Васильев О.Д.¹, Чистов С.В.²

ИССЛЕДОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ЛЕСОВ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА: МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

АННОТАЦИЯ

В статье представлены некоторые результаты исследования экологических функций лесов на модельные ландшафты Московской области. Для исследования выбраны ландшафты ледникового и водно-ледникового генезиса в различных физико-географических провинциях Московской области: Верхневолжской низменности, Клинско-Дмитровской гряды, Теплостанской возвышенности, Мещерской низменности. Авторами предложена методика картографической оценки различных экологических функций: средоформирующих и защитных. В качестве базовой единицы оценки экологического потенциала выбрана эпиассоциация [Сочава, 1972]. Эпиассоциация отражает экологическое состояние лесного покрова, так как дает возможность через соотношение коренных, коротко- и длительнопроизводных сообществ определить степень антропогенного воздействия и сохранности экологических функций лесов. В работе проведена оценка ценотического разнообразия лесов модельных ландшафтов, обновлено содержание карты растительности Московской области 1 : 200 000. По космическим снимкам системы Landsat путем вычисления вегетационного индекса были ранжированы эпиассоциации по группам средообразования, а также вычислены величины продуцирования кислорода и годового депонирования углерода лесными эпиассоциациями по методике [Уткин и др., 2003; Варфоломеев, МIRONENKO, 2012]. Наиболее высокие значения продуцирования кислорода присущи мелколиственным лесам с ольхой серой и черной, лещиной и ивой в составе. Были составлены соответствующие карты оценки средоформирующих функций лесов. С помощью привлечения дополнительных картографических и иных источников информации была проведена оценка выполнения эпиассоциациями защитных функций: противоэрозионной, водосберегающей, биостационарной, сохранения видового разнообразия. На основе исследования создана серия сопряженных эколого-географических карт.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экологические функции лесов, ландшафтный комплекс типов леса, дистанционное зондирование лесов, продуцирование кислорода, депонирование углерода, устойчивое развитие.

¹ Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, стр. 1, Москва, Россия.

Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, Кропоткинский переулок, д. 6, Москва, Россия, *e-mail*: vasilyev_vizin@bk.ru

² Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, стр. 1., Москва, Россия, *e-mail*: svchistov@mail.ru

RESEARCHING AND CREATING MAPS OF ECOLOGICAL FUNCTIONS OF FOREST IN MOSCOW REGION: THE METHOD AND RESULTS

ABSTRACT

The article presents some results of the study of the forests ecological functions in Moscow region. The reference landscapes of glacial and water-ice genesis have been chosen in various physico-geographical regions, such as Verkhnevolzhskaya lowland, Klinsko-Dmitrovskaya range, Teplostanskaya Upland, Meshcherskaya lowland.

The authors proposed a method of mapping the evaluation of environmental-forming and protective ecological functions. As a basic unit of assessment, an epiassociation is chosen [Sochava, 1972]. The epiassociation represent the ecological condition of the forest cover, as it gives the possibility of using the ratio of indigenous, short- and long-term communities to determine the extent of human impact and preservation of forest ecological functions.

The article presents an estimation of the forests cenotic variety for reference landscapes in Moscow region. The authors have also updated the vegetation map of the Moscow region (scale 1 : 200 000). The epiassociation were ranked by groups of environmental-forming ability using the Landsat satellite data. The values of production of oxygen and annual deposition of carbon by forest epiassociations were calculated in accordance with method by [Utkin et al., 2003; Varfolomeev, Mironenko, 2012]. The highest values of the oxygen production are characteristic of small-leaved forests with gray and black alder, hazel and willow in the composition. The authors created unique maps for the evaluation of environmental-forming functions of forest. The protective functions of forests: anti-erosion, water-saving, biostation, conservation of species diversity, – were estimated and described using additional cartographic and other sources of information ecological maps. Conjugated ecological map series was developed as a result of this study.

KEYWORDS: ecological functions of forest, landscape complex of forest types, remote sensing of forest, oxygen production, carbon deposition, sustainable development.

ВВЕДЕНИЕ

Проблемам экологии и экологического состояния территорий уделяется довольно большое внимание в последнее время на всех уровнях. 2017 г. был объявлен в России «Годом экологии». К реализации «Года экологии» приурочили много различных природоохранных мероприятий. В 2017 г. в Московской области было создано 11 новых ООПТ, которые направлены, прежде всего, на сохранение и развитие экологического каркаса региона [http://www.mosoblduma.ru/Press_centra/news/item/109477/].³ Понятие экологического каркаса тесно связано с понятием природного каркаса. Строго говоря, любой природный каркас является экологическим, но не любой экологический является природным, поскольку последний может включать антропогенные структуры (например, искусственные лесополосы, каналы, агроценозы, сады и т. д.), выполняющие важные экологичес-

¹ Lomonosov Moscow State University, Geographical faculty, Leninskie gory, 1, b. 1, Moscow, Russia

Zubov State Oceanographic Institute, Kropotkinskiy pereulok, 6, Moscow, Russia. *e-mail:* ovasilyev@geogr.msu.ru

² Lomonosov Moscow State University, Geographical faculty, Leninskie gory, 1, b. 1, Moscow, Russia, *e-mail:* svchistov@mail.ru

³ В Московской области было создано 11 ООПТ общей площадью 17956 га [Электр. ресурс] // Московская областная дума. URL: http://www.mosoblduma.ru/Press_centra/news/item/109477/ (дата обращения: 29.03.2018)

кие функции, в то время как первый связан только с природной средой [http://studopedia.ru/8_170192_prirodniy-karkas-i-ekologicheskie-funktsii-territorii.html].¹

Важнейшей составляющей как экологического, так и природного каркаса является лесной покров, который составляет их ядра. Именно поэтому вопросам сохранения зеленых массивов уделяется повышенное внимание среди властных структур. Московский регион характеризуется большой степенью антропогенного преобразования, поэтому вопросы сохранения зеленых территорий как ядер экологического каркаса необходимо учитывать при составлении Генеральных планов развития территории. В прошлом веке уделялось повышенное внимание преобразованию природы: вырубались лесные массивы, проводилась мелиорация, выполнялись иные преобразования природной среды. Последствия того бесконтрольного вмешательства в природу наглядно видны до сих пор: когда-то осушенные водно-болотные угодья вновь наполняются водой, высаживаются специальные лесозащитные полосы для предотвращения эрозионных процессов, создаются новые зеленые зоны. Все леса присоединенных к Москве в 2012 г. территорий специальным указом мэра г. Москвы переводятся в особо охраняемые зеленые территории (ООЗТ), что теоретически должно обеспечить их охрану. Однако до этого леса, охраняемые федеральным законодательством, перешли в охрану городских законопроектов, произошло дробление лесных массивов и на месте вырубленного леса все чаще появляется как малоэтажное, так и многоэтажное жилищное строительство, и организация новых путей сообщения. При этом аналогичная ситуация сохраняется во многих районах Московской области (Балашихинский, Щёлковский, Истринский районы и др.) [<http://onf.ru/2015/04/16/onf-vstal-na-zashchitu-podmoskovnyh-lesov-i-zelenyh-nasazhdeniy/>].² Все это не создает иллюзий относительно возможных последствий в деле охраны лесных геосистем.

