепожарных и послерубочных восстановительных сукцессий на южных пределах распространения бореальных лесов Евразии // Социально-экономические и экологические проблемы и перспективы международного сотрудничества России-Китая-Монголии. Чита: ЧИПР СО РАН. С. 142-148.]

Danzhalova E.V. 2008. Pasture Digression of Plant Communities of Steppe Ecosystems in Central Mongolia. Synopsis to the Thesis for PhD in Biology. Moscow. 27 p. [in Russian; *Данжалова Е.В.* 2008. Пастбищная дигрессия растительных сообществ степных экосистем Центральной Монголии. Автореф. дисс. …к.б.н. Москва. 27 с.]

Dorjsuren Ch. 2009. Anthropogenic Successions in the Larch Forests of Mongolia. Moscow: Izdatelstvo Rosselkhozacademii. 260 p. [in Russian; *Доржсурэн Ч.* 2009. Антропогенные сукцессии в лиственничных лесах Монголии. М.: Изд-во Россельхозакадемии. 260 с.]

Dulamsuren Ch., Hauck M., Khishigjargal M., Leuschner H., Leuschner C. 2010. Diverging Climate Trends in Mongolian Taiga Forests Influence Growth and Regeneration of *Larix sibirica* // Oecologia. No. 163. P. 1091-1102.

Dulamsuren D., Kim J.P., Chun J.A., Lee W.S. 2015. Long-Term Trends in Daily Temperature Extremes over Mongolia // Weather and Climate Extremes. No. 8. P. 26-33.

Ecosystems of Mongolia. Atlas. 2005. Moscow. 48 p.

Ecosystems of Mongolia. Atlas. 2019. Moscow-Ulaanbaatar: Admon Press. 262 p.

Ecosystems of Mongolia. Map. 1995. Scale 1:1000000. Moscow: EKOR. 15 sh.

Fujita N., Amartuvshin N., Ariunbold E. 2013. Annual Production and Species Diversity of Mongolian Pasture Plants in Relation to Grazing Pressure by Livestock // The Mongolian Ecosystems Network: Environmental Issues under Climate and Social Changes. P. 131-143.

Gunin P.D., Bazha S.N., Danzhalova Ye.V., Dmitriyev I.A., Drobyshev Yu.I., Kazantseva T.I., Miklyayeva I. M., Ogureyeva G.N., Slemnev N.N., Titova S.V., Ariunbold E., Battseren TS., Zhargalsaykhan L. 2012. Expansion of *Ephedra sinica* Stapf. in the Arid Steppe Ecosystems of Eastern and Central Mongolia // Arid Ecosystems. Vol. 2. No 1. P. 18-33.

Gunin P.D., Bazha S.N., Danzhalova E.V., Drobyshev Yu.I., Ivanov L.A., Ivanova L.A., Kazantseva T.I., Migalina S.V., Miklyayeva I.M., Ronzhina D.A., Ariunbold E., Khadbaatar S., Tsooj Sh., Tserenkhand G. 2015. Regional Features of Desertification Processes of Ecosystems on the Border of the Baikal Basin and Central Asian Internal Drainage Basin // Arid Ecosystems. Vol. 5. No. 3. P. 117-133.

Gunin P.D., Enkh-Amgalan S., Ganbold E., Danzhalova E.V., Bayasgalan D., Tserenkhand G., Golovanov D.L., Petukhov I.A., Drobyshev Yu.I., Kontsov S.V., Bazha S.N., Andreev A.V.,

Khadbaatar S., Ariunbold E., Purevzhav G. 2009. Features of Degradation and Desertification of Pasture Ecosystems of Mongolia (by an Example of Dundgovi Aimag) // Botanikiin khureelengiin erdem shinjilgeenii buteel. No. 21. P. 104-128. [in Russian; *Гунин П.Д., Энх-Амгалан С., Ганболд Э., Данжалова Е.В., Баясгалан Д., Цэрэнханд Г., Голованов Д.Л., Петухов И.А., Дробышев Ю.И., Концов С.В., Бажа С.Н., Андреев А.В., Хадбаатар С., Ариунболд Э., Пурэвжав Г.* 2009. Особенности деградации и опустынивания пастбищных экосистем Монголии (на примере Среднегобийского аймака) // Ботаникийн хурээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бутээл. № 21. С. 104-128.]

Gunin P.D., Miklyaeva I.M., Bazha S.N., Slemnev N.N., Cherdonova V.A. 2003. Features of Degradation and Desertification of Plant Communities of Forest-Steppe and Steppe Ecosystems of Southern Baikal Region // Arid Ecosystems. Vol. 9. No. 19-20. P. 7-21. [in Russian; *Гунин П.Д., Микляева И.М., Бажа С.Н., Слемнев Н.Н., Чердонова В.А.* 2003. Особенности деградации и опустынивания растительных сообществ лесостепных и степных экосистем южного Забайкалья // Аридные экосистемы. Т. 9. № 19-20. С. 7-21.]

Kasimov N., Kosheleva N., Gunin P., Korlyakov I., Sorokina O., Timofeev I. 2016. State of the Environment of Urban and Mining Areas in the Selenga Transboundary River Basin (Mongolia, Russia) // Environmental Earth Sciences. Vol. 75. No. 18. P. 1283-1286.

Kazantseva T.I., Bazha S.N., Gunin P.D., Danzhalova E.V., Dedkov V.P., Drobyshev Yu.I., Dugarzhav Ch., Khadbaatar S. 2015. Long-term Dynamics of Plant Communities of Dry and Desert Steppes of Central Mongolia (by an Example of Övörkhangai Aimag) // Botanical Journal. Vol. 100. No. 3. P. 249-270. [in Russian; *Казанцева Т.И., Бажа С.Н., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Дедков В.П., Дробышев Ю.И., Дугаржав Ч., Хадбаатар С.* 2015. Многолетняя динамика растительных сообществ сухих и пустынных степей Центральной Монголии (на примере Увэрхангайского аймака) // Ботанический журнал. Т. 100. № 3. С. 249-270.]

Khadbaatar S. 2010. Landscape and Ecological Features of Drylands Degradation in the Central Part of the Selenga Basin. Synopsis to the Thesis for PhD in Geography. Moscow. 26 p. [in Russian; *Хадбаатар С.* 2010. Ландшафтно-экологические особенности деградации богарных земель центральной части бассейна Селенги. Автореф. дисс. … к.г.н. Москва. 26 с.]

Khishigjargal M., Dulamsuren Ch., Lkhagvadorj D., Leuschner C., Hauck M. 2013. Contrasting Responses of Seedling and Sapling Densities to Livestock Density in the Mongolian Forest-Steppe // Plant Ecology. No. 214. P. 1391-1403.

Kosheleva N., Kasimov N., Timofeev I., Alekseenko A., Enkh-Amgalan S. 2015. Environmental Consequences of Non-Ferrous Metals and Brown Coal Mining in the Selenga Basin [Экологические последствия добычи цветных металлов и бурого угля в бассейне р. Селенги] // Ecosystems of Central Asia under Current Conditions of Socio-Economic Development: Proceedings of the International Conference. Vol. 2. Ulaanbaatar: "Terkhchandmani" Co., Ltd. P. 321-327.

Kozin S.A. 1941. Secret History. Mongolian Chronicle of 1240. Moscow-Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR. 620 p. [in Russian; *Козин С.А.* 1941. Сокровенное сказание. Монгольская хроника 1240 г. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 620 с.]

Lkhagvadorj, D., Hauck, M., Dulamsuren, Ch., Tsogtbaatar, J. 2013. Twenty Years after Decollectivization: Mobile Livestock Husbandry and Its Ecological Impact in the Mongolian Forest-Steppe // Human Ecology. No. 41 (5). P. 725-735.

Methodological Guidelines for Assessing and Mapping of the Current State of Ecosystems. 1989. Ulaanbaatar. 107 p. [in Russian; Методические рекомендации по оценке и картографированию современного состояния экосистем. 1989. Улан-Батор. 107 с.]

