

Оценка ценотического разнообразия лесного покрова и его динамики в эталонных ландшафтах Московского региона по данным дистанционного зондирования

О. Д. Васильев^{1,2}, Г. Н. Огуреева¹, С. В. Чистов¹

¹ Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

² Государственный океанографический институт им. Н. Н. Зубова, Российская Федерация, 119034, Москва, Кропоткинский пер., 6

Для цитирования: Васильев, О. Д., Огуреева, Г. Н., Чистов, С. В. (2019). Оценка ценотического разнообразия лесного покрова и его динамики в эталонных ландшафтах Московского региона по данным дистанционного зондирования. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 64 (2), 185–205. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.202>

В статье представлен результат оценки ценотического разнообразия лесов эталонных ландшафтов ледникового и водно-ледникового генезиса, расположенных в различных физико-географических провинциях Московской области (Верхневолжской и Мещерской низменностях, на Клинско-Дмитровской гряде и Теплостанской возвышенности). Основой для оценки послужили карта растительности Московской области (масштаб 1:200 000) и космические снимки, полученные космическими аппаратами системы Landsat. Базовой единицей оценки экологического потенциала и состояния лесного покрова выступает эпиассоциация, что позволяет через соотношение площадей коренных, коротко- и длительнопроизводных сообществ определить степень нарушенности при антропогенном воздействии и сохранность экологических функций лесов. На основе картографического метода исследования выделены ландшафтные комплексы типов леса, оценено экосистемное разнообразие на локальном уровне, по космическим снимкам обновлено содержание среднемасштабной карты растительности Московской области. В пределах Верхневолжской низменности основную долю лесов занимают елово-березовые и елово-сосновые короткопроизводные сообщества, в ландшафте в пределах Клинско-Дмитровской гряды — сосново-еловые и еловые с ольхой серой условнокоренные и короткопроизводные, в пределах Теплостанской возвышенности — хвойно-широколиственные длительнопроизводные сообщества, в ландшафте Мещерской низменности — хвойные бореальные условнокоренные и короткопроизводные леса. Во всех рассмотренных ландшафтах отмечено сильное сокращение лесистости, связанное прежде всего с увеличением антропогенной нагрузки на природные комплексы. Наиболее сильное сокращение площади лесов и фрагментация лесного покрова произошли в Апрелевско-Кунцевском ландшафте Теплостанской возвышенности и в Истринском ландшафте Клинско-Дмитровской гряды. Хвойные леса последней пострадали также еще и от деятельности короледа-типографа. На основе полученных данных авторами составлены карты сокращения площади лесного покрова эталонных ландшафтов.

Ключевые слова: леса, динамика лесов, биоразнообразие, ландшафтный комплекс типов леса, экологические функции лесов, картографический метод исследования, дистанционное зондирование лесов.

1. Постановка проблемы

В настоящее время на разных уровнях принятия решений большое внимание планирующих организаций и хозяйствующих субъектов уделяется экологии и устойчивому развитию территорий. Важнейшее условие экологического благополучия в регионе — сохранение природно-экологического потенциала, неотъемлемую часть которого составляет прежде всего лесной покров. Этот потенциал обычно оценивается по таким показателям, как сохранность биоразнообразия, степень нарушенности лесных массивов и обусловленные этими двумя факторами экологические функции, выполняемые лесами. В свою очередь, средообразующие экологические функции растительности связаны с биопродукционной способностью сообществ: образованием и накоплением биомассы, накоплением гумуса, продуцированием кислорода и фитонцидов, а также с депонированием углерода. Чем больше площадь лесного массива и выше его биопродуктивность, тем выше ресурсный и природно-экологический потенциал региона (Чистов, 1993). Сокращение площади лесов, слабо развитая система лесного мониторинга, недооценка происходящих в лесном фонде процессов и тенденций развития лесов в регионах вызывают определенную тревогу не только в лесном сообществе специалистов и практиков, но и в обществе в целом (Исаев и Коровин, 2003).

Московская область характеризуется большой степенью антропогенного преобразования природных комплексов, нетронутой природы здесь уже практически не осталось. В связи с этим сохранению и восстановлению площади лесов как основы экологического каркаса региона следует уделять внимание при создании генеральных планов развития территории. В современных условиях администрации Москвы и Московской области декларируют проведение различных мероприятий по восстановлению природной среды и сохранению зеленых насаждений. В 2012 г. довольно большая территория Московской области была присоединена к столице с образованием Троицкого и Новомосковского административных округов. Изначально концепция ее градостроительного освоения базировалась на организации офисного строительства, коттеджной и малоэтажной застройки. Однако в ходе развития региона площади лесов здесь сокращаются в угоду многоэтажному строительству и организации транспортных развязок (Васильев и Чистов, 2016). Аналогичная ситуация сохраняется в Балашихинском, Щёлковском, Истринском и во многих других районах области¹. Это не создает иллюзий относительно негативных последствий, которые повлечет утрата целых лесных массивов.

Цель настоящей работы — оценка ценотического разнообразия лесов и их динамики за последние 25 лет посредством картографического метода исследований по данным космических снимков в пределах выделенных эталонных ландшафтов Московской области. Замена здесь коренных типов леса на производные приводит к снижению ресурсного и экологического потенциала последнего. В связи с этим в наши задачи входила оценка основных тенденций в динамике природно-экологического потенциала территории с учетом ценотического разнообразия лесов и ландшафтной приуроченности лесных эпиассоциаций. В качестве эталонных

¹ См.: <http://onf.ru/2015/04/16/onf-vstal-na-zashchitu-podmoskovnyh-lesov-i-zelenyh-nasazhdeniy/> (дата обращения: 25.05.2017).

были выбраны ландшафты моренного и моренно-водно-ледникового генезиса в пределах различных природных провинций Московской области: Верхневолжской низменности, Клинско-Дмитровской гряды, Теплостанской возвышенности и Мещерской низменности (Анненская и др., 1997). Исходя из анализа пространственной структуры лесного покрова в пределах эталонных ландшафтов проведена оценка динамики лесного покрова за последние 25 лет.

Работа выполнена сотрудниками кафедры картографии и геоинформатики и кафедры биогеографии географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. Она является частью многолетнего исследования, реализуемого на кафедре картографии и геоинформатики с 2014 г. Результаты пространственного анализа занесены в единую базу геоданных, посвященную экологическим функциям лесов Московского региона, которая содержит информацию как о составе лесов эталонных ландшафтов, так и об экологических функциях, выполняемых лесными сообществами.

2. Объекты и методика

В качестве изучаемых территорий, на которых мы выявляли тенденции изменения площади лесов, выбраны моренные и моренно-водно-ледниковые ландшафты, расположенные в различных природных провинциях Московской области. Они имеют схожее дочетвертичное основание, но по-разному развивались в четвертичное время, что обусловлено деятельностью ледника, сформировавшего современный ландшафтный облик данной местности. Современные ландшафты оформились в основном в конце периода последней смены климата в позднем голоцене и подвержены влиянию антропогенного фактора в течение последних 2000 лет. Многократные климатические изменения, а также постоянное воздействие человека привели к тому, что разные ландшафты области испытали разное число смен основных компонентов своей структуры (Анненская и др., 1997). Наиболее типичные (эталонные) ландшафты различных природных провинций наглядно характеризуют типологическое разнообразие лесов, обусловленное и природными особенностями (различиями в соотношении тепла и влаги, почвах и т. д.), и степенью хозяйственного освоения территорий. Выбранные для анализа эталонные ландшафты существенно различаются пространственным соотношением лесов разных формаций и их эколого-динамическими рядами, возникшими при трансформации лесного покрова.