Леса как природные экосистемы выполняют различные экологические функции. Функция леса, по мнению М.В. Рубцова, это «его специфическое влияние на факторы среды, явления природы и компоненты биосферы, определяющиеся характером взаимодействия с ними свойствами лесных биогеоценозов» [Рубцов, 1984, с. 3]. Принято выделять несколько больших групп экологических функций: средоформирующие, защитные и стабилизирующие. Наиболее ощутимыми для физиологической потребности людей являются средоформирующие функции лесного покрова, продуцирующего в процессе фотосинтеза кислород и фитонциды, способного очищать атмосферу от многих вредных примесей, создавая необходимые для жизнедеятельности человека параметры среды [Чистов, 1993]. Лес также является важным аккумулятором углерода, ежегодно депонирующим его в процессе фотосинтеза. Так, при образовании 1 т (абсолютно сухой вес) растительной продукции связывается 1,5–1,8 т углекислого газа и высвобождается 1,1–1,3 т кислорода. В расчете на 1 га среднепродуктивного леса в таком случае связывается за год 6–7 т углекислого газа и выделяется 5–6 т кислорода [http://www.ecosystema.ru/07referats/lesn_eco.htm].³

Углекислый газ (в состав которого входит углерод) является, как известно, важнейшим парниковым газом. Леса и другие растения, почвы и водно-болотные угодья являются важнейшим пулом накопления углерода, на расчет которого направлены усилия многих ученых [Замолотчиков, 2011]. Значимость же лесов в регуляции содержания

¹ Природный каркас и экологические функции территории [Электр. ресурс] // Студопедия. URL: http://studopedia.ru/8_170192_prirodniy-karkas-i-ekologicheskie-funktsii-territorii.html (дата обращения: 06.03.2018)

² ОНФ встал на защиту подмосковных лесов и зеленых насаждений [Электр. ресурс] // Общероссийский народный фронт. 16.04.2015. URL: <http://onf.ru/2015/04/16/onf-vstal-na-zashchitu-podmoskovnyh-lesov-i-zelenyh-nasazhdeniy/> (дата обращения: 25.12.2017)

³ Лесные экосистемы и проблемы их сохранения [Электр. ресурс] // Ассоциация Экосистема. URL: http://www.ecosystema.ru/07referats/lesn_eco.htm (дата обращения: 08.12.2017)

парниковых газов атмосферы была признана ключевыми международными соглашениями по сохранению глобального климата: Рамочной конвенцией ООН об изменении климата (РКИК ООН), Киотским протоколом и Парижским соглашением [Замолотчиков, 2011]. В таких условиях оценка средоформирующих функций лесов и их возможной утраты является приоритетной в исследованиях экологического каркаса территории.

Рис. 1. Модельные ландшафты на территории Московской области (подложка: eAtlas). Индивидуальные номера и названия ландшафтов приведены по работе Г.Н. Анненской [Анненская и др., 1997].

Ландшафты моренно-водноледниковых плоских сырых равнин: 1 – Ермолинский ландшафт; ландшафты волнистых, моренно-водноледниковых, моренных, сырых и свежих равнин: 35 – Истринский ландшафт; Ландшафты волнистых и холмистых, моренных и плоских, водноледниковых, свежих, влажных и сырых равнин: 56 – Апрелевско-Кунцевский ландшафт; Ландшафты возвышенных, волнисто-холмистых и холмистых, моренно-водноледниковых, днепровских и московских, неоднородно дренированных равнин: 97 – Лузгаринский ландшафт

Fig. 1. Reference landscapes in Moscow region (basemap: eAtlas). The individual number and name of landscapes are given from book of G. Annenskaya [Annenskaya, 1997].

1 – Ermolinskii landscape of Verkhnevolzhskaya lowland; 35 – Istrinskii landscape of southern macroslope Klinsko-Dmitrovskaya range; 56 – Aprelevsko-Kuntsevskii landscape of Teplostanskaya upland; 97 – Luzgarinskii landscape of Meshcherskaya lowland

Целью настоящей работы являлась выработка методики исследования и картографирования наиболее характерных экологических функций лесов для выбранных модельных ландшафтов Московского региона. Известно, что смена коренных типов леса на производные приводит к снижению ресурсного и экологического потенциала лесов. В связи с этим в задачи работы входило проследить основные тенденции в динамике с учетом ценоотического разнообразия лесов и их ландшафтной приуроченности. В качестве модельных были выбраны ландшафты моренного и моренно-водноледникового генезиса (для возможности сравнения результатов) в пределах основных природных провинций Московской области: Верхневолжской низменности, Клинско-Дмитровской гряды, Теплостанской возвышенности и Мещерской низменности [Анненская и др., 2005; рис. 1]. Исходя из анализа пространственной структуры лесного покрова в пределах модельных ландшафтов проведена оценка динамики лесного покрова за последние 25 лет. На созданном в результате данной работы базисе и были проанализированы экологические функции лесов.

Работа выполнялась на Географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова на кафедре картографии и геоинформатики совместно с кафедрой биогеографии. Представленные в этой статье материалы являются частью большого исследования, реализуемого на кафедре картографии и геоинформатики с 2014 г. Результаты пространственного анализа занесены в единый ГИС-проект, посвященный экологическим функциям лесов Московского региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве модельных территорий проведения настоящего исследования были выбраны ландшафты в различных физико-географических провинциях Московской области. Относительно сходный генезис моренного и моренно-водноледникового происхождения позволяет сравнивать результаты между собой, а также проводить пространственные сравнения относительно динамики лесов и их экологических функций. Ландшафты в пределах Верхневолжской и Мещерской низменностей преимущественно равнинны, их абсолютные высоты не превышают 130 (в Мещерской низменности) и 160 м (в Верхневолжской низменности). Ландшафты переувлажнены, местами заболочены и сформированы преимущественно талыми ледниковыми водами московского оледенения, которые заполняли ледниковым материалом существовавшие ранее понижения [Национальный атлас..., 2004]. Территории относительно малоосвоены, не испытывали ранее существенного антропогенного влияния, тем не менее, территория Верхневолжской низменности является важным сельскохозяйственным районом и в дальнейшем время антропогенный пресс территории будет возрастать в результате ее дальнейшего освоения, связанного со строительством скоростных автомагистралей, ростом населенных пунктов и планируемым развитием рекреации в Мещере.

