

УДК 630*587.6:630*905.2 (1–924.14/.16)

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ КАРЕЛЬСКОЙ ЧАСТИ ЗЕЛЕННОГО ПОЯСА ФЕННОСКАНДИИ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Б. В. Раевский, В. В. Тарасенко

*Отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»,
Петрозаводск, Россия*

Исследована структура и динамика ряда параметров лесного фонда части территории Зеленого пояса Фенноскандии путем дешифрирования космических снимков Landsat-8. Был использован метод контролируемой классификации с опорой на повыведенную базу данных лесоустройства и государственного лесного реестра. Реализация такого методического подхода позволила достичь 84 % точности в идентификации и локализации непокрытых лесом земель, возникших за исследуемый период (2000–2015 гг.). Показано, что на исследованной территории хвойные насаждения старше 140 лет являются основными объектами лесозэксплуатации. В течение последних 15 лет лесозаготовительная деятельность концентрировалась по периферии последних сохранившихся малонарушенных лесных массивов и в непосредственной близости от границ федеральных ООПТ, таких как заповедник «Костомукшский» и национальный парк «Калевальский». Такого рода антропогенная активность создает для них определенную угрозу, которая может быть в значительной степени снята путем организации ООПТ регионального значения в тех частях малонарушенных лесных массивов, которые не имеют специального природоохранного статуса.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования; контролируемая классификация; дешифрирование; особо охраняемые природные территории; малонарушенные леса; Зеленый пояс Фенноскандии.

B. V. Raevsky, V. V. Tarasenko. INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF FORESTS IN THE KARELIAN PART OF THE GREEN BELT OF FENNOSCANDIA BY REMOTE SENSING

The structure and dynamics of forest lands in the Green Belt of Fennoscandia, in the central part of the West-Karelian upland were investigated using remote sensing data from Landsat-8. Supervised image classification was performed, with the forest survey database as the source of reference areas. This approach has enabled the identification and localization of non-forested land which appeared between 2000 and 2015 at 84 % accuracy. It was found that old-growth coniferous stands older than 140 years were the main objects for commercial cuttings within the area investigated. During the last 15 years, logging activities were concentrated around the last surviving old-growth forest tracts and in close vicinity to the boundaries of strict nature reserve Kostomukshsky and nature park Kalevalsky. This kind of human activity creates a real threat for them, which can be prevented by setting up regional-level protected areas in those parts of the old-growth forest tracts that are not protected under a special conservation status.

Введение

По экологическим, природоохранным и рекреационным критериям Зеленый пояс Фенноскандии (ЗПФ), простирающийся по обе стороны вдоль российско-финляндско-норвежской границы на протяжении около полутора тысяч километров, представляет собой уникальный природный объект, имеющий общеевропейское значение [Титов и др., 2009]. Поскольку в его пределах находятся крупные массивы относительно хорошо сохранившихся в естественном состоянии природных экосистем, данная территория нуждается в развитой системе разнопланового мониторинга, охватывающего все аспекты их природной и антропогенной динамики. До недавнего времени в силу значительной неопределенности внутренней границы ЗПФ любой количественный анализ распределения его площади по различного рода категориям земель представлял собой трудно-разрешимую задачу. Однако в последние годы в этом вопросе следует отметить существенный прогресс [Kryshen et al., 2013; Боровичев и др., 2018]. Восточная граница ЗПФ в Карелии и Мурманской области была определена с учетом ряда факторов, в т. ч. расположения особо охраняемых территорий (ООПТ) и гидрографической сети. Для того чтобы иметь возможность использования данных государственного лесного реестра (ГЛР), в пределах таежной зоны линия границы ЗПФ была скорректирована по расположению квартальной сети [Отчет..., 2018].

Анализ структурных характеристик лесного фонда российской части ЗПФ, его природной и антропогенной динамики теоретически возможен только при наличии на повыведельном уровне всей исходной информации (пространственной и атрибутивной) на момент проведения лесоустройства. В ГИС-форматах, т. е. в виде цифровой картографической базы данных (ЦКБД), такие сведения представлены не более чем для половины его территории. Изменения, происходящие в лесном фонде, фиксируются в базе данных (БД) государственного лесного реестра (ГЛР), которая обновляется ежегодно. Однако в настоящее время БД ГЛР не является картографической и, