

4. <http://www.esimo.ru>
5. <http://www.kosmosnimki.ru>
6. <http://maps.yandex.ru>
7. <http://www.google.ru/maps>
8. <http://www.seadatanet.org>
9. <http://www.caspinfo.net>
10. Лурье И., Аляутдинов А., Калинин И., Семин В. Разработка интерактивной базы знаний о Каспийском регионе в рамках проекта европейского научного сотрудничества CaspInfo // Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya Geografiya. — 2011. — №3. — С.46–51.
11. Аляутдинов А., Калинин И. Использование сетевых геоинформационных технологий в рамках проекта европейского сотрудничества upgrade Black Sea Scene // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». — 2015. — №2. — С.76–84.
12. <http://www.blackseascene.net>
13. <http://openstreetmap.org>
14. <http://ww2.demis.nl>
15. Piedad F., Hawkins M. High Availability: Design, Techniques, and Processes. — Prentice Hall PTR, 2001. — 266p.
16. ISO/IEC 19500-2:2003 Information technology -- Open Distributed Processing --Part 2: General Inter-ORB Protocol (GIOP)/Internet Inter-ORB Protocol (IIOP).
17. Батоврин В.К., Гуляев Ю.В., Олейников Я.А. Обеспечение интероперабельности - основная тенденция в развитии открытых систем // Информационные технологии и вычислительные системы, 2009. — № 5. — С. 7–15.
18. ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-1-2006 Национальный стандарт РФ «Методы и средства обеспечения безопасности. Часть 1. Концепция и модели менеджмента безопасности информационных и телекоммуникационных технологий».

ИССЛЕДОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СРЕДООБРАЗУЮЩИХ ФУНКЦИЙ ЛЕСОВ НОВОЙ МОСКВЫ

©2016 О.Д. Васильев, С.В. Чистов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия
vasilyev_vizin@bk.ru, svchistov@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты исследования средообразующих функций лесов на территории Новой Москвы. В 2014 г. всем лесам Новой Москвы был присвоен статус особо охраняемых зелёных территорий, однако, уже сейчас чётко заметно создание жилых микрорайонов и строительство дорог, что не создаёт иллюзий относительно возможных негативных последствий для лесных геосистем. Цель статьи – оценка объёмов продуцирования кислорода лесными сообществами Новой Москвы как важнейшей части средообразующих функций лесов и сравнительный анализ изменений лесных ассоциаций, произошедших за последнее время. Также ставилась задача разработки типологии лесов присоединённых территорий с учётом специфики их средообразования.

Ключевые слова: экология, экологические функции лесов, экологическая оценка лесов, экологическое благополучие, средообразующие функции лесов, леса Новой Москвы, дистанционное зондирование лесов, продуцирование кислорода, депонирование углерода

RESEARCHING AND CREATING MAPS OF ENVIRONMENTAL-FORMING FUNCTIONS OF THE FORESTS OF NEW MOSCOW

©2016 Vasilyev O., Chistov S.

Lomonosov Moscow State University, Russia
vasilyev_vizin@bk.ru svchistov@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the research of environmental-forming functions of the forests on the territory of New Moscow. In 2014 all the forests of New Moscow were given the status of protected areas, however today the construction of residential districts and roads has become noticeable, which raises concern about the possible negative effect on forest geosystems.

The aim of the article is to assess the volume of a production of oxygen by forest communities' of New Moscow as the most important part of environmental-forming functions of forests and to carry out a comparative analysis of recent changes in forest communities. Apart from that, one of the objectives was to devise a forest typology of the joined territory, taking the specific character of the formation of its environment into account.

Keywords: Ecology, ecological functions of forest, ecological assessment of forest, ecological welfare, environmental-forming functions of forest, forest of New Moscow, remote sensing of forest, production of oxygen, deposition of carbon dioxide

В 2011 г. было объявлено о присоединении к Москве довольно больших по площади новых территорий за счёт Московской области, что вызвало неоднозначную реакцию жителей Москвы и присоединяемых территорий. По данным социальных

опросов в июле 2011 г., 41% опрошенных москвичей высказалось за расширение, 41 % — против, а 18 % затруднились с ответом [1].