Ландшафты в пределах Клинско-Дмитровской гряды и Теплостанской возвышенности относительно высоко подняты над уровнем моря, абсолютные высоты в пределах Теплостанской возвышенности достигают 255 м. Истринский ландшафт (рис. 1, номер 35) сложен глинами юрского возраста, в тех местах, где морена была частично размита и погребена под водноледниковыми отложениями. Наличие юрских глин обуславливает повышенную увлажненность ландшафта. Мощность московской морены доходит до 50 м [Анненская и др., 1997]. Апрелевско-Кунцевский ландшафт (рис. 1, номер 56) образовался как озеровидное понижение в ложбине стока талых ледниковых вод на приподнятом цоколе верхнеюрских глин с прослоями песков, нижнемеловых песков с прослоями карбоновых глин [Анненская и др., 1997]. Основную площадь ландшафтов занимают моренные и моренно-водноледниковые равнины. Природные комплексы обоих ландшафтов характеризуются значительным антропогенным преобразованием, повсеместно происходит рост

площадей сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов и дорог, в результате чего вырубаются целые лесные массивы. Так, на территории Истринского района Московской области были замечены случаи появления на месте вырубленных при санитарной рубке старовозрастных лесных массивов объектов недвижимости [<http://onf.ru/2015/04/16/onf-vstal-na-zashchitu-podmoskovnyh-lesov-i-zelenyh-nasazhdeniy/>].¹

В качестве единицы исследования и картографирования лесного покрова была выбрана эпиассоциация (термин В.Б. Сочавы). Информационным источником структуры лесного покрова послужила «Карта растительности Московской области» масштаба 1 : 200 000 под ред. Г.Н. Огуреевой (1996 г., растительный покров на карте представлен по состоянию на 1991 г.). На карте выделены коренные и производные сообщества. Коренные сообщества отражают экологический потенциал ландшафта через природную структуру лесов и их типологическое разнообразие. Карта отражает присущий природе динамизм, смены растительных сообществ, которые обусловлены различными процессами [Сочава, 1972]. Также использованы были материалы лесоустройства (1 : 25 000) из фондов кафедры Биogeографии, по которым был оценен возраст лесов. В основу информации о ландшафтной структуре положена карта ландшафтов Московской области [Мамай и др., 2005]. Цифровой аналог фрагмент карт на модельные ландшафты был привязан и трансформирован в среде ArcGIS по множеству точек.

Для оценки состояния лесного покрова использовалось соотношение условно-коренных, короткопроизводных пород, которые сохранили коренные породы в составе древостоев и длительнопроизводных пород, коренные породы в которых почти полностью замещены мелколиственными породами – березой, осиной, ольхой, но сохраняющих способность восстановиться до условно-коренного состояния. Динамические ряды каждой эпиассоциации отображены на использованной карте в виде системы штриховок и специальных условных обозначений. Соотношение площадей эпиассоциаций разной производности позволяет оценить в том числе и степень антропогенной нарушенности лесного покрова.

Исследование включало в себя ряд последовательных этапов. Все они выполнялись в геоинформационной среде в лицензионных программных продуктах ArcGIS и ERDAS Imagine.

Этап 1. Для актуализации тематического содержания карты растительности были применены космические снимки высокого пространственного разрешения с системы Landsat на разные годы – Landsat 5 (2006 г., 10 лет с момента издания карты, до лесных пожаров 2010 г.) и Landsat 8 (2014, 2016 гг. – современное состояние лесов). Для совместного анализа была проведена радиометрическая калибровка космических снимков – все значения яркости были преобразованы в безразмерные коэффициенты спектральной яркости. После этого было проведено визуальное и автоматизированное дешифрирование лесов, в результате которого обновлялось контурное содержание карты растительности, при этом внутренняя структура эпиассоциаций считалась неизменной и не редактировалась в процессе работы.

В результате реализации данного этапа исследования была определена ландшафтная приуроченность лесов, в также их динамика за последние четверть века, что позволило сделать ряд выводов, используемых далее в работе.

В двух последующих этапах происходила оценка средоформирующих функций лесного покрова, а именно, продуцирование кислорода и депонирование углерода. Второй этап был посвящен оценке возможностей использования космических снимков для изучения

¹ ОНФ встал на защиту подмосковных лесов и зеленых насаждений [Электр. ресурс] // Общероссийский народный фронт. 16.04.2015. URL: <http://onf.ru/2015/04/16/onf-vstal-na-zashchitu-podmoskovnyh-lesov-i-zelenyh-nasazhdeniy/> (дата обращения: 25.12.2017)

продукционных способностей лесов. Для осуществления подобной работы используют различные вегетационные индексы. Нами в работе использовался простой разностный вегетационный индекс, рассчитываемый как разность яркостей в ближнем инфракрасном и красном каналах. Данный индекс хорошо коррелирует с индексом фотосинтетически активной радиации (ФАР) и индексом листовой поверхности (LAI). По его величине определяются продукционные процессы в эпиассоциации и средообразующие функции лесов в целом.

Вегетационный индекс рассчитывался для каждой эпиассоциации как осредненное значение вегетационных индексов пород, входящих в нее. Продукционные способности лесов изучались по космическим снимкам на 2006 и 2014 гг. Это позволило оценить динамику средоформирующих способностей каждой эпиассоциации и сравнить полученные значения с динамикой лесов.

На третьем этапе были произведены вычисления количества продуцируемого кислорода и депонируемого углерода эпиассоциациями в пределах каждого модельного ландшафта. Методики определения величины продуцирования кислорода были предложены [Базилевич, 1990; Зимин, 2009; Усольцев, 2010; Варфоломеев, Мироненко, 2012]. Для определения величин продуцирования кислорода и депонирования углерода нам необходимо знать, прежде всего, фитомассу и мортмассу. Данные первичной биологической продукции являются прямой функцией продуцирования кислорода. Это отражается в ежегодно создаваемой растительным органическим веществом фитомассы, отнесенной к единице площади в год. Данные по запасам мортмассы представляют собой функцию депонирования углерода, поскольку мортмасса представляет собой количество мертвого растительного органического вещества, что является непосредственным пулом накопления углерода [Зимин, 2009]. Вопросам оценки пулов, запасов и депонирования углерода посвящено исследование многих авторов, одними из которых стали работы сотрудников Биологического факультета МГУ, ЦЭПЛ РАН и УрО РАН [Уткин и др., 2003; Замоладчиков и др., 2005; Усольцев, Залесов, 2005; Замоладчиков, 2011]. В расчетах отечественных ученых преобладает конверсионный метод. Авторами были разработаны специальные конверсионные коэффициенты фитомасса-запас, по которым рассчитывается величина фитомассы дерева в зависимости от его диаметра и высоты. По значениям фитомассы определяется запас углерода в соответствующей фракции [Уткин и др., 2003; Замоладчиков и др., 2005].