Верхневолжская низменность — зандрово-аллювиальная низменность на Восточно-Европейской равнине, занимающая север Московской, Тверскую и Ярославскую области. Она тянется широкой полосой вдоль Волги и по долинам ее притоков — Тверцы, Медведицы и Шоши. Плоская, местами заболоченная поверхность Верхневолжской низменности была сформирована талыми ледниковыми водами московского оледенения, которые заполняли ледниковым материалом существовавшие ранее понижения (Национальный..., 2004). Расчленена слабо, выделяются лишь неглубокие депрессии (часто заболоченные и заторфованные) и низкие (высотой 150–160 м) моренные холмы с пологими склонами. С юго-востока в рельефе прослеживается древняя долина стока.

В пределах Верхневолжской низменности в качестве эталонного выбран Ермолинский ландшафт (1)², который приурочен к несколько приподнятым и расчлененным участкам рельефа, в основании сложенным глинами юрского возраста. Водно-ледниковые равнины занимают 45 % его площади. Они плохо дренированы, поэтому ландшафт в целом переувлажнен, развито оглеение почв, что сказывается на составе произрастающих здесь лесов. Территория относительно мало освоена (по сравнению с другими эталонными ландшафтами), тем не менее это один из важных районов выращивания сельскохозяйственных культур. Кроме того, в настоящее время здесь интенсивно развивается сеть новых автомобильных дорог и растет площадь населенных пунктов.

Клинско-Дмитровская гряда — наиболее возвышенный участок Московской области, где высотные отметки достигают 290–310 м. Она сложена в основном коренными породами мелового возраста, перекрытыми повсеместно четвертичными отложениями. Территория не раз подвергалась оледенению; последнее, Московское, происходило порядка 170–125 тыс. лет назад (Рычагов, 2006). Здесь распространены осадочные породы моренного генезиса, имеющие различный химический и механический состав (Спиридонов, 1972).

В пределах этой гряды выделен Истринский ландшафт (35), который сформировался в пониженных участках коренного рельефа, сложенного глинами юрского возраста, в тех местах, где морена была частично размыта и погребена под водно-ледниковыми отложениями. Это ландшафт моренно-водно-ледниковых равнин с абсолютной высотой порядка 170 м. Наличием юрских глин обусловлена его повышенная увлажненность. Мощность московской морены доходит до 50 м (Анненская и др., 1997). На территории Клинско-Дмитровской гряды в настоящее время практически повсеместно растет антропогенное влияние: вырубается леса, развиваются инфраструктура и садоводческие хозяйства, а в Истринском районе известны случаи, когда на месте вырубленных при санитарной рубке старовозрастных лесных массивов появились объекты недвижимости³.

Теплостанская возвышенность является, по сути, отрогом Смоленско-Московской возвышенности. Она сильно расчленена оврагами и балками, абсолютные высоты местами достигают 255 м. В период Московского оледенения эта территория находилась в периферии ледника, водно-ледниковые отложения на ней имеют различный механический состав. В пределах возвышенности эталоном выбран Апрелевско-Кунцевский ландшафт (56), который 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 часть его площади занимают моренные и озерно-водно-ледниковые равнины. Природные комплексы ландшафта в значительной степени трансформированы деятельностью человека: повсеместно происходит дальнейшее сельскохозяйственное освоение территории, растут населенные пункты, с развитием транспортной сети и многоэтажного строительства ведутся рубки лесов.

² В скобках рядом с названиями ландшафтов приведены их индивидуальные номера согласно работе (Анненская и др., 1997).

³ См.: <http://onf.ru/2015/04/16/onf-vstal-na-zashchitu-podmoskovnyh-lesov-i-zelenyh-nasazhdeniy/> (дата обращения: 25.05.2017).

Мещерская низменность расположена на востоке Московской области, основная ее часть лежит в пределах Рязанской и Владимирской областей. Абсолютная высота колеблется от 80 до 130 м. Образование низменности связано с деятельностью ледников, которые превратили здесь поверхность в плоскую равнину. В ее основании лежат водонепроницаемые глины юрского возраста. После таяния ледника смесь из песка, гравия и глины заполнила понижения в рельефе, в которых образовались болота и озера. Последнее (Московское) оледенение было непродолжительным, вероятно в этой местности проходил ледораздел. После схода ледника данная территория долго находилась в зоне действия водно-ледниковых потоков. На ней в качестве эталонного выбран Лузгаринский ландшафт (97), он занимает наиболее возвышенный междуречный участок Мещерской низменности и совпадает с выступами коренного фундамента. Рельеф типичный конечно-моренный, холмисто-западинный, переувлажненный, заболоченный (Анненская и др., 1997). Природный комплекс ландшафта, в том числе его лесной компонент, находятся в естественном режиме, и прослеживаются лишь относительно слабые антропогенные изменения.

Методика работ. Исследование проводилось в четыре этапа. На первом этапе в пределах отмеченных выше ландшафтов были собраны необходимые картографические источники и материалы лесной таксации, а также оригинальные авторские результаты натурных исследований. Чтобы проследить изменчивость структуры эпиассоциаций в лесах эталонных ландшафтов за последние 25 лет, был необходим какой-то базис сравнения. Таковым стала среднемасштабная (1 : 200 000) карта «Растительность Московской области» (Карта..., 1996), на которой растительный покров дан по состоянию на 1991 г. Мы исследовали его на основе эколого-морфологической классификации лесов, динамической трактовки их современного состояния и ландшафтной приуроченности, что соответствует концепции эпитаксонов (эпиассоциаций) (Сочава, 1972).

Использование картографических материалов и упомянутой концепции позволило проследить не только тенденции изменения площади лесов, но и динамику их качественного состояния по соотношению площадей коренных, условнокоренных и производных лесных насаждений (Огуреева и Сулова, 1992). Коренные сообщества отражают экологический потенциал ландшафта через природную структуру лесов и их типологическое разнообразие. Ценность выбранной карты растительности состоит в том, что она показывает присущий природе динамизм смены растительных сообществ, обусловленный антропогенным воздействием. Также были использованы крупномасштабные (1 : 25 000) материалы лесной таксации, как использованные при составлении карты растительности, так и датированные 2007, 2008 годом, имеющиеся в фондах кафедры биogeографии географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, по которым был оценен средний возраст лесов; к сожалению, материалы лесной таксации последних лет имеют статус ведомственных и практически недоступны.

На втором этапе работы мы оценивали состояние лесного покрова ландшафтов по соотношению площадей условнокоренных и короткопроизводных сообществ, в древостое которых сохранились основные коренные породы (ель, сосна, дуб), и произрастающих на их месте длительнопроизводных сообществ, в древостое которых коренные породы сменились на мелколиственные (осину, березу, ольху), но сохранилась способность восстановиться до условнокоренного состояния

(Котова и др., 2000). Такие динамические ряды каждой эпиассоциации обозначены в легенде упомянутой карты и показаны на ней специальными обозначениями (индексами, изменением насыщенности цвета и штриховкой).

На третьем этапе работы мы сопоставляли фрагменты карт с эталонными ландшафтами; их цифровой аналог был трансформирован и географически привязан по множеству точек к координатной сетке в среде ArcGIS (версия 10.2). Тематическое содержание карты было актуализировано по сделанным космическими аппаратами (КА) систем Landsat 5 (сентябрь 2006 г.) и Landsat 8 (сентябрь 2014 и 2016 гг.) снимкам, которые по своим характеристикам и пространственному разрешению оптимально подходят для среднemasштабных исследований. Строго говоря, снимки с разрешением 30 м нельзя применять для карт масштаба 1 : 100 000 и крупнее ввиду того, что при таком масштабе длина диагонали пиксела на карте равна 0,45 мм, что больше графической точности карты, и пренебречь этим уже нельзя, но они оптимальны для карт масштабов 1 : 200 000 и 1 : 300 000. Мы апробировали снимки, сделанные в различные сезоны года и на основе анализа результатов, а также с учетом качества снятого материала приняли решение использовать снимки за сентябрь, для которых характерна определенная форма крон деревьев, сформировавшихся за вегетационный период климатического года. Эта характеристика — один из признаков для дешифрирования деревьев разного вида на снимках породного состава древостоя.