В результате реализации проекта расширения территории к Москве в июле 2012 г. пере-

шло 21 муниципальное образование, в том числе два городских округа — Троицк и Щербинка, а также 19 городских и сельских поселений в Подольском, Ленинском и Наро-Фоминском районах Московской области. В состав столицы вошло 148 тыс. га новых территорий с проживающим на них населением порядка 235 тыс. чел. [2]. На присоединённых землях были организованы новые административные округа города — Троицкий и Новомосковский (ТиНАО).

Большая часть присоединённых земель была занята лесами, урбанизированность территории — слабая. Раньше территория в границах ТиНАО, в особенности вблизи МКАД, относилась к так называемому лесопарковому защитному поясу (ЛПЗП). Именно там формировался относительно чистый атмосферный воздух, поступающий в Москву с преобладающими ветрами. Изначально концепция градостроительного освоения ТиНАО базировалась на формировании (помимо официальных учреждений различного статуса) преимущественно коттеджной и малоэтажной застройки. При этом предполагалось использование современных планировочных решений, одной из главных задач которых декларировалось строгое сохранение существовавшего лесного фонда с целью максимального уменьшения негативного влияния новой застройки и инфраструктурных объектов (в первую очередь автодорог и разнообразных инженерных сетей) на лесные геосистемы [2].

В связи с этим наиболее остро встаёт задача оценки способностей лесов ТиНАО к реализации так называемых средообразующих функций, определяемых, прежде всего, продуцированием кислорода и депонированием углерода. 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» [3, с. 3].

Природа средообразующих функций лесов обусловлена реакцией фотосинтеза растений. Ежегодное накопление лесами фитомассы происходит за счет использования атмосферного углерода с его последующим депо на значительные периоды, которые в лесах составляют не один десяток лет. Параллельно с этим реакция фотосинтеза сопровождается выделением кислорода, а также фитонцидов, способствующих оздоровлению атмосферы [4,5]. Так, при образовании одной тонны (абсолютно сухой вес) растительной продукции связывается 1,5–1,8 т углекислого газа и высвобождается 1,1–1,3 т кислорода. В расчете на один гектар среднепродуктивного леса в таком случае связывается за год 6–7 т углекислого газа и выделяется 5–6 т кислорода [6,7].

Осенью 2014 г. всем лесным массивам ТиНАО был присвоен статус особо охраняемых зеленых территорий (ООЗТ), любое освоение которых требует особого решения с учётом всех регламентов. Однако уже к настоящему времени четко заметно (в особенности вблизи МКАД) создание многоэтажных микрорайонов, которые несомненно будут оказывать негативные воздействия на леса.

В качестве главной задачи настоящего исследования авторы поставили разработку методов

оценки средообразующих функций лесов ТиНАО на основе имеющихся к настоящему времени информационных источников различного характера, включая данные дистанционного зондирования. Также ставилась задача разработки типологии лесов ТиНАО с учётом специфики их средообразования и задача классификации поселений присоединённых территорий с точки зрения их экологического потенциала.

Методика и результаты. Решение поставленных задач авторами реализовано в несколько этапов.

I этап — инвентаризация лесов в границах ТиНАО реализована на основе среднемасштабной карты растительности Московской области, составленной на кафедре биогеографии географического факультета МГУ в 1996 г. (редактор Г.Н. Огуреева). Методологическая основа карты — динамическая теория эписоциаций В.Б. Сочавы [8]. На территории ТиНАО и окрестности цифровой аналог геоботанической карты был трансформирован в среде ArcGis по множеству точек.

Несмотря на методологическую уникальность карты, её тематическое содержание нуждалось в обновлении в соответствии с современными реалиями состояния лесов присоединённых территорий. Поэтому возникла необходимость актуализации информации об особенностях лесов по космическим снимкам. В работе использовались космические снимки со спутников Landsat. Они были выбраны по ряду причин. Прежде всего, следует говорить о доступности и оперативности получения цифровых материалов съёмки. Снимки обладают хорошими яркостными и геометрическими характеристиками, что позволило использовать их в работах с картами масштаба 1:200 000.

В настоящем исследовании также ставилась задача определения изменений, произошедших за период 2006–2014 гг. Однако используемые снимки имели несколько различные технические характеристики, обусловленные, прежде всего, разными типами используемых сканеров (оптико-механический и оптико-электронный). За 2006 г. был использован снимок Landsat 5, а за 2014 г. — Landsat 8.