В работе для расчета продуцирования кислорода использовалась известная методика [Варфоломеев, Мироненко, 2012]. Этот способ основан на определении ежегодного прироста фитомассы. В качестве исходных данных могут быть использованы материалы лесоустройства. Ввиду ограниченности последних, базисом для настоящей работы послужили материалы из общей базы данных В.А. Усольцева (2010, 2016), посвященные первичной продуктивности и оценке фитомассы основных лесообразующих пород, включая Подмосковье. Настоящая работа является логическим продолжением исследований авторов, проведенных ранее на территорию присоединенных территорий Москвы [Васильев, Чистов, 2016]. Депонирование углерода определялось также по знакомой многим методике [Уткин и др., 2003]. Четвертый этап заключался в разработке методики оценки характерных экологических функций модельных ландшафтов.

На пятом этапе шло формирование и наполнение ГИС «Экологические функции лесов Московского региона», содержащей все многообразие пространственно увязанных картографических источников и материалов дистанционного зондирования с необходимым арсеналом параметров учета экологических функций лесов в виде таблицы атрибутов.

И, наконец, на заключительном этапе проводилась реализация исследований в среде ГИС и создание по итогам серии тематических карт, часть из которых представлена в данной работе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По итогам анализа ландшафтной приуроченности лесов выделено их высокое типологическое разнообразие, что характерно для зоны хвойно-широколиственных лесов, в пределах которой расположена Московская область. Ввиду разномасштабности карт растительности и ландшафтов, точно определить соответствие распространения растительных сообществ в границах индивидуальных ландшафтов не представляется возможным, границы ландшафтов стоит рассматривать как условные. Обычно растительность очень хорошо маркирует границы ландшафтов и хорошо согласуется с их структурой, в других местах наблюдается не полное соответствие ландшафтной структуры территории и встречающихся эпиассоциаций. Таким образом в работе исследовались скорее фоновые местности в пределах ландшафта и фоновые эпиассоциации, отмеченные на карте.

На первом этапе проанализирован породный состав каждого модельного ландшафта (по карте растительности МО) и его изменение за последние четверть века (по используемым космическим снимкам Landsat 5 и Landsat 8). Так, для ландшафтов Верхневолжской низменности в основном характерны сосново-еловые с ольхой серой (эпиасс. 10) и с ольхой черной (эпиасс. 11) папоротниково-хвощево-кисличные леса, которые составляют 47,5 % от общей площади модельного ландшафта (рис. 2). Сосновые и елово-сосновые кустарничково-сфагновые леса (эпиасс. 16, 21) в сочетании с участками верховых сфагновых и переходных болот также обычны для лесов Верхневолжской низменности; в модельном ландшафте они занимают понижения, ложбины стока и западины задровых равнин (120–140 м) на флювиогляциальных песках и супесях с прослоями суглинков (см. рис. 2).

Рис. 2. Структура лесного покрова в Ермолинском ландшафте (1) Верхневолжской низменности и его динамика (1991–2016 гг.)

Цифрами даны эпиассоциации (по карте растительности МО 1 : 200 000): сосново-еловые с ольхой серой папоротниково-хвощево-кисличные (10); елово-сосновые с ольхой черной папоротниково-хвощево-кисличные (11); сосново-еловые вейниково-чернично-долгомошные (16); сосновые чернично-осоково-долгомошные в сочетании с чернично-сфагновыми (21); еловые с ольхой серой папоротниково-хвощево-кислично-широко-котовые (25); сосново-еловые с дубом, липой чернично-вейниково-широко-котовые (38); сосново-еловые с липой, дубом кленом платановидным, ольхой черной чернично-кислично-вейниково-широко-котовые (39); еловые с липой и дубом хвощево-таволговые (43); черноольховые с черемухой, ивняковые влажнотравные (57); пушистоберезовые с ольхой черной, осинкой ивняковые хвощево-таволгово-щучковые (60); посадки ели

Fig. 2. Forest cover structure and its dynamics (1991–2016) in Ermolinskii landscape (No 1) of Verkhnevolzhskaya lowland

По состоянию на 2016 г. общая структура лесов не изменилась: по-прежнему в ландшафте доминируют эпиассоциации 10, 11, довольно значительную площадь занимают еловые с ольхой серой папоротниково-хвощево-кислично-широколистравные леса (эпиасс. 25), несмотря на сокращение общей площади лесов, в ряде случаев наблюдается повышение доли эпиассоциаций в общей площади лесов ландшафта (эпиасс. 11, 25, 38 и др.), что свидетельствует о практически не изменившейся площади лесов данных эпиассоциаций и сокращении площадей, занятых фоновыми лесами (эпиасс. 10, 16 и др.).

Подобная работа была проделана для всех модельных ландшафтов. В Апрелевско-Кунцевском ландшафте (56) в пределах Теплостанской возвышенности гемибореальные (субнеморальные) леса по площади занимают 12 %, преобладают же широколиственно-хвойные леса (более 51 %), среди которых доминируют еловые с липой и дубом кустарниковые зеленчуковые сообщества (эпиасс. 44), площадь остальных эпиассоциаций более-менее одинаковая и существенно меньше. В отличие от охарактеризованного выше модельного ландшафта, для Апрелевско-Кунцевского характерна высокая фрагментарность лесов, что негативно сказывается на его природно-экологическом потенциале.

Среди лесов данных ландшафтов преобладают длительнопроизводные сообщества. В Ермолинском ландшафте доля длительнопроизводных сообществ составляла более 55 % в 1991 г., в 2016 г. она осталась практически неизменной и составляет чуть более 56 %. За последние 25 лет общая площадь лесов этого ландшафта сократилась на 53,95 кв. км, площади длительнопроизводных сообществ, в основном березовых лесов, сократились на 16,35 кв. км, что составляет 30 % от общей площади сократившихся лесов. В Апрелевско-Кунцевском ландшафте доля длительнопроизводных лесов 56 и 58 % соответственно. Здесь было отмечено максимальное сокращение площади лесов (на 91,34 кв. км), большая часть которых также пришлось на длительнопроизводные сообщества, площади которых сократились на 51,7 кв. км. (56 % от общей площади сократившихся лесов). Сокращение площадей условно-коренных и короткопроизводных сообществ составило 44 % от общей площади сократившихся лесов, что, несомненно, говорит об ухудшении природно-экологического потенциала ландшафта. При этом подобная ситуация в целом характерна для всех ландшафтов ближнего Подмосковья, что негативно сказывается на экологическом благополучии региона в целом.