NSO (National Statistical Office of Mongolia) 2018. National Report [On-line source https://www.en.nso.mn/ (last access date 05/15/2020)].

Nyamsambuu N. 2004. Wind Erosion of Arable Lands and Its Consequences. Synopsis to the Thesis for PhD in Geography. Ulaanbaatar. 20 p. [in Russian; *Нямсамбуу Н.* 2004. Ветровая эрозия пахотных почв и ее последствия. Автореф. дисс. …к.г.н. Улан-Батор. 20 с.]

Nyamtseren M., Feng Q., Deo R. 2018. A Comparative Study of Temperature and Precipitation-Based Aridity Indices and Their Trends in Mongolia // International Journal of Environmental Research and Public Health. No. 12. P 887-899.

Ogureeva G.N. 2015. Structure of the Vegetation Cover of the Granite Massifs of Mongolian Altai [Структура растительного покрова гранитных массивов Монгольского Алтая] // Ecosystems of Central Asia under Current Conditions of Socio-Economic Development: Proceedings of the International Conference. Vol. 1. Ulaanbaatar: "Terkhchandmani" Co., Ltd. P. 182-184.

Ogureeva G.N., Miklyaeva I.M., Bocharnikov M.V. 2012. Current State and Changes Trends of the Mountain Ecosystems of Mongolia // Herald of MSU. Series 5: Geography. No. 5. P. 28-34. [in Russian; *Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Бочарников М.В.* 2012. Современное состояние и тенденции изменения горных экосистем Монголии // Вестник МГУ. Серия 5: География. № 5. С. 28-34.]

Petukhov I.A., Bazha S.N., Danzhalova E.V., Drobyshev Yu.I., Syrtypova S.-Kh.D., Bogdanov E.A., Enkh-Amgalan S., Gunin P.D. 2018. Long-term Dynamics of Pasture Ecosystems Condition in the Ecotone Zone of Dry and Desert Steppes of Central Mongolia (Dundgovi Aimag) // Ecosystems: Ecology and Dynamics. Vol. 2. No. 2. P. 5-39. [in Russian; *Петухов И.А., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Сыртыпова С.-Х.Д., Богданов Е.А., Энх-Амгалан С., Гунин П.Д.* 2018. Многолетняя динамика состояния пастбищных экосистем в экотонной зоне сухих и пустынных степей Центральной Монголии (Среднегобийский аймак) // Экосистемы: экология и динамика. 2018. Т. 2. № 2. С. 5-39.]

Safronova I.N., Narantuyaa N. 2016. On the Current State of Pastures in Zavkhan Aimag (Mongolia) // Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia. No. 15. P. 34-37. [in Russian; *Сафронова И.Н., Нарантуяа Н.* 2016. О современном состоянии пастбищ в Завханском аймаке (Монголия) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. № 15. С. 34-37.]

Structure and Dynamics of the Steppe Ecosystems of Eastern Mongolia (by an example of the Tumentsogt Station). 2018. Moscow: Tovarishchestvo Nauchnykh Izdaniy KMK. 320 p. [in Russian; Структура и динамика степных экосистем Восточной Монголии (на примере стационара Тумэнцогт). 2018. М.: Товарищество научных изданий КМК. 320 с.]

Syrtypova S.-Kh.D., Chultemsuren P. 2015. On Current Trends in the Environment of Mongolia: Socio-Ecological Aspects [О современных тенденциях в природопользовании Монголии: социально-экологические аспекты] // Ecosystems of Central Asia under current conditions of socio-economic development: Proceedings of the International Conference. Vol. 2. Ulaanbaatar: "Terkhchandmani" Co., Ltd, P. 264-267.

The Global Biodiversity Information Facility. 2001 [On-line source https://www.gbif.org/ (last access date 05/15/2020)].