Снимки были синтезированы в псевдоцветов по так называемому инфракрасному синтезу, в котором растительный покров отображается красным цветом.

II этап — работы по двум направлениям. Во-первых, — это оценка средообразующих функций лесов (СФЛ), определяемых количеством продуцируемого кислорода и депонируемого углерода одним гектаром лесных геосистем за единицу времени (сутки, месяц, год) на основе имеющихся в литературе обобщений полевых работ в процессе лесной таксации и при специальных исследованиях. При этом средообразующие функции рассчитывают по данным о продуктивности лесов различного состава, возраста и прочих особенностей.

Следует отметить, что расходятся мнения специалистов относительно подсчёта количественных значений биопродуктивности. Методики определения величины продуцирования кислорода были предложены различными авторами. Из наиболее ранних обобщающих работ следует упомянуть монографию [9], а из последних — исследования

[10, 11]. Для определения объёмов продуцирования кислорода и депонирования углерода необходимо знать фитомассу и мортмассу. Данные первичной биологической продукции являются прямой функцией продуцирования кислорода. Это отражается в ежегодном создаваемом 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 путем накопления углерода [12].

Настоящее исследование в оценке объёмов продуцирования кислорода и депонирования углерода было ориентировано на методическое обобщение, предложенное в работе [11]. Для реализации расчётов необходимо иметь данные о возрасте деревьев, их высоте, диаметре ствола на уровне груди и пр. В качестве источника информации использована монография [10]. В ней содержится результат многолетних коллективных исследований института биологии Уральского отделения Российской академии наук в виде сводки имеющихся данных о биологической продуктивности основных лесобразующих древесных пород Евразии, собранных разными авторами в разное время. Среди всего многообразия данных нас интересовали характеристики только лесов Московской области.

По предложенной методике производились расчёты объёмов продуцирования кислорода одним деревом. С учётом их количества на один гектар площади леса были определены суммарные значения продукции кислорода. Это так называемая «грязная» производительность — общий объём кислорода, который продуцирует растение. Но какую-то часть из этого количества дерево использует для дыхания. Специалисты выяснили, что на дыхание все породы деревьев тратят всего лишь 1–2% производимого ими кислорода [11, 13].

Второе направление было организовано с целью познания возможностей использования материалов космической съёмки для решения поставленных задач. К настоящему времени в этом направлении накоплен определённый опыт. Так, для территорий Наро-Фоминского и Верейского леспромхозов (со схожими по составу лесными ассоциациями) оценка экологической роли лесных геосистем производилась на основе материалов лесной таксации, полевых обследований и космической съёмки [14]. Авторы разработали локальную ГИС лесничества, в рамках которой создали и апробировали методику классификации лесов с учетом отмеченных выше источников информации. При этом в качестве главных признаков выделения границ для групп лесных ассоциаций (отличающихся по экологическим функциям) выступали, с одной стороны, параметры продуктивности лесов, а с другой, значения полученных по космическим снимкам (для тех же эталонов) вегетационных индексов. Именно сочетания этих двух признаков в рамках единой ГИС послужили базисом для выделения границ групп лесов. Этот опыт использован авторами и в настоящем исследовании.

III этап — это создание единого проекта в среде ГИС, содержащего всё многообразие про-

странственно-увязанных картографических источников и материалов дистанционного зондирования с необходимым арсеналом параметров учёта СФЛ в виде таблицы атрибутов. Собственно говоря, данный этап — это создание единой тематической базы данных из тех источников, которые были описаны выше и применение тех методик, которые были выбраны в работе.

Процедура создания тематической базы данных была проведена в лицензионном программном пакете ArcGIS 10.2, установленном на кафедре Картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ. При этом основные работы с растровыми источниками информации (космические снимки) проходили в программном пакете ERDAS Imagine, откуда в ArcGIS экспортировался уже готовый результат и проведённые вычисления.

IV этап заключался в реализации (в среде созданного ГИС-проекта) исследования средообразующих функций лесов. По причине использования космических снимков с технически различных съёмочных систем и за разные годы для их совместного анализа были произведены радиометрическая и яркостная коррекция цифровых снимков.

По карте растительности были выделены эталоны (в виде векторных полигонов) для лесных ассоциаций с хвойными, широколиственными и мелколиственными породами, а также водных и прочих объектов (сельхозугодья, селитебные земли и пр.) в границах присоединённых к Москве территорий. Следует отметить, что в процессе выделения эталонов параллельно возникла необходимость корректировки границ лесов, так как с момента создания карты растительности до момента космосъёмки прошло более десятка лет.

Векторные границы эталонов подгружались на космические снимки 2006 и 2014 гг., и проводилась так называемая контролируемая классификация методом максимального правдоподобия. Для модельных участков были получены значения спектральной яркости различных лесов во всех каналах съёмки, что послужило основанием для построения их кривых спектральных образов с целью последующего анализа.

Следующие процедуры заключались в построении изображений, полученных на основе расчётов вегетационных индексов по снимкам 2006 и 2014 гг. для каждой лесной ассоциации (выделенной по геоботанической карте) отдельно. Среди всех данных нами использовались осреднённые значения яркости по соответствующему типу ассоциаций, именно по этим значениям и вычислялись вегетационные индексы.

В результате были получены сведения о биопродуктивности каждой ассоциации в отдельности. Известно, что значения вегетационных индексов напрямую связаны с продукционными способностями растительности [15]. Это обстоятельство было принято за основу выделения классов лесных ассоциаций по диаграмме значений их вегетационных индексов (рис. 1). Анализ полученных кривых спектральных образов для всех лесных ассоциаций (в границах присоединённых к Москве территорий) совместно с характером диаграммы позволил выделить пять групп лесов с точки зрения их продукционных способностей в соответствии

с ранжированием: группе лесов с минимальными значениями приписывался ранг равный единице, а с максимальной продуктивностью — 5. Процедура исполнена для 2006 и 2014 гг.

Согласно данному ранжированию построены матричные таблицы с характеристиками лесных ассоциаций Новой Москвы за эти два года в отдельности (рис. 2), которые послужили основанием для построения легенд к соответствующим картам. Столбцы таблицы характеризуют типы лесов (хвойные, хвойно-широколиственные, мелколиственные и т.д.), а строки — травяной и кустарниковый покров, производность ассоциаций. Каждая ячейка подобной матрицы характеризует одну определённую ассоциацию. В ней прописывается номер ассоциации (в соответствии с нумерацией на Карте растительности 1996 г.), а оттенками серого цвета показаны ранг групп продуктивности (от 1 до 5).

Состав входящих в группы ассоциаций лесов в 2014 г. довольно сильно изменился по сравнению с 2006 г., что свидетельствует об изменениях продукционных способностей за этот период. Ассоциации, в которых уменьшилось значение индекса настолько сильно, что они перешли в другие группы, находятся в неблагоприятном положении — их продуктивность упала, а следовательно, упала их средообразующая роль, они потеряли своё экологическое значение. При сильном изменении можно говорить об угнетённом состоянии данных ассоциаций. Возможно, причина кроется в возрастающей антропогенной нагрузке на данную экосистему, вырубке части лесов в последние годы.

Наконец, в работе произведены расчёты параметров, характеризующих средообразующие функции лесов. Следует оговориться, что относительно точный расчёт производился для ассоциаций, о которых необходимые сведения имеются в литературе. За основу расчётов была принята методика, достаточно подробно изложенная в отмеченных выше работах [11].

Для примера приведём данные по составу ассоциаций для групп 2014 г., имея в виду, что аналогичная работа проделана и для данных 2006 г.

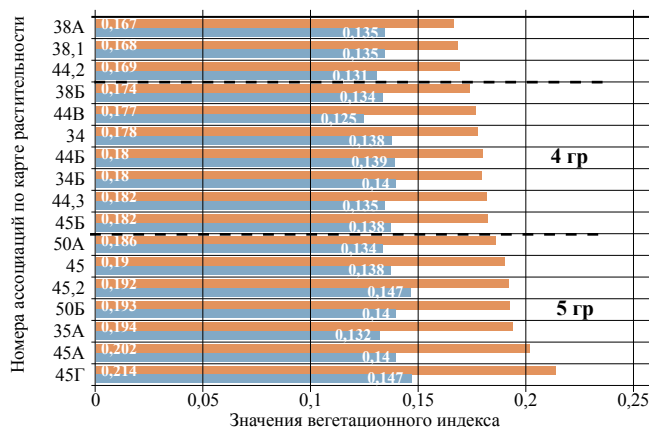


Рис. 1. Фрагмент диаграммы значений вегетационных индексов для лесов Новой Москвы (пунктирными линиями отмечена граница групп продуктивности лесов):

■ — 2014 год; ■ — 2006 год

Из табл. 1 чётко заметны довольно существенные различия в средообразующих способностях выделенных групп лесов Новой Москвы.