В структуре лесов Истринского ландшафта (номер 35) южного макросклона Клинско-Дмитровской гряды преобладают, в отличие от лесов Апрелевско-Кунцевского ландшафта гемибореальные (субнеморальные) сосново-еловые папоротниково-кислично-широколистравные (эпиасс. 26, 40 %) и еловые с ольхой серой папоротниково-хвощево-кислично-широколистравные леса (эпиасс. 25, 15 %), что вместе составляют 29 % от общей площади ландшафта. Эти эпиассоциации в целом характерны для Клинско-Дмитровской гряды, являются фоновыми типами лесов во многих ландшафтах. Площадь остальных эпиассоциаций незначительна (рис. 3). В целом типологическое разнообразие лесов Теплостанской возвышенности отличается от лесов Клинско-Дмитровской гряды, так как в лесном покрове доминируют хвойные леса с участием широколиственных пород (дуба, липы, клена) в составе лесных насаждений, в первом ярусе – сосново-дубовые и елово-дубовые леса.

Леса Лузгаринского ландшафта (97) Мещерской низменности по составу в основном похожи на леса Верхневолжской низменности. Преобладают сосново-еловые леса: чернично-зеленомошные (эпиасс. 8), кислично-чернично-вейниковые (эпиасс. 13), вейниково-орляково-черничные (эпиасс. 15) леса, они занимают до 89 % от общей площади лесов (67 % от площади ландшафта). Однако большинство лесов в пределах ландшафта старовозрастные (порядка 90–100 лет). Примечательно, что в эпиассоциациях преобладают условнокоренные (11 %) и короткопроизводные сообщества (75 %), что свиде-

тельствует о сохранившемся лесном покрове и высоком экологическом потенциале ландшафта. Фрагментарность лесов здесь не выражена, что повышает природоохранную ценность лесов.

Рис. 3. Структура лесного покрова Истринского ландшафта (35) южного макросклона
Клинско-Дмитровской гряды и ее динамика (1991–2016 гг.):

Цифрами даны эпиассоциации (по карте растительности МО 1 : 200 000): еловые папоротниково-хвощево-зеленомошные (3); сосново-еловые вейниково-черничные (12); сосново-еловые кислично-чернично-вейниковые (13); сосновые кустарничково-пушицево-долгомошно-сфагновые (23); сосново-еловые папоротниково-кислично-широкотравные (26); дубово-еловые папоротниково-широкотравные (28); сосновые с дубом и липой кустарниковые папоротниково-зеленчуковые (31); сосновые с дубом и липой лещиновые вейниково-широкотравные (34); сосново-еловые с дубом, липой, рябиной, кислично-хвощево-широкотравные (36); сосново-еловые с дубом и липой лещиновые вейниково-широкотравные (37); еловые с липой и дубом кустарниковые зеленчуковые (44); еловые с дубом и липой кустарниковые кислично-папоротниково-широкотравные (46); сероольховые с березой, осинкой и черемухой, малиной влажнотравные (55); черноольховые с черемухой и осинкой ивняковые влажнотравно-широкотравные (57); лесные культуры: ель, сосна

Fig. 3. Forest cover structure and its dynamics (1991–2016) in Istrinskii landscape (No 35)
of southern macroslope Klinsko-Dmitrovskaya range

Короткопроизводные и условно-коренные сообщества преобладают и в Истринском ландшафте (61 % от общей площади лесов, как в 1991 г., так и в 2016 г.). При этом площадь условно-коренных сообществ сократилась гораздо больше, почти на 70 %, тогда как площадь длительнопроизводных сообществ сократилась на 30 % от общей площади сократившихся лесов. Общая площадь лесов сократилась на 60,44 кв. км.

Такие изменения повлекли за собой изменения в лесистости ландшафтов. Лесистость Московской области в целом составляет 42 %. При этом эта величина имеет тенденцию к снижению, что показал анализ изменения лесистости в модельных ландшафтах, чем ближе ландшафт расположен к Москве, тем наблюдается большее антропогенное влияние и большее сокращение лесов (рис. 4). Максимальная лесистость отмечена на востоке области в пределах Лузгаринского ландшафта Мещерской низменности 75 %, которая сократилась на 7 %. Минимальная лесистость была в пределах Апрелевско-Кунцевского ландшафта Теплостанской возвышенности 55 % и сократилась к 2016 г. еще на 13 %, а также в пределах Истринского ландшафта (53 %, сократилось на 10 %). Лесистость Ермолинского ландшафта была 64 % и сократилась на 13 %.

Рис. 4. Изменение лесистости модельных ландшафтов Московской области (с 1991 по 2016 гг.)
Fig. 4. The change of forest cover percent of reference landscapes in Moscow region (since 1991 to 2016)

Для анализа продукционных способностей лесов была проведена радиометрическая калибровка всех космических снимков ввиду использования разных съемочных систем. Все значения яркости были приведены в безразмерные, так называемые коэффициенты спектральной яркости, характеризует отношение количества поступившего на объект света и количество света им отраженного. Это позволило сравнивать между собой результаты дешифрирования и вычисления вегетационных индексов по снимкам разных лет. Вегетационный индекс был рассчитан для каждой эпиассоциации по характерным для нее спектральным признакам, осредненным по выделенным эталонам. В пределах одноименных эпиассоциаций значения яркости также осреднялись. Это позволило вычислить разностный вегетационный индекс по эпиассоциациям. Подобная работа была проделана в пределах каждого модельного ландшафта по космическим снимкам на 2006 и 2014 гг. (рис. 5).

По анализу диаграмм вегетационных индексов в пределах каждого ландшафта (за исключением Лузгаринского) было выделено 5 групп лесов (в Лузгаринском – 3), которые относительно резко отличаются друг от друга по средообразующим способностям (где 1 балл – продукционная способность минимальна, 5 – максимальна). При этом состав эпиассоциаций входящих в ту или иную группу в 2006 и в 2014 гг. отличается, в ряде случаев довольно сильно. Это говорит об изменении природных условий и/или антропогенного влияния. Изменение в большую сторону (повышение вегетационного индекса) свидетельствует об увеличении средообразующей способности, большое число таких эпиассоциаций может свидетельствовать об увеличении природно-экологического потенциала ландшафта, обратная же ситуация свидетельствует об угнетенном состоянии лесов и уменьшении природно-экологического потенциала. Изменение площадей лесных эпиассоциаций разных групп продукционных способностей лесов за 8 лет (2006–2014 гг.) иллюстрирует табл. 1.