Произошедшие с 1991 по 2016 г. изменения в структуре лесных эпиассоциаций четырех эталонных ландшафтов сравнивались по материалам космической съемки за 2006, 2014 и 2016 гг. В качестве базиса использовалась упомянутая карта растительности. Лесные контуры, проведенные на карте, были проверены и уточнены по топографической основе соответствующего масштаба и по космическим снимкам, в связи с чем карта отражает реальную и достоверную информацию о состоянии лесного покрова на момент ее создания (растительный покров на карте дан по состоянию на 1991 г.). Развивающиеся в настоящее время методы дистанционного зондирования лесного покрова и обработки космических снимков позволяют решать отмеченные выше задачи дистанционно, без привлечения материалов лесной таксации или полевых исследований (как уже упоминалось, они имеют ведомственный статус и недоступны). При этом в качестве операционной единицы была выбрана эпиассоциация в соответствии с легендой упомянутой выше картой растительности.

Следующий, четвертый этап был посвящен автоматизированному дешифрированию космических снимков. Для этого были проведены необходимые предварительные геометрическая и радиометрическая коррекции, в результате чего все значения яркости изображений преобразовались в безразмерные коэффициенты спектральной яркости. Собственно, дешифрирование всегда реализуется в ходе нескольких последовательных процедур, необходимость которых обусловлена опытом множества экспериментов. Как следствие, полученные ниже выводы стали результатом поэтапно проведенных нами работ:

- для каждого эталонного ландшафта в пределах границ эпиассоциаций получена статистика о средневзвешенной яркости по основным съемочным каналам Landsat: синего, зеленого, красного и ближнего инфракрасного. Статистика собрана в результате проведения неконтролируемой классифи-

кации по методу k-means и последующей правки полученных в результате этого сигнатур;

- данная статистика по эталонам (сигнатурам) использована для реализации процедур контролируемой классификации по методу максимального правдоподобия. Полученный на основе этого результат уточнялся визуальным редактированием с целью коррекции границ лесных массивов.

Вся работа проводилась в программе ERDAS Imagine; в ArcGIS экспортировался уже готовый результат дешифрирования. В результате было прослежено изменение лесного покрова и его трансформация за последние 25 лет (с 1991 по 2016 г.).

Последний этап заключался в получении расчетных параметров произошедших изменений. На основе этого получены представления не только о структуре эпиассоциаций, но и о суммарной их площади в пределах ландшафтов, что отображено в табл. 2 и 3.

3. Результаты и их обсуждение

Для всех эталонных ландшафтов отмечено высокое типологическое разнообразие лесного покрова, что характерно для зоны хвойно-широколиственных лесов, в пределах которой расположена Московская область. При этом важно соотношение площадей основных эпиассоциаций в ландшафте как показателя их природной структуры, а также соотношение площадей условнокоренных, короткопроизводных (с участием в древостоях основных пород) и длительнопроизводных (с преобладанием березы, осины, ольхи) сообществ как показателя степени нарушенности древостоя и состояния природно-экологического потенциала ландшафта.

Разномасштабность карт не позволяет точно определить соответствие распространения растительных сообществ границам индивидуальных ландшафтов. Эти границы, отмеченные на аналитической карте, следует рассматривать как условные. Во многих случаях растительность достаточно точно маркирует их и хорошо согласуется со структурой ландшафтов, в других местах встречающиеся эпиассоциации не полностью соответствуют ландшафтной структуре территории. В анализ мы включили в основном фоновые местности ландшафтов и отмеченные на карте растительности фоновые эпиассоциации.

Верхневолжская низменность. В Ермолинском ландшафте Верхневолжской низменности представлены 11 эпиассоциаций (рис. 1, а). По состоянию на 1991 г. его лесистость достигала 64%. В лесном покрове преобладали (занимая 47,2% общей площади ландшафта) сосново-еловые с ольхой серой и черной эпиассоциации (10 и 11; см. табл. 1)⁴. Они широко распространены в ландшафтах Верхневолжской равнины, где приурочены к слабоволнистым поверхностям подстилаемых мореной моренно-водно-ледниковых и водно-ледниковых равнин (120–180 м), сложенных песками и супесями. Субнеморальные еловые с ольхой серой леса (эпиассоциация 25) занимают наиболее высокие поверхности равнин. Сосново-еловые вейниково-чернично-зеленомошные леса определяют облик слабоволнистых и плоских зандровых равнин (120–140 м), сложенных водно-ледниковыми песками и супесями,

⁴ Названия и индексы всех эпиассоциаций, встречающихся в эталонных ландшафтах, приведены в табл. 1.

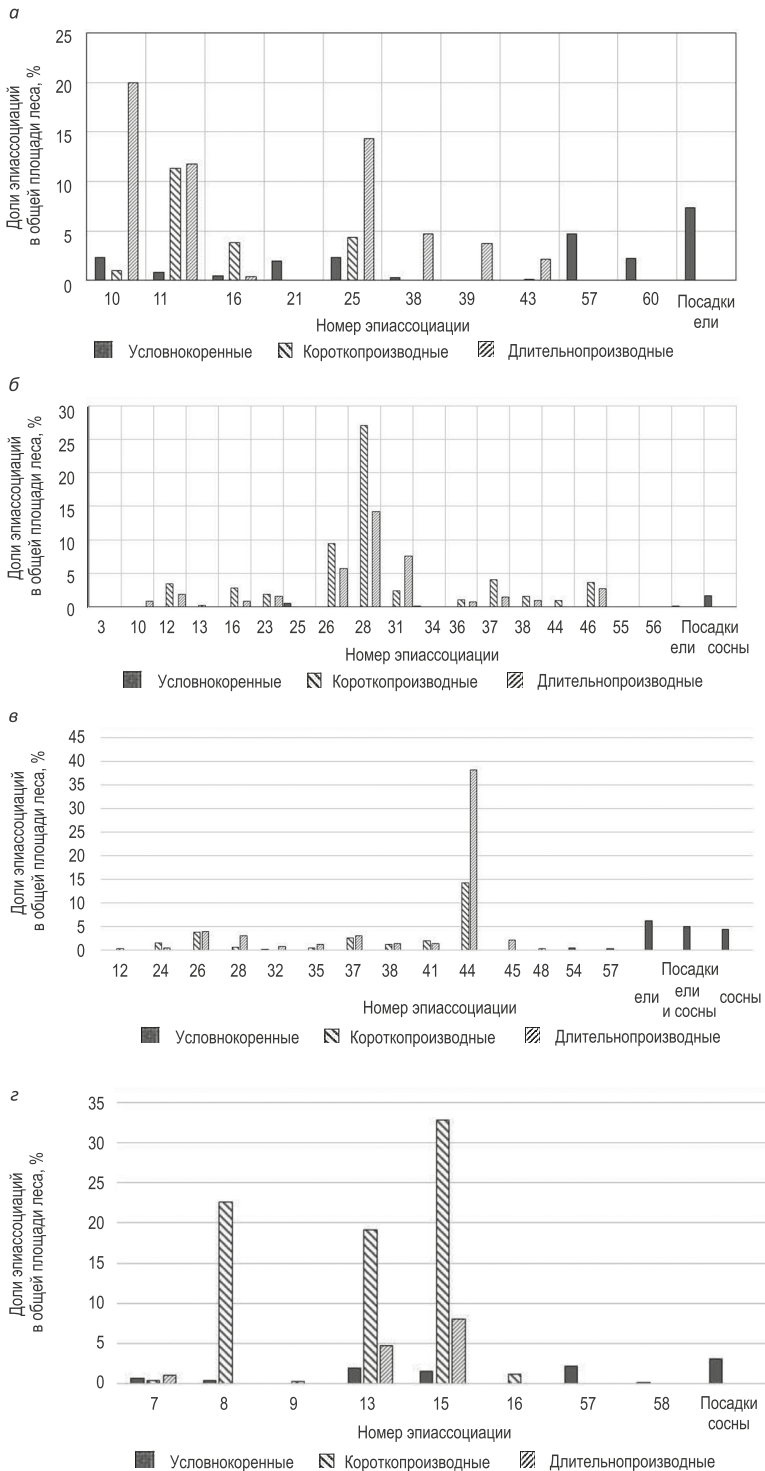


Рис. 1. Структура лесного покрова в эталонных ландшафтах по состоянию на 2016 г. в соответствии с картой растительности Московской области (масштаб 1:200 000):
 а — Ермолинский (1), б — Истринский (35), в — Апрелевско-Кунцевский (56), г — Лузгаринский (97).