В табл. 2 представлена обобщённая характеристика продукционной способности всех лесов Новой Москвы.

Наконец, возникла возможность создания карт оценки средообразующих функций лесов Новой Москвы. В настоящем исследовании в картографическом виде реализованы задачи, с одной стороны, в отображении групп лесных ассоциаций, отличающихся способностью продуцировать кислород, а с другой в показе возникших изменений за расчётный период. В результате составлено три основных карты продуцирования кислорода ассоциациями лесных геосистем Новой Москвы (по состоянию на 2006 и 2014 гг.), а также карта изменения групп продуцирования кислорода за указанный период. Если это смежные группы – ухудшение не силь-

		Широколиственные	Хвойно-широколиственные (смешанные)				
Типы лесов		Дубово-липовые	Еловые с липой и дубом	Сосново-еловые с дубой и липой	Сосновые с липой, дубом и рабиной	Дубово-еловые	Дубовые с вязом и ольхой
Ивняковые влажнотравные (пойменные)							
Кустарниковые широколиственно-влажнотравные с разнотравьем (пойменные)							48,1
Кустарниковые влажнотравно-широколиственные с папоротниками, сорнолесными видами (приручьевые, балочные)							
Кустарниковые зеленчуковые с дубравными, таежными видами и неморальными зелеными мхами.	Коренные		44				
	Производные с преобладанием:	берёзы и осины	44 а				
		берёзы	44 б				
		осины	44 в				
		ели	44,1				
Кустарниковые широколиственно-широколиственные с таежными и борозными видами с пятнами зеленых мхов.	Производные с преобладанием:	липы	44,2				
		дуба	44,3				
		берёзы и осины		35 а			
		берёзы	50 б				

Рис. 2. Фрагмент матрицы продуктивности лесных ассоциаций территории Новой Москвы за 2014 г.

Таблица 1
Средние значения продуцирования кислорода по группам лесов (2014 г.)

Номер группы лесных ассоциаций	«Чистая» производительность O ₂ за год с 1 га леса, т/га / год	Среднее продуцирование O ₂ за год, т/га / год
1	0,46 – 5,40	2,93
2	3,06 – 5,31	4,19
3	3,47 – 7,66	5,57
4	7,66 – 8,86	8,26
5	6,98 – 15,17	11,08

Таблица 2
Средние значения продуцирования кислорода лесами Новой Москвы

Площадь лесов Новой Москвы, га	Среднее продуцирование кислорода лесами НМ с 1 га, т/га/год	Среднее продуцирование кислорода, млн т/год	Расход O ₂ на дыхание, млн т/год	Среднее «чистое» продуцирование кислорода лесами НМ, млн т/год
76259,54	17,14	1,307	0,0261	1,281

Таблица 3
Площади изменения групп продуцирования кислорода лесными ассоциациями

Изменение биопродуктивности	Площадь, км ²	Доля общей площади лесов Новой Москвы, %
Значительно улучшилась	5,31 (!)	0,70
Улучшилась	354,38	46,47
Не изменилась	251,97	33,04
Ухудшилась	63,36	8,31
Значительно ухудшилась	87,57 (!)	11,48

ное, если разница составляла две и более групп, то налицо значительное ухудшение. В случае, когда номер группы в 2006 и 2014 гг. совпадал, биопродуктивность ассоциаций не изменилась, по умолчанию это были все оставшиеся ассоциации, им было присвоено соответствующее значение. Первые две карты имеют схожее содержание (рис. 3, 4). Для облегчения изучения и сравнения, они имеют идентичное оформление и компоновку — расположение картографического изображения, легенда, масштаб, дополнительные элементы содержания идентичны.