Tong S., Lai Q., Zhang J. 2018. Spatiotemporal Drought Variability on the Mongolian Plateau from 1980-2014 based on the SPEIPM, Intensity Analysis and Hurst Exponent // Science of the Total Environment. No. 615. P. 1557-1565.

Tushigmaa J. 2012. Reforestation Processes in Clearings and Burnt-Out Areas of Pine Forests of Mongolia. Synopsis to the Thesis for PhD in Biology. Saint-Petersburg. 21 p. [in Russian; *Тушигмаа Ж.* 2012. Лесовозобновительные процессы на вырубках и гарях в сосновых лесах Монголии. Автореф. дисс. … к.б.н. СПб. 21 с.]

Tuvshintogtoh I. 2014. Steppe Vegetation of Mongolia. Ulaanbaatar: Bembisan. 610 p. [in Mongolian; *Тувшинтогтох И.* 2014. Монгол орны хээрийн ургамалжил. Улаанбаатар: Бэмбисан. 610 с.]

Undraa M., Kawada K., Dorjsuren C., Kamijo T. 2015. After Fire Regenerative Successions in Larch (*Larix sibirica* Ledeb.) Forests of the Central Khangai in Mongolia // Siberian Forest Journal [Сибирский лесной журнал]. No. 4. P. 40-50.

Urtnasan M., Lyubarskiy E.L. 2015. Pasture Digression in Dry Steppes of the Northern Part of Central Mongolia // Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia. No. 14. P. 115-117. [in Russian; *Уртнасан М., Любарский Е.Л.* 2015. Пастбищная дигрессия в сухих степях северной части Центральной Монголии // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. № 14. С. 115-117.]

Yarmishko V.T., Dugarzhav Ch., Slemnev N.N., Dorzhsuren Ch., Potokin A.F., Tsogt Z., Yarmishko M.A., Zoyoo D. 2010. Modern Recovery and Succession Processes in Larch Forests of Mongolia [Современные возобновительные и сукцессионные процессы в лиственничных лесах Монголии] // Ecological consequences of biosphere processes in the ecotone zone of Southern Siberia and Central Asia: Proceedings of the International Conference. Vol. 1. Ulaanbaatar: Bembi san Publishing House. P. 183-186.

Zhargalsaikhan L. 2008. Dynamics of Pasture Vegetation of the Steppe Ecosystems of Eastern Mongolia. Synopsis to the Thesis for PhD in Biology. Moscow. 27 p. [in Russian; *Жаргалсайхан Л.* 2008. Динамика пастбищной растительности степных экосистем Восточной Монголии. Автореф. дисс. … к.б.н. Москва. 27 с.]

Zhirnov L.V., Gunin P.D., Adyaa Ya., Bazha S.N. 2005. Conservation Strategy for Ungulates in the Arid Territories of Mongolia. Moscow: Rosselkhozacademiya. 327 p. [in Russian; *Жирнов Л.В., Гунин П.Д., Адъяа Я., Бажа С.Н.* 2005. Стратегия сохранения копытных аридных зон Монголии. М.: Россельхозакадемия. 327 с.]

Zoyoo D. 2013. Succession Processes in the Burnout Pine Forests of the Eastern Khuvsugul Region of Mongolia // Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia. No. 12. P. 16-17. [in Russian; *Зоёо Д.* 2013. Сукцессионные процессы на гарях сосновых лесов Восточного Прихубсугулья Монголии // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. № 12. С. 16-17.]

Zoyoo D., Boloneva L.N., Ubugunov L.L., Vishnyakova O.V. 2014. Orkhon golyn tatmyn nugyn bio-büteemjekosistyemiin tölöv baidlyn üzüülelt bolokhni // Mongol orny urgamaljil-2014. Ulaanbaatar. P. 59-62. [in Mongolian; *Зоёо Д., Болонева Л.Н., Убугунов Л.Л., Вишнякова О.В.* 2014. Орхон голын татмын нугын био-бүтээмжэкосистемийн төлөв байдлын үзүүлэлт болохнь // Монгол орны ургамалжил-2014. Улаанбаатар. С. 59-62.]