Рис. 5. Фрагмент диаграммы значений вегетационного индекса эпиассоциаций Истринского ландшафта (номер 35; 2014). Латинскими цифрами показаны выделенные группы лесов
Fig. 5. The part of diagram of the values of the vegetation index of forest in Istrinskii landscape (No 35; 2014). Latin figures illustrate groups of forest

Как можно заметить из таблицы, наиболее сильно продукционные способности лесов упали в пределах Апрелевско-Кунцевского ландшафта (номер 56), и практически не изменились в Лузгаринском ландшафте (номер 97). Это связано, прежде всего, с активным антропогенным влиянием и преобразованием естественной природной среды. Большие площади лесов, уменьшивших продукционные способности в пределах Клиньско-Дмитровской гряды обусловлены также поражением старовозрастных ельников короедом-типографом и связанными с этим санитарными рубками Комлесхоза. При этом в пределах Истринского ландшафта отмечены максимальные площади лесов, существенно увеличивших биопродукционные способности, в основном за счет условно-коренных и корокопроизводных сообществ.

Таблица 1. Площади изменения групп продукционных способностей лесов
в модельных ландшафтах (2006–2014 гг.)

Table 1. Areas of change in the groups of productive capacities of forests in reference landscapes

Модельный ландшафт	Оценка степени изменений площадей лесов разных групп 2006–2014 гг. (кв. км)				
	Существенно уменьшились (на 2 и более группы)	Уменьшились (на 1 группу)	Не изменились	Увеличились (на 1 группу)	Существенно увеличились (на 2 и более группы)
Ермолинский (1)	1,03	100,74	106,29	64,92	4,68
Истринский (35)	–	123,89	140,62	66,33	35,96
Апрелевско-Кунцевский (56)	84,28	131,97	74,11	61,46	5,31
Лузгаринский (97)	–	–	109,23	36,25	–

В работе оценивались численные параметры, характеризующие выполнение лесами средоформирующих функций лесов. Следует оговориться, что относительно точный расчет производился для ассоциаций, о которых необходимые сведения имеются в литературе. За основу расчетов была принята методика, достаточно подробно изложенная в отмеченных выше работах [Уткин и др., 2003; Варфоломеев, Мироненко, 2012]. Из различных расходных частей в виду отсутствия данных были учтено только затраты кислорода на дыхание самих растений (дыхание автотрофов).

Полученные значения не следует рассматривать как абсолютные, ввиду описанных выше ограничений расчеты носят приблизительный характер, тем не менее, позволяют наглядно выявить различия в средоформирующих способностях лесов модельных ландшафтов (табл. 2).

В качестве примера приведем данные по интервалам продуцирования кислорода с 1 га по модельным ландшафтам для выделенных групп лесов по составу 2014 г., имея в виду, что подобная работа была проведена и по составу групп лесов 2006 г. Аналогично были рассчитаны годовое депонирование углерода фитомассой (табл. 2).

Таблица 2. Продуцирование кислорода по группам лесов, 2014 г. (т/га · в год)

Table 2. The production of oxygen by groups of forest, 2014 (t/ha per year)

Номер группы/ модельный ландшафт	Ермолинский (номер 1)	Истринский (номер 35)	Апрелевско-Кунцевский (номер 56)	Лузгаринский (номер 97)
1	2,41–3,35	3,41–3,88	3,02–3,98	3,17
2	2,60–4,54	3,61–6,36	3,01–6,32	3,38–5,25
3	3,62–5,07	2,79–7,11	2,85–7,52	3,77–6,32
4	5,43–5,91	3,19–6,42	3,74–7,53	4,54–8,01
5	6,0–9,31	5,14–8,08	5,90–6,57	

Интервалы продуцирования кислорода примерно одинаковые по всем модельным ландшафтам, однако их средние взвешенные различны, что связано, прежде всего, с различием природных условий и составом лесов. Максимальные значения продуцирования кислорода в Апрелевско-Кунцевском и Лузгаринском ландшафтах превышают 10 т/га в год и характерны для мелколиственных пород с преобладанием ольхи серой и черной,

лещинами и ивами в составе. В целом, наличие в составе насаждений ольхи и лещины увеличивает средообразующий эффект, в то время как старовозрастные ельники, сосняки и насаждения со старовозрастным дубом уменьшают его.

По причине достаточно сильно перекрывающихся интервалов продуцирования кислорода однозначно отнести эпиассоциацию в ту или иную группу нельзя. Это обстоятельство легло в основу двухфакторной классификации (по вегетационному индексу и среднему взвешенному значению продуцирования кислорода в эпиассоциации) для дальнейшего исследования и создания карт. В итоге на основе статистических методов обработки двух независимых значений было выделено 5 классов, наглядно характеризующих средоформирующий эффект в лесном ландшафте. По результатам были составлены легенды карт оценки средоформирующих функций модельных ландшафтов (рис. 6).

Рис. 6. Фрагмент карты оценки средоформирующих функций лесов (Истринский ландшафт; 35)

Fig. 6. The part of the map of assessment of environmental-forming functions of forest (Istrinskii landscape; No 35)

Наконец, были оценены характерные для ландшафтов защитные экологические функции. Оценка экологической роли лесов важна именно с позиции выявления основных (предпочтительных) функций, сохранение и охрана которых имеет приоритетное значение. Картографическая оценка по модельным ландшафтам проводилась по группе защитных функций, таких как противоэрозионная, водорегулирующая, биостационарная, сохранение биоразнообразия. Для разных ландшафтов будет характерен свой набор экологических функций.

Оценка проводилась для каждого выдела с упомянутой карты растительности. Вся необходимая информация заносилась в ГИС-проект в виде характеристик в таблице атрибутов эпиассоциаций. На основе созданной базы данных для отмеченных выше ключевых ландшафтов в предварительном порядке были составлены фрагменты карты экологической роли лесов Московской области в сопряженном с картой растительности масштабе. В настоящей работе в качестве примера приводится территория Истринского ландшафта, в границах которого в наиболее полном виде проявляются отмеченные защитные функции лесов в различных сочетаниях (рис. 7).

Для оценки противоэрозионной функции (характерной в основном для ландшафтов Клинско-Дмитровской гряды и Теплостанской возвышенности) была использована глобальная цифровая модель рельефа SRTM, которая прошла целый ряд процедур предварительной обработки и коррекции. Пространственное разрешение ЦМР соответствует пространственному разрешению космических снимков и составляет 30 м. Такое пространственное разрешение оптимально для среднемасштабных оценок. Помимо цифровой модели, использовался граф постоянных водотоков. По цифровой модели были построены производные изображения – карты углов наклона и экспозиции склонов. Известно, что территории, практически не имеющие уклона ($0-0,5^\circ$), чаще всего практически не пригодны для хозяйственного использования в виду высокой вероятности заболачивания при прочих равных условиях. На склонах более 6° в центральной России на незакрепленных склонах возникает эрозия, на склонах более 12° интенсивность эрозии может представлять серьезную опасность. В связи с этим, леса, расположенные на склонах более 6° при постоянном водотоке, будут выполнять противоэрозионную функцию. При этом наиболее оптимальными для хозяйственной и иной деятельности следует признать уклоны от $0,5$ до 6° .