подстилаемыми мореной. Бореальные сосново-еловые и сосновые леса (эпиассоциации 16 и 21) в сочетании с участками верховых сфагновых и переходных болот обычны в пределах Верхневолжской низменности; в ландшафте занимают понижения, ложбины стока и западины зандровых равнин (120–140 м) на флювиогляциальных песках и супесях с прослоями суглинков.

В лесном покрове ландшафта преобладали длительнопроизводные сообщества. В настоящий время состав лесов не изменился (рис. 1), преобладают елово-сосновые и еловые леса, на долю которых в ландшафте приходится 47 %. Условно-коренные и короткопроизводные леса по состоянию на 1991 г. занимали 44 % площади, длительнопроизводные — 56 %. В 2016 г. доля первых сократилась до 39 %, а вторых — увеличилась до 61 % (см. табл. 2).

Клинско-Дмитровская гряда. В Истринском ландшафте (35) в пределах Клинско-Дмитровской гряды состав лесов весьма разнообразный — представлен 20 эпиассоциациями. По состоянию на 2016 г. его лесистость 46 %. Преобладают гемибореальные (субнеморальные) сосново-еловые папоротниково-кислично-широкотравные (эпиассоциация 26, занимает 40 % площади лесов) и еловые с ольхой серой папоротниково-хвощево-кислично-широкотравные леса (эпиассоциация 25, ее доля в площади лесов 15 %). Отмеченные эпиассоциации являются фоновыми типами лесов северных и южных склонов Клинско-Дмитровской гряды, где приурочены к плоским пониженным участкам моренно-водно-ледниковых (200–240 м) и водно-ледниковых (180–200 и 200–230 м) равнин. Дубово-еловые папоротниково-широкотравные леса распространены в моренных (240–270 м) и моренно-водно-ледниковых ландшафтах, где занимают холмы, гряды и их склоны, в моренно-водно-ледниковых ландшафтах они тяготеют к высоким поверхностям, сложенным покровными суглинками, подстилаемыми мореной. Названия и индексы всех эпиассоциаций также представлены в табл. 1.

Площадь остальных эпиассоциаций в ландшафте незначительная (рис. 1, б). Отметим, что в данных эпиассоциациях преобладают условнокоренные (3 %) и короткопроизводные (58 % общей площади лесов) сообщества. Длительнопроизводных сообществ с преобладанием мелколиственных пород значительно меньше (см. табл. 2). При этом, как видно на снимках сверхвысокого пространственного разрешения⁵, условнокоренные еловые сообщества в последнее время достаточно сильно пострадали от кородея-типографа. Согласно данным интерактивной карты санитарных рубок⁶, в основном это монодоминантные старовозрастные сообщества (возрастом порядка 100 лет) в северной части Клинско-Дмитровской гряды. Предприятия Комитета лесного хозяйства Московской области проводят здесь сплошную зачистку пораженных участков леса, в результате чего нарушаются экологические цепи и связи, меняются состав и структура лесного массива. Это неизбежно сказывается на его продукционных особенностях и важнейших средообразующих экологических функциях (Васильев и Чистов, 2016; 2017). Отдельно отметим, что фрагментарность лесов 25 лет назад была существенно ниже современной, в связи с этим ослабла устойчивость лесных сообществ к различным

⁵ Доступны для свободного просмотра через систему Google Earth. См.: <https://www.google.com/intl/ru/earth/> (дата обращения: 24.04.2019).

⁶ См.: <https://rgis.mosreg.ru/app/map/?bbox=55.73361,36.38521,56.02402,37.4399&layers=13,224,226> (дата обращения: 27.04.2019).

Таблица 1. Индексы и названия лесных эпиассоциаций в пределах эталонных ландшафтов
(по карте растительности МО 1:200 000)

| Индекс эпиассоциации | Название | Ландшафт |
|-------------------------|--|---|
| 3 | Еловые папоротниково-хвоцево-зеленомош- ные | Истринский (35) |
| 7 | Сосново-еловые папоротниково-зеленомош- ные | Лузгаринский (97) |
| 8 | Сосново-еловые чернично-зеленомошные | Лузгаринский (97) |
| 9 | Сосново-еловые папопротниково-кисличные | Лузгаринский (97) |
| 10 | Сосново-еловые с ольхой серой папоротни- ково-хвоцево-кисличные | Ермолинский (1); Истринский (35) |
| 11 | Елово-сосновые с ольхой черной папоротни- ково-хвоцево-кисличные | Ермолинский (1) |
| 12 | Сосново-еловые вейниково-черничные | Истринский (35); Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 13 | Сосново-еловые кислично-чернично-вейни- ковые | Истринский (35); Лузгаринский (97) |
| 15 | Сосново-еловые вейниково-орляково-чер- ничные | Лузгаринский (97) |
| 16 | Сосново-еловые вейниково-чернично-долго- мошные | Ермолинский (1); Истринский (35); Лузгаринский (97) |
| 21 | Сосновые чернично-осоково-долгомошные в сочетании с чернично-сфагновыми | Ермолинский (1) |
| 23 | Сосновые кустарничково-пушицево-долго- мошно-сфагновые | Истринский (35) |
| 24 | Еловые кислично-зеленчуковые | Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 25 | Еловые с ольхой серой папоротниково-хво- цево-кислично-широкотравные | Ермолинский (1); Истринский (35) |
| 26 | Сосново-еловые папоротниково-кислично- широкотравные | Истринский (35); Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 28 | Дубово-еловые папоротниково-широко- травные | Истринский (35); Апрелевско- Кунцевский (56) |
| 31 | Сосновые с дубом и липой кустарниковые папоротниково-зеленчуковые | Истринский (35) |
| 32 | Сосновые с липой, дубом и рябиной лещино- вые кислично-широкотравные | Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 34 | Сосновые с дубом и липой лещиновые вей- никово-широкотравные | Истринский (35) |

| Индекс эниассоциации | Название | Ландшафт |
|----------------------|---|--|
| 35 | Сосново-еловые с дубом и липой кустарниковые кислично-широкоотравные | Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 36 | Сосново-еловые с дубом, липой, рябиной, кислично-хвощево-широкоотравные | Истринский (35) |
| 37 | Сосново-еловые с дубом и липой лещиновые вейниково-широкоотравные | Истринский (35); Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 38 | Сосново-еловые с дубом, липой чернично-вейниково-широкоотравные | Ермолинский (1); Истринский (35); Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 39 | Сосново-еловые с липой, дубом, кленом платановидным, ольхой черной чернично-кислично-вейниково-широкоотравные | Ермолинский (1) |
| 41 | Еловые с липой и дубом снытьево-волосистоосоковые | Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 43 | Еловые с липой и дубом хвощево-таволговые | Ермолинский (1) |
| 44 | Еловые с липой и дубом кустарниковые зеленчуковые | Истринский (35); Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 45 | Еловые с липой и дубом лещиновые кислично-широкоотравные | Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 46 | Еловые с дубом и липой кустарниковые кислично-папоротниково-широкоотравные | Истринский (35) |
| 48 | Дубовые с вязом, ольхой черной и черемухой кустарниковые широкоотравно-влажнотравные | Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 54 | Сероольховые с березой, осиной, черемухой и вязом кустарниковые влажнотравно-широкоотравные | Апрелевско-Кунцевский (56) |
| 55 | Сероольховые с березой, осиной и черемухой, малиной влажнотравные | Истринский (35) |
| 56 | Черноольховые с черемухой и осиной ивняковые влажнотравно-широкоотравные | Истринский (35) |
| 57 | Черноольховые с черемухой, ивняковые влажнотравные | Ермолинский (1); Апрелевско-Кунцевский (56); Лузгаринский (97) |
| 58 | Пушистоберезовые с сосной и ольхой серой ивняково-крушиновые серовойниково-осоково-сфагново-долгомошные | Лузгаринский (97) |
| 60 | Пушистоберезовые с ольхой черной, осиной ивняковые хвощево-таволгово-щучковые | Ермолинский (1) |