На карте изменения биопродуктивности (см. рис. 4) содержится в качественном виде оценка изменений, произошедших на территории лесов Новой Москвы за 8 лет. Выделено пять градаций, каждая из которых отражает основные наметившиеся за этот период тенденции в ухудшении или улучшении экологической роли лесов присоединённых к Москве территорий. Так, на ней уже заметно ухудшение экологической роли лесов на территориях в непосредственной близости от МКАД и основных магистралей, где уже в 2013 и 2014 гг. было начато, прежде всего, градостроительное освоение территории Новой Москвы. Расчёты по данной карте показали в суммарном количественном выражении площади изменений (табл. 3).

В результате авторам удалось составить карту средоэкологического потенциала муниципальных образований Новой Москвы (рис. 5). Оценка средоэкологического потенциала территорий представлена на ней в качественном виде как интегральная оценка и сравнение лесистости поселений (условно считалось, что чем больше лесистость, тем лучше), а также доли высокопродуктивных сообществ в общей площади лесов поселения. На карте четко заметна дифференциация муниципальных образований ТиНАО в зависимости от их средоэкологического

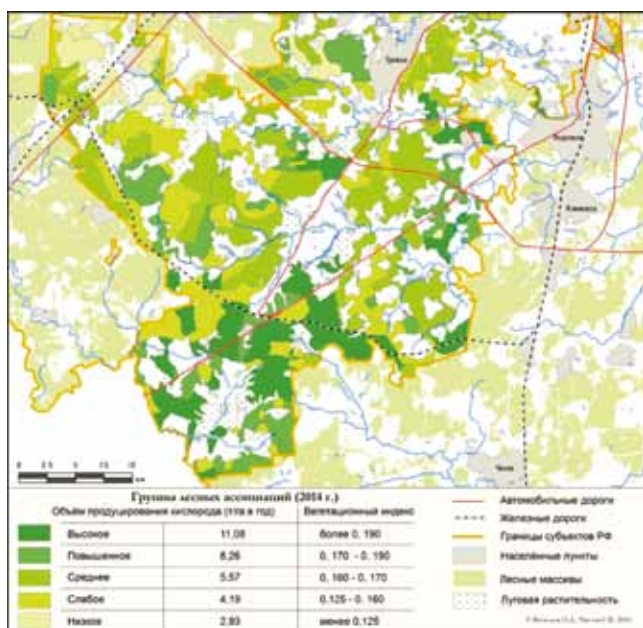


Рис. 3. Фрагмент карты продуцирования кислорода лесными ассоциациями Новой Москвы в 2014 г.

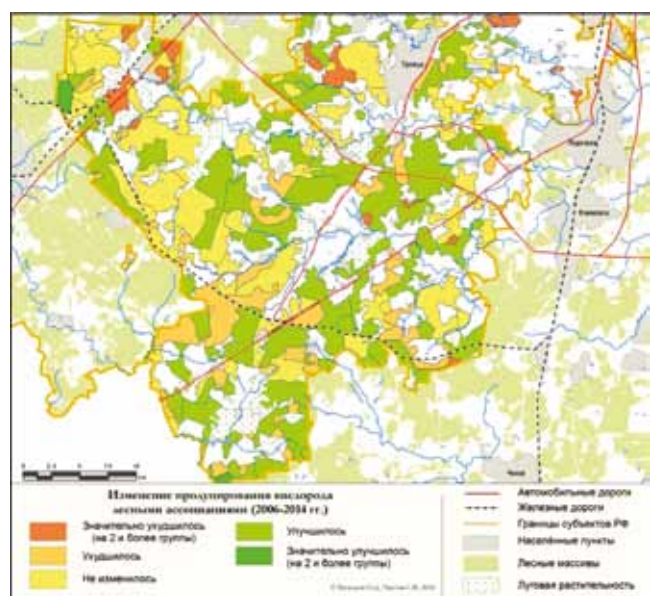


Рис. 4. Фрагмент карты изменения продуцирования кислорода лесными ассоциациями за период 2006–2014 гг.