Так, противоэрозионные функции выполняют некоторые эпиассоциации Истринского ландшафта (например, сосново-еловые хвощево-кисличные и вейниково-черничные леса, все сосновые с дубой и липой кустарниковые, а также лещиновые сообщества, сосново-еловые с дубом и липой лещиновые, вейниково-широколистные и чернично-вейниково-широколистными лесами), тяготеющих к холмам, грядам и их склонам, а также к высоким вершинным поверхностям междуречий (рис. 7).

Водорегулирующая функция характерна для лесов, расположенных в пределах санитарных зон рек, озер, водохранилищ и водно-болотных угодий. В соответствии с Водным кодексом РФ, минимальная ширина водоохранных зон для рек длиной до 10 км составляет 50 м, а для рек от 100 до 200 км составляет 200 м (Водный кодекс РФ, ст. 65). Водоохранная зона также зависит от характера прилегающих угодий и углов наклона. В связи с этим для выделения водоохранной зоны также использовалась карта углов наклона.

В связи с этим водорегулирующая функция характерна в основном для лесов, произрастающих в верховьях рек, а также возле Истринского водохранилища. В основном это лесные массивы, расположенные в северной части ландшафта – к СЗ и ЮВ от Истринского водохранилища. По составу это дубово-еловые папоротниково-широколистными, еловыми папоротниково-хвощево-зеленомошными лесами, а также посадки сосны.

Рис. 7. Оценка основных защитных функций лесов Истринского ландшафта (фрагмент)
Fig. 7. The part of the map of assessment of the main protective functions of forest
(Istrinskii landscape; No 35)

Биостациональная функция оценивалась в основном по существующим и планируемым особо охраняемым природным территориям различного статуса (в основном это ботанические и комплексные заказники). Информация о существующих ООПТ оценивалась по карте Состояние окружающей среды Московской области (1996 г., 1 : 200 000) и Схеме развития и размещения ООПТ Московской области (2017 г.). Наличие двух источников информации позволило оценить динамику развития ООПТ в модельных ландшафтах за 20 лет.

Для биостациональной функции в пределах рассматриваемого ландшафта характерны сосново-еловые папоротниково-кислично-широколистравные леса (эпиасс. 26), а также дубово-еловые папоротниково-широколистравные, сосновые с дубом и липой лещиновые, сосново-еловые с дубом и липой лещиновые вейниково-широколистравные, а также посадки ели и сосны. В основном это леса второй и третьей групп продукционных способностей, в большей части из которых эта способность не изменилась. За последние 20 лет (с 1996 по 2017 гг.) общая площадь ООПТ, расположенных в пределах модельного ландшафта, почти не изменилась (38 кв. км. или 4,86 % от общей площади ландшафта в 1996 г. против 41 кв. км или 5,12 % в 2017 г.), общая площадь лесов, выполняющих биостациональную функцию, также почти не увеличилась: 111 кв. км в 1996 г. против 114 кв. км в 2017. Это позволяет сделать вывод, что в целом, несмотря на общее сокращение лесов, их экологическая значимость возросла пропорционально увеличению общего числа и общей площади земель ООПТ.

Сохранение видового разнообразия – функция, которая присуща достаточно многим лесам и в целом растительности, они являются местообитанием многих растений, представителей животного мира. Лес по вертикальной структуре состоит в основном из основных пород деревьев (деревья 1-го яруса), подлеска (2 ярус), кустарников (3 ярус), кустарничков (4 ярус) и травяного покрова (5 ярус). В подобных лесах находят свое убежище как птицы, так и звери. Чем богаче состав эпиассоциации, чем больше сомкнутость крон, чем более развит подрост и подлесок, тем эта эпиассоциация будет ценнее с точки зрения сохранения биоразнообразия, а значит с точки зрения экологического каркаса региона, ведь проблема сохранения биоразнообразия – одна из важнейших проблем современной экологии. При этом также важен не только состав, но и возрастная структура насаждений. Переспелые леса не будут способствовать выполнению данной функции, и, наоборот, наличие большого числа подроста не сможет заменить леса первого яруса. Для оценки возраста насаждений были использованы материалы лесной таксации. В основном в данном ландшафте это относительно высокопродуктивные с продуцирующими способностями не менее 4 т/га кислорода в год (исключение – два контура посадок сосны). Это еловые с ольхой серой папоротниково-хвошево-кислично-широколистравные, сосново-еловые папоротниково-кислично-широколистравные, дубово-еловые папоротниково-широколистравные, сосново-еловые с дубом, липой, рябиной леса, при этом монодоминантных сообществ при этом нет совсем. Во всех перечисленных эпиассоциациях хорошо развит подрост и подлесок, при этом насаждения не перестойные, продуцирующие достаточный уровень кислорода. Общая площадь лесов, выполняющих данную функцию составляет 114 кв. км, при этом это леса, расположенные в центральной части ландшафта, большая доля лесов, выполняющих функцию сохранения видового разнообразия расположены к югу и юго-востоку от Истринского водохранилища (рис. 7). Отметим, что высокопродуктивные сообщества (в основном 5 выделенной группы лесов), выполняющих рассматриваемую функцию являются наиболее ценными, нуждающимися в охране и ограничении хозяйственной или иной деятельности. Следует отметить, что данные леса также выполняют и эстетическую функцию и являются хорошими ягодными и грибными местами.

В целом выполнение нескольких экологических функций характерно главным образом для короткопроизводных сообществ. В границах Истринского ландшафта (на рис. 7) таковые представлены папоротниково-кислично-широколистными лесами к северу от Звенигорода.

ВЫВОДЫ

На основе карты растительности Московской области было проанализировано состояние лесного покрова на модельных ландшафтах, представляющих ландшафтные комплексы лесов 4-х природных провинций: Верхневолжской низменности, Клинско-Дмитровской гряды, Теплостанской возвышенности, Мещерской низменности. В пределах Верхневолжской низменности основную долю лесов занимают бореальные елово-березовые и елово-сосновые сообщества, на Клинско-Дмитровской гряде и в Мещерской низменности преобладают субнеморальные елово-сосновые леса, в пределах Теплостанской возвышенности – хвойно-широколиственные леса.

Лесистость напрямую определяет экологическую ценность и природно-экологический потенциал ее значений не должен быть ощутимо низким, в противном случае снижается ценность сообществ. Среди рассмотренных ландшафтов не все удовлетворяют оптимальной лесистости. По космическим снимкам системы Landsat проведена актуализация использованной карты растительности, что позволило определить динамику площадей лесных эпиассоциаций за последние 25 лет (с 1991 по 2016 гг.) и установить общую для Московской области тенденцию сокращения лесистости во всех модельных ландшафтах.