| Индекс эписоциации | Название | Ландшафт |
|-------------------------|-----------------------------|--|
| Посадки: ель | Лесные культуры ели | Ермолинский (1); Истринский (35); Апрелевско-Кунцевский (56) |
| Посадки: ель и сосна | Лесные культуры ели и сосны | Апрелевско-Кунцевский (56) |
| Посадки: сосна | Лесные культуры сосны | Истринский (35); Апрелевско-Кунцевский (56); Лузгаринский (97) |

Таблица 2. Доля лесов разной степени производительности в границах эталонных ландшафтов по состоянию на 1991 и 2016 гг.

| Ландшафт | Общая площадь лесов, км ² | | Доля сообществ в общей площади лесов, % | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|---|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | | | 1991 | | 2016 | |
| | 1991 | 2016 | Коренные и коротко-производные | Длительно-производные | Коренные и коротко-производные | Длительно-производные |
| Ермолинский ландшафт (1) | 306,36 | 291,88 | 44,38 | 55,62 | 42,85 | 57,15 |
| Истринский ландшафт (35) | 423,08 | 366,81 | 61,40 | 38,60 | 61,75 | 38,25 |
| Апрелевско-Кунцевский ландшафт (56) | 491,50 | 401,13 | 43,96 | 56,04 | 44,07 | 55,93 |
| Лузгаринский ландшафт (97) | 157,59 | 145,47 | 86,47 | 13,53 | 86,21 | 13,79 |

вредным воздействиям (поражению вредителями и болезнями, в том числе короедом, химическим загрязнениям, ветровалам и пр.), снизились их средообразующие функции и природно-экологический потенциал ландшафта в целом.

Теплостанская возвышенность. В Апрелевско-Кунцевском ландшафте (56) в пределах Теплостанской возвышенности представлено 17 эписоциаций. Лесистость ландшафта 55% по данным 1991 г.; в 2016 г. она уменьшилась до 45%. Во всех эписоциациях преобладают длительнопроизводные сообщества, их площадь почти в 1,5 раза больше площади короткопроизводных (см. табл. 2). Субнеморальные еловые и сосново-еловые эписоциации (24 и 26) занимают 12% площади леса, преобладает же широколиственно-хвойная эписоциация (44) — более 51%, доля остальных эписоциаций в лесопокрытой площади существенно меньше и более-менее одинаковая (рис. 1, в). По структуре и типологическому разнообразию леса Теплостанской возвышенности и Клинско-Дмитровской гряды принципиально различаются, в лесном покрове Апрелевско-Кунцевского ландшафта

доминируют хвойные леса с участием широколиственных пород (дуба, липы, клена) в составе лесных насаждений, в первом ярусе — сосново-дубовые и елово-дубовые древостои.

Для ландшафта характерна высокая фрагментарность лесов, площадь многих выделов не превышает 1 и даже 0,5 км², как в 1991 г., так и в 2016 г. Антропогенное воздействие на данный ландшафт, очевидно, в будущем будет только возрастать, ввиду того что его территория входит в Новомосковский административный округ и может использоваться при реализации планов развития муниципальных образований ТиНАО⁷ (Васильев и Чистов, 2016).

Мещерская низменность. Лузгаринский ландшафт (97) Мещерской низменности небольшой по площади, и в нем произрастают 9 эпиассоциаций, представляющие хвойные бореальные леса. В ландшафте преобладают сосново-еловые леса: зеленомошные, кислично-чернично-вейниковые и вейниково-орляково-черничные эпиассоциации (8, 13, 15), занимающие до 89 % от общей площади лесов (67 % от площади ландшафта; рис. 4). Эти эпиассоциации широко представлены в ландшафтах Верхневолжской и Мещерской низменных равнин, где приурочены к волнистым и плоским моренно-водно-ледниковым равнинам (120–140 м), сложенным супесчаными, гравийно-каменистыми и песчаными отложениями, подстилаемыми мореной, характерны они и для водно-ледниковых задровых равнин (110–120 м). Сосново-еловые вейниково-орляково-черничные леса, преобладая в Мещере, почти не выходят за ее пределы. Леса в целом старовозрастные, средний возраст составляет 90–100 лет. Примечательно, что в эпиассоциациях преобладают условнокоренные (10 % площади леса) и короткопроизводные сообщества (75 %), что свидетельствует о сохранившемся лесном покрове и высоком экологическом потенциале ландшафта.

Лесные массивы компактные, и фрагментарность здесь не выражена. Интересно, что в пределах ландшафта практически не отмечено поражение деревьев короедом-типографом, поэтому древостой сохранился достаточно хорошо. Учитывая относительно небольшую антропогенную нарушенность и наличие старовозрастных лесных массивов, можно рекомендовать эту территорию в качестве охраняемого генофонда. Важна роль лесных массивов в заболоченных местностях — они участвуют в регулировании водного баланса и выполняют средостабилизирующую функцию. Помимо этого, они представляют ценность в силу своих продукционных возможностей, поэтому так важно сохранять условнокоренные леса гидроморфного ряда.

Анализ имеющихся материалов позволил провести картографический анализ динамики лесного покрова в пределах эталонных ландшафтов за последние 25 лет. Результаты анализа изменения состава лесов и соотношения площадей условнокоренных, коротко- и длительнопроизводных сообществ приведены в табл. 2.

В Ермолинском ландшафте (1) Верхневолжской низменности преобладали (по состоянию на 1991 г.) длительнопроизводные сообщества, притом что площади условнокоренных и короткопроизводных лесов также были достаточно большими. За последние 25 лет общая площадь лесов сократилась на 14,48 кв. км, площади длительнопроизводных сообществ, в основном березовых, сократились на 3,44 кв. км,

⁷ ТиНАО — Троицкий и Новомосковский административные округа.

что составляет 24 % от общей площади сокращения лесов. В целом среди эталонных ландшафтов области аналогичная ситуация отмечается в лесах Апрелевско-Кунцевского ландшафта (56), где отмечено максимальное сокращение площади лесов — на 90,37 км² (общая лесистость уменьшилась на 10 %). Здесь трансформация лесного покрова в большей степени затронула длительнопроизводные сообщества, площади которых сократились на 51,7 км² (57 % общей площади сокращения лесов), однако площади условнокоренных и короткопроизводных лесов стали меньше на 43 %, что может свидетельствовать о снижении экологического потенциала ландшафта.

В Истринском ландшафте (39) в пределах южного макросклона Клинско-Дмитровской гряды преобладают коренные и короткопроизводные сообщества, площадь длительнопроизводных лесов практически в 2 раза меньше. При этом площадь условнокоренных сообществ сократилась почти на 70 %, а длительнопроизводных — лишь на 30 % (рис. 2, а). Общая площадь лесов уменьшилась на 56,27 км².

В Лузгаринском ландшафте (97) Мещерской низменности доля условнокоренных лесов наибольшая среди эталонных ландшафтов, при этом общая площадь условнокоренных и короткопроизводных лесов за последние 25 лет не изменилась и составляет порядка 86 %. В структуре лесов преобладают хвойные старовозрастные насаждения. Общая лесистость ландшафта уменьшилась на 6 % в основном за счет сокращения площади, занятой условнокоренными и короткопроизводными сообществами лесов (рис. 2, б).