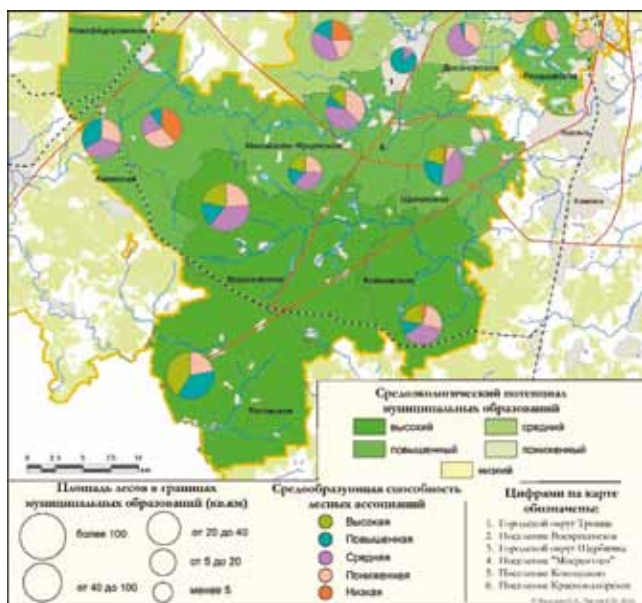


Рис. 5. Фрагмент карты средоэкологического потенциала муниципальных образований ТИНАО

потенциала. В целом выявленные закономерности соответствуют озвученным выше доводам – ухудшение средоэкологического потенциала на территориях вблизи МКАД, и увеличение его в трёх поселениях, которые богаты высокопродуктивными лесами.

В границах всех муниципальных образований ТиНАО авторами были произведены расчёты и составлены карты продуцирования кислорода лесными ассоциациями лесов Новой Москвы, изменения продуцирования, а также карта лесистости с комплексной характеристикой биопродуктивности лесов в пределах конкретного муниципального образования, свидетельствующие о степени экологического благополучия (или неблагополучия) отдельно взятых территорий, формирующих экологическую ситуацию всей Москвы, учитывая географическое расположение присоединённых территорий в формировании «чистого воздуха» для жителей столичного мегаполиса. В градостроительной концепции развития Новых территорий Москвы необходимо учитывать подобные выводы, значимость лесов для человека и экосистемы в целом. Практика не учитывать экологическую составляющую приводит к деградации лесов и экосистемы в целом, что негативно сказывается на экологической ситуации и на здоровье населения.

В заключение следует отметить, что на следующем этапе исследования планируется создать карту депонирования углерода в лесах Новой Москвы, а также комплексную карту средообразующих функций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проект «Большая Москва» [Электр. ресурс]. URL: <http://moscowbig.ru/index/0-2> (дата обращения: 19.06.2016).
2. Зачем расширять границы Москвы? [Электр. ресурс] / Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. URL: <http://stroim.mos.ru/zachem-rasshiryat-granicy-moskvy> (дата обращения: 19.06.2016).
3. Рубцов М.В. Классификация функций и роли леса // Лесоведение. –1984. – № 2. – С.3–10.
4. 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.
5. Чистов С.В., Флоринский И.В. Экологическая картография. (Экология России. Итоги науки и практики). М.: РЭФИА, 1997 – 134 с.
6. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: учебное пособие. М.: ФАИР-Пресс, 2005. – 736 с.
7. Лесные экосистемы и проблемы их сохранения [Электр. ресурс] // Ассоциация Экосистема. URL: http://www.ecosystema.ru/07referats/lesn_eco.htm (дата обращения: 08.12.2014).
8. Огуреева Г.Н., Сулова Е.Г. Принципы составления легенды среднемасштабной карты растительности Московской области / Экологические исследования в Москве и Московской области. М.: 1992. – С. 139–164.
9. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. – 293 с.
10. Усольцев В.А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. – 570 с.
11. Варфоломеев А.Ю., Мироненко А.А. Влияние накопления биологических повреждений на выделение кислорода хвойными насаждениями на севере // Фундаментальные исследования. 2012. № 9. С. 361–368.
12. Зимин М.В. Разработка методики картографирования средообразующих функций бореальных лесов европейской России: дисс. канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2009. – 157 с.
13. Amesz J. Photosynthesis. – Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. 1987. – 335 p.
14. Чистов С.В., Огуреева Г.Н., Зимин М.В. Эколого-географический подход при создании специализированной ГИС лесничества для оценки состояния и мониторинга лесов: тез. докл. IV межд. конф. «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве», Москва, 18 апреля 2007 г.
15. Лурье И.К., Микляева И.М., Михайлов Д.И., Огуреева Г.Н., Сулова Е.Г. Картографирование растительности с использованием ГИС-технологий // Экосистемы широколиственно-хвойных лесов южного Подмосковья. – М.: Географический ф-т МГУ, 2006. С. 136–144.