Также по космическим снимкам были рассчитаны вегетационные индексы для каждой эпиассоциации в пределах ландшафтов, на основании значений которых были выделены группы продукционных способностей лесов. Для каждой эпиассоциации также было рассчитано количество продуцируемого эпиассоциацией кислорода и депонируемого углерода. Впоследствии при помощи методов математической статистики на основе вегетационного индекса и продуцируемого кислорода состав продукционных групп лесов ландшафтов был уточнен. Это дало возможность создания среднемасштабных карт оценки средоформирующих функций лесов на модельные ландшафты. Отметим, что подобные карты в данном масштабе были созданы впервые.

Отдельно авторами были проанализированы и оценены защитные функции лесов, такие как противоэрозионная, биостационарная, водорегулирующая и некоторые другие, что нашло отражение в созданных картах оценки защитных функций лесов.

На основе полученной информации возможен переход к рекомендательному этапу исследований – создание и обоснование мер охраны особо ценных сообществ, а также наиболее характерных экологических функций для каждой эпиассоциации. Созданная база данных является основой создания карт рекомендаций по использованию лесов с учетом специфики их средообразования и выполнения экологических функций. Такие картографические работы могут быть эффективно использованы как при территориальном планировании развития региона, так и при экологическом обосновании конкретных хозяйственных мероприятий. Это позволит защитить особо ценные сообщества в интересах будущих поколений и устойчивого развития региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Калинина В.Р., Мамай И.И., Низовцев В.А., Хрусталева М.А., Цесельчук Ю.Н. Ландшафты Московской области и их современное состояние. Смоленск: СГУ, 1997. 296 с.
2. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.

3. Варфоломеев А.Ю., Мироненко А.А. Влияние накопления биологических повреждений на выделение кислорода хвойными насаждениями на севере // Фундаментальные исследования. 2012. № 9. С. 361–368.
4. Васильев О.Д., Чистов С.В. Исследование и картографирование средообразующих функций лесов Новой Москвы // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2016. Т. 60, № 5. С. 128–133.
5. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Конверсионные коэффициенты фитомасса/запас в связи с дендрометрическими показателями и составом древостоев // Лесоведение. 2005. № 6. С. 73–81.
6. Замолодчиков Д.Г. Система оценки и прогнозов запаса углерода в лесных экосистемах // Устойчивое лесопользование. 2011. № 4(29). С. 15–22.
7. Зимин М.В. Разработка методики картографирования средообразующих функций бореальных лесов европейской России: дисс. канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2009. 157 с.
8. Национальный атлас России. Т. 2. Природа и экология / А.А. Ключко, М.А. Романовская, М.Г. Гречушникова и др. ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР». М., 2004. С. 495.
9. Рубцов М.В. Классификация функций и роли леса // Лесоведение. 1984. № 2. С. 3–10.
10. Сочава В.Б. Классификация растительности как иерархия динамических систем // Геоботаническое картографирование. Л.: Наука, 1972. С. 3–18.
11. Усольцев В.А., Залесов С.В. Депонирование углерода в насаждениях некоторых экотон и на лесопокрытых площадях Уральского федерального округа. Екатеринбург: Уральский гос. лесотехн. ун-т, 2005. 224 с.
12. Усольцев В.А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 570 с.
13. Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Пряхников А.А. Методы определения депонирования углерода фитомассы и нетто-продуктивности лесов (на примере Республики Беларусь) // Лесоведение. 2003. № 1. С. 48–57.
14. Чистов С.В. Использование принципа рациональности природопользования в решении крупных программ Московского региона // Проблемы землепользования в связи с развитием малоэтажного жилищного строительства в Московском регионе. М., 1993. С. 49–54.

REFERENCES

1. Annenskaya G.N., Zhuchkova V.K., Kalinina V.R., Mamai I.I., Nizovtsev V.A., Khrustaleva M.A. Tsesel'chuk Yu.N. Landscapes of the Moscow region and their current state, Smolensk: SGU, 1997. 296 p. (in Russian).
2. Bazilevich N.I. Biological productivity of Northern Eurasia ecosystems. Moscow: Nauka, 1993. 293 p. (in Russian).
3. Chistov S.V. Using the principle of nature of rationality in dealing with the major programs of the Moscow region. Problemy zemlepol'zovaniya v svyazi s razvitiem maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva v Moskovskom regione. M., 1993. P. 49–54 (in Russian).
4. National Atlas of Russia. Environment (Nature). Ecology, M.: FGUP "Gosgistsentr", 2004. 495 p. (in Russian).
5. Rubtsov M.V. Classification of the functions of forests and its roles. Lesovedenie. 1984. No 2. P. 3–10 (in Russian).
6. Sochava V.B. Vegetation classification as a hierarchy of dynamic systems. Geobotanicheskoe kartografirovaniye. L.: Nauka, 1972. P. 3–18 (in Russian).
7. Usoltsev V.A., Zalesov S.V. Carbon deposition in the forests of some ecotones and on the forested areas of the Ural Federal District. Yekaterinburg: Ural'skii gosud. lesotekhn. un-t. 2005. 224 p.

8. *Usoltsev V.A.* Eurasian Forest Biomass and Primary Production Data. Yekaterinburg: UrO RAN, 2010. 570 p. (in Russian).
9. *Utkin A.I., Zamolodchikov D.G., Pryazhnikov A.A.* Methods for determination of carbon accumulation in phytomass and net productivity of forest (by the example of stands in Republic of Belarus. *Lesovedenie*. 2003. No 1. P. 48–57 (in Russian).
10. *Varfolomeev A.Y., Mironenko A.A.* Decrease of oxygen segregation by coniferous stands in case of biological damage accumulation. *Fundamental research*. 2012. No 9. P. 361–369 (in Russian).
11. *Vasilyev O.D., Chistov S.V.* Researching and creating maps of environmental-forming functions of the forests of New Moscow. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziya i aerofotos”emka*. 2016. V. 60, No 5. P. 128–133 (in Russian).
12. *Zamolodchikov D.G., Utkin A.I., Korovin G.N.* Conversion Coefficients Phytomass/Reserves Related to Dendrometric Parameters and Stand Composition. *Lesovedenie*. 2005. No 6. P. 73–81 (in Russian).
13. *Zamolodchikov D.G.* The evaluation system and projections of carbon stock in forest ecosystems. *Ustoichivoe lesopol’zovanie*. 2011. No 4(29). P. 15–22 (in Russian).
14. *Zimin M.V.* Development of a methodology for mapping the environment-forming functions of boreal forests in European Russia. PhD dissertation. M., 2009. 157 p. (in Russian).