Итак, за последние 25 лет во всех эталонных ландшафтах отмечено сокращение площади лесов, при этом довольно сильное, что повлекло за собой изменения в лесистости эталонных ландшафтов в целом (табл. 3). Лесистость территории Московской области различна, в целом она составляет 42 %. Ее максимум — 75 % — отмечается на востоке области в пределах Лузгаринского ландшафта Мещерской низменности, к 2016 г. она сократилась на 6 %. Минимальные значения лесистости в границах рассмотренных ландшафтов — 55 и 53 % — отмечаются в пределах Апрелевско-Кунцевского ландшафта Теплостанской возвышенности и Истринского ландшафта (к 2016 г. они уменьшились еще на 10 и 7 % соответственно). Лесистость Ермолинского ландшафта достигала 64 % и сократилась на 3 % к 2016 г.

Таблица 3. Общая лесистость в пределах эталонных ландшафтов Московской области, %

| Ландшафт | 1991 г. | 2016 г. |
|----------------------------|---------|---------|
| Ермолинский (1) | 64,23 | 61,27 |
| Истринский (35) | 52,85 | 45,82 |
| Апрелевско-Кунцевский (56) | 54,57 | 44,54 |
| Лузгаринский (97) | 75,25 | 69,46 |

Таким образом, можно свидетельствовать об общей тенденции сокращения лесных площадей в различных природных условиях Московской области. При этом сохраняется хорошо выраженная закономерность — чем ближе к Москве, тем

больше сокращается лесистость ландшафтов, а значит, снижается их природно-экологический потенциал. Значительная часть сокращенных лесов связана с санитарными рубками и вырубками для застройки территории (официально согласованной), а также с повреждением лесов в результате деятельности короеда-типографа.

Все полученные результаты были занесены в единую базу геоданных, посвященную экологическим функциям лесов Московского региона. Она реализована в среде ArcGIS и состоит из различных исследовательских блоков. Один из таких блоков представляет собой характеристику лесного покрова и его разнообразие в пределах эталонных ландшафтов. Важный критерий оценки леса — его породный состав, разнообразие и структура лесного покрова, а именно положение (статус) лесного сообщества в динамическом ряду и соотношение коротко- и длительно-производных лесов, т. е. степень нарушенности лесов в результате рубок и пожаров, деятельности короеда-типографа. Формирование базы геоданных на текущий момент не завершено, поэтому в открытом доступе она не представлена.

На основе созданной базы были подготовлены диаграммы структуры лесного покрова и различного рода геоизображения состояний лесов на 1991, 2005, 2014 и 2016 гг. Эта база послужила основой для контурного обновления средне-масштабной карты растительности Московской области, а также для комплексной оценки параметров лесного покрова с позиций охраны природы. Указанная оценка основана, в свою очередь, на экологических функциях, выполняемых каждой эпиассоциацией. Примеры, отражающие динамику сокращения лесного покрова, приведены на рис. 2. Подобные карты наглядно иллюстрируют изменения не только площади лесов в эталонных ландшафтах, но отображают динамику состава и соотношения эпиассоциаций, что является хорошим индикатором всех процессов, происходящих в ландшафте.

4. Выводы

На основе карты растительности Московской области проанализировано состояние лесного покрова в эталонных ландшафтах, представляющих ландшафтные комплексы лесов четырех природных провинций:

- 1) Верхневолжской низменности,
- 2) Клинско-Дмитровской гряды,
- 3) Теплостанской возвышенности,
- 4) Мещерской низменности.

В пределах Верхневолжской низменности основную долю лесов занимают бо-реальные 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.

По разнообразию лесного покрова и количеству эпиассоциаций выделяется Истринский ландшафт Клинско-Дмитровской гряды, наименее разнообразен лесной покров в пределах Лузгаринского ландшафта Мещерской низменности. В лесах Теплостанской возвышенности наряду с хвойными широко представлены широколиственные породы — дуб, липа, клен. Структура лесного покрова наиболее проста

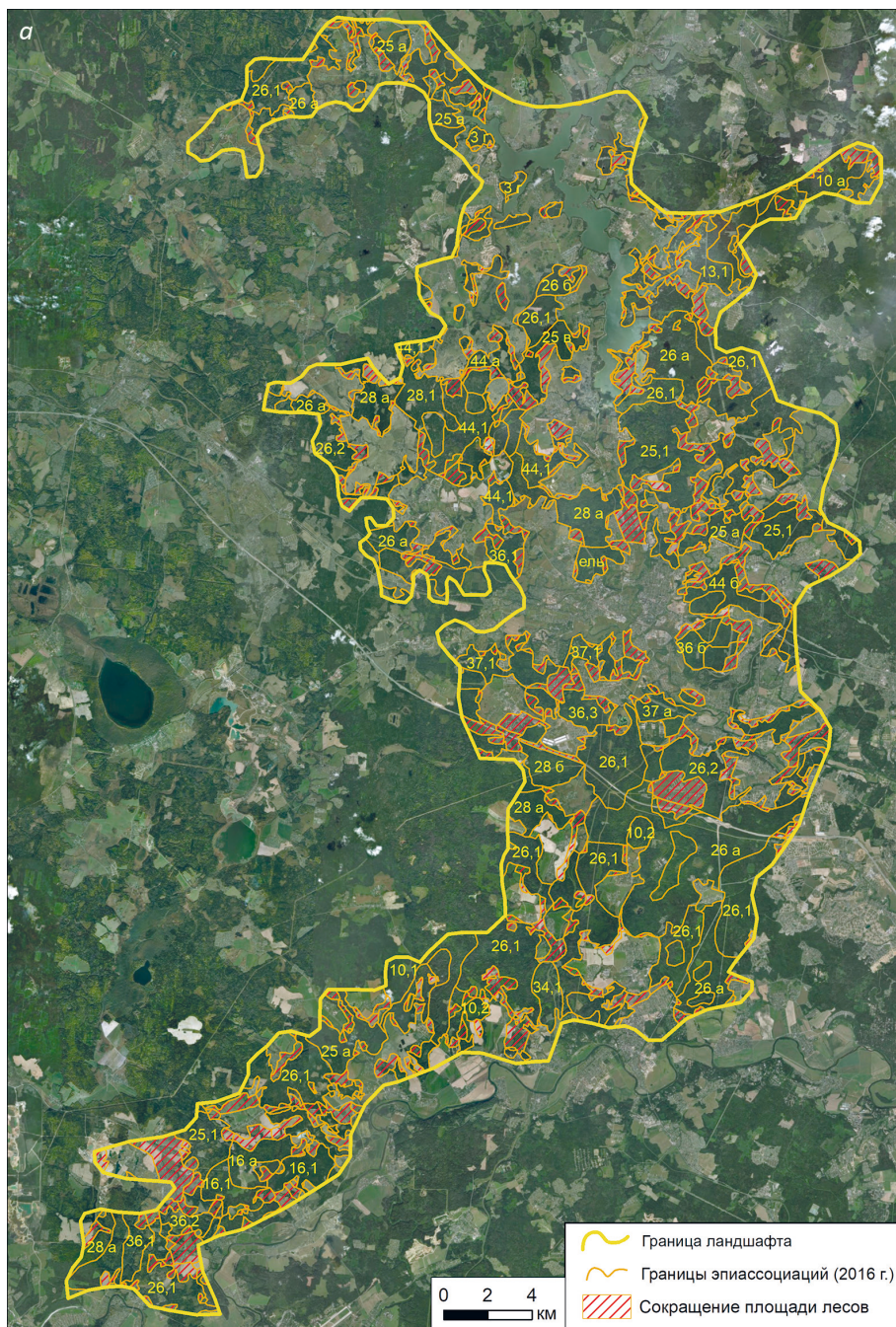
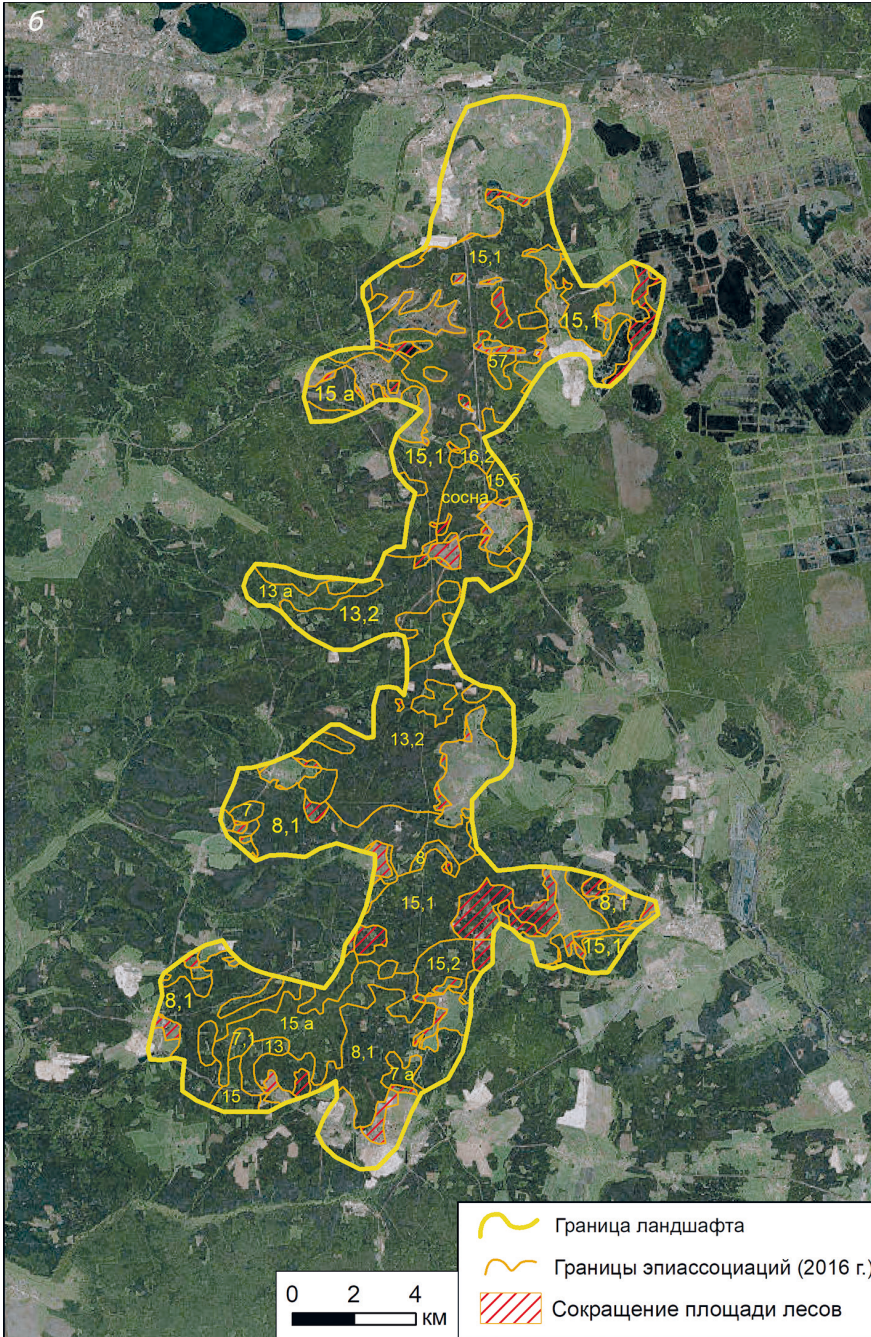


Рис. 2. Изменение площади лесов за 1991–2016 гг. В пределах Истринского (а) и Лузгаринско-го (б) ландшафтов:

заштрихованные области — сокращение площади лесов, подложка — космический снимок Landsat 8, естественные цвета. Цифро-буквенные обозначения — номера эпиассоциаций: целые числа (7; 15) характеризуют условнокоренные, цифровой индекс (8,1; 13,2) — короткопроизводные с преобладанием хвойно-широколиственных пород, буквенные (13 а; 15 б) — длительнопроизводные леса с преобладанием мелколиственных пород.



в ландшафте Мещерской низменности и на 86 % представлена сообществами условнокоренных и короткопроизводных старовозрастных лесов.

Аналогичная ситуация, но с менее ярко выраженным преобладанием условнокоренных сообществ в ландшафте Клинско-Дмитровской гряды. Условнокоренные и короткопроизводные сообщества следует признать наиболее ценными лесами, однако сохранность лесов в пределах Клинско-Дмитровской гряды в последнее время вызывает все большие опасения. Длительнопроизводные осиново-березовые леса как наименее ценные по своим продукционным свойствам преобладают в ландшафтах Верхневолжской низменности и Теплостанской возвышенности. Леса Теплостанской возвышенности характеризуются также большой фрагментарностью в силу высокой антропогенной трансформации. Однако в пределах этих ландшафтов отдельные эпиассоциации еще не потеряли свою ценность и роль в сохранении природно-экологического потенциала.

Лесистость напрямую определяет природно-экологический потенциал ландшафта, являясь одним из главных критериев его оценки. Если она становится ниже 45 %, то резко снижается природоохранная ценность лесов (Котова и др., 2000). Важными критериями оценки лесного массива выступают также его породный состав, типологическое разнообразие и структура лесного покрова, положение лесных сообществ в динамических рядах эпиассоциаций (степень производности). Для выделения ценных и особо ценных лесов имеет значение также продукционная способность сообщества, сохранность их средообразующих функций.

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 эталонных ландшафтах.

Заключительным этапом исследования стало обновление содержания карты растительности Московской области на территории изученных ландшафтов, созданы карты динамики площадей и изменения общей структуры лесов на примере Истринского и Лузгаринского ландшафтов (см. рис. 2), а также интегральной оценки современного состояния лесов с учетом их экологической значимости, выполнения средообразующих экологических функций. Созданные карты являются основой для развивающегося космического мониторинга текущих изменений в лесном фонде отдельных регионов и страны в целом. Развитие дистанционных средств и методов наблюдения за лесами, геоинформационных технологий позволяют совершенствовать сопряженную обработку космических изображений, картографической информации и фактологических баз данных о лесах. Полученная оперативная объективная информация о состоянии лесов с учетом их средообразующих и других экологических функций должна находить свое отражение в природоохранной деятельности и в генеральных планах устойчивого развития регионов.

Литература

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

- Васильев, О. Д., Чистов, С. В., 2016. Исследование и картографирование средообразующих функций лесов Новой Москвы. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка 60, 5, 128–133.
- Васильев, О. Д., Чистов, С. В., 2017. Экологический каркас Московского региона и его сохранение. Геопоиск–2017: Материалы II Всероссийского конгресса молодых ученых-географов. Изд-во ТвГУ, Тверь, 338–354.
- Исаев, А. С., Коровин, Г. Н., 2003. Крупномасштабные изменения в бореальных лесах Евразии и методы их оценки с использованием космической информации. Лесоведение 2, 3–9.
- Карта растительности Московской области. М. 1 : 200 000 / Огуреева Г. Н (под ред.), 1996. Изд-во МГУ, Москва.
- Котова, Т. В., Микляева, И. М., Огуреева, Г. Н., Сулова, Е. Г., Швергунова, Л. В., 2000. Опыт картографирования экологического состояния растительного покрова. Экология 5, 349–354.
- Национальный атлас России. Том 2. Природа и экология, 2004. ФГУП «Госгисцентр», Москва, 495 с.
- Огуреева, Г. Н., Сулова, Е. Г., 1992. Принципы составления легенды среднемасштабной карты растительности Московской области. Экологические исследования в Москве и Московской области. Москва, 139–164.
- Рычагов, Г. И., 2006. Общая геоморфология. Изд-во МГУ, Наука, Москва.
- Сочава, В. Б., 1972. Классификация растительности как иерархия динамических систем. Геоботаническое картографирование. Наука, Ленинград, 3–18.
- Спиридонов, А. И., 1972. Краевые образования московского оледенения в центральных областях Русской равнины, в: Краевые образования материковых оледенений. Наука, Москва, 94–99.
- Чистов С. В., 1993. Использование принципа рациональности природопользования в решении крупных программ Московского региона, в: Проблемы землепользования в связи с развитием малоэтажного жилищного строительства в Московском регионе. Москва, 49–54.

Статья поступила в редакцию 16 августа 2018 г.

Статья рекомендована в печать 18 марта 2019 г.

Контактная информация:

Васильев Олег Дмитриевич — vasilyev_vizin@bk.ru

Огуреева Галина Николаевна — ogur02@yandex.ru

Чистов Сергей Владимирович — svchistov@mail.ru

The assessment of forest coenotic diversity and its dynamics in Moscow region reference landscapes based on remote sensing data

O. D. Vasilyev^{1,2}, G. N. Ogureeva¹, S. V. Chistov¹

¹ Lomonosov Moscow State University,

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russian Federation

² State oceanographic institute,

6, Kropotkinskii per., Moscow, 119034, Russian Federation

For citation: Vasilyev, O. D., Ogureeva, G. N., Chistov, S. V. (2019). The assessment of forest coenotic diversity and its dynamics in Moscow region reference landscapes based on remote sensing data. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 64 (2), 185–205. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.202> (In Russian)

The article presents the results of the assessment of the coenotic variety of forests of reference landscapes of glacial and water-ice genesis of the Moscow region in different physico-geographical regions, such as Verkhnevolzhskaya lowland, Klinско-Dmitrovskaya range, Teplostanskaya Upland and Meshcherskaya lowland. The assessment basis was the vegetation map of the Moscow region (1 : 200 000) and space images of the Landsat system. A basic unit

of assessment is epiasociation, which presents the ecological condition of the forest cover. It provides the possibility of using the ratio of indigenous, short- and long-term communities to determine the extent of human impact and forest ecological functions preservation. Based on the cartographic method of research, landscape complexes of forest types have been identified, and the ecosystem diversity at the local level has been assessed. The vegetation map of the Moscow region has been updated as a result. The authors found that in the landscape of Verkhnevolzhskaya lowland the main spaces are occupied by fir and pine short-term forests. The landscapes of the Klinsko-Dmitrovskaya range and Meshcherskaya lowland are dominated by coniferous forests; the Teplostanskaya Upland — by coniferous-deciduous forests. In all considered landscapes, the authors noted a strong reduction of forest cover. Primarily it is associated with the human impact increase on natural ecosystems. The strongest reduction in forest areas and forest cover fragmentation occurred in the landscapes of the Klinsko-Dmitrovskaya range and Teplostanskaya Upland. Reduction maps of forest cover of reference landscapes were compiled based on the data obtained.

Keywords: forest dynamics, biodiversity, landscape complex of forest types, ecological functions of forest, cartographic research method, remote sensing of forest.

References

- Annenskaya, G. N., Zhuchkova, V. K., Kalinina, V. R., Mamai, I. I., Nizovtsev, V. A., Khrustaleva, M. A., Tsesel'chuk, Yu. N., 1997.* Landshafty Moskovskoi oblasti i ikh sovremennoe sostoianie [Landscapes of the Moscow region and their current state]. SGU Publ., Smolensk. (In Russian)
- Belyaeva, N. G., 2012.* Analiz struktury lesnogo pokrova iugo-zapadnoi chasti Klinsko-Dmitrovskoi griady na osnove landshaftnogo podkhoda [Forest cover structure analysis of south west part of Klinsko-Dmitrovskaya range based on landscape approach]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* 1(6), 1434–1437. (In Russian)
- Chistov, S. V., 1993.* Ispol'zovanie printsipa ratsional'nosti prirodopol'zovaniia v reshenii krupnykh programm Moskovskogo regiona [Use of the principle of rationality of nature management in the solution of major programs of the Moscow region]. *Problemy zemlepol'zovaniia v sviazi s razvitiem maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva v Moskovskom regione.* Moscow, 49–54. (In Russian)
- Isaev, A. S., Korovin, G. N., 2003.* Krupnomasshtabnye izmeneniia v boreal'nykh lesakh Evrazii i metody ikh otsenki s ispol'zovaniem kosmicheskoi informatsii [Large-Scale Changes in Eurasian Boreal Forests and Methods of Their Assessment Using Space Information]. *Lesovedenie* 2, 3–9. (In Russian)
- Karta rastitel'nosti Moskovskoi oblasti, 1996.* [Vegetation map of Moscow Region], Scale 1:200 000. *Ogureeva G. N., Moscow University Publ., Moscow.* (In Russian)
- Kotova, T. V., Miklyaeva, I. M., Ogureeva, G. N., Suslova, E. G., Shvergunova, L. V., 2000.* Opyt kartografirovaniia ekologicheskogo sostoyaniya rastitel'nogo pokrova [Experience in mapping the ecological state of vegetation cover]. *Ekologiya* 5, 349–354. (In Russian)
- Natsional'nyi atlas Rossii. Vol. 2. Priroda i ekologiia [National Atlas of Russia. Environment (Nature). Ecology], 2004.* FGUP "Gosgistsentr" Publ., Moscow. (In Russian)
- Ogureeva, G. N., Suslova, E. G., 1992.* Printsipy sostavleniia legendy srednemasshtabnoi karty rastitel'nosti Moskovskoi oblasti [Principles of making a legend of the medium-scale vegetation map of the Moscow Region]. *Ekologicheskie issledovaniia v Moskve i Moskovskoi oblasti,* Moscow, 139–164. (In Russian)
- Rychagov, G. I., 2006.* Obshchaia geomorfologiia [General geomorphology]. *Moscow University Publ., Nauka Publ., Moscow.* (In Russian)
- Sochava, V. B., 1972.* Klassifikatsiia rastitel'nosti kak ierarkhiia dinamicheskikh sistem [Vegetation classification as a hierarchy of dynamic systems]. *Geobotanicheskoe kartografirovanie.* Nauka Publ., Leningrad, 3–18. (In Russian)
- Spiridonov, A. I., 1972.* Kraevye obrazovaniia moskovskogo oledeneniia v tsentral'nykh oblastyakh Russkoi ravniny [The boundary formations of the Moscow glaciation in the central regions of the Russian Plain]. In: *Kraevye obrazovaniya materikovyykh oledeneni.* Nauka Publ., Moscow, 94–99. (In Russian)
- Vasilyev, O. D., Chistov, S. V., 2016.* Issledovanie i kartografirovanie sredoobrazuiushchikh funktsii lesov Novoi Moskvy [Researching and creating maps of environmental-forming functions of the forests of

New Moscow]. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziia i aerofotos"emka* 60(5), 128–133. (In Russian)

Vasilyev, O. D., Chistov, S. V., 2017. Ekologicheskii karkas Moskovskogo regiona i ego sokhranenie [Ecological framework of Moscow region and its preservation], Vserossiiskii kongress molodykh uchenykh-geografov Geopoisik–2017 [All-Russian Congress of young geographers "Geopoisik–2017"]. Materialy II Vserossiiskogo kongressa molodykh uchenykh-geografov. TvGU Publ., Tver', 338–354. (In Russian)

Received: August 16, 2018

Accepted: March 18, 2019

Author's information:

Oleg D. Vasilyev — vasilyev_vizin@bk.ru

Galina N. Ogureeva — ogur02@yandex.ru

Sergey V. Chistov — svchistov@mail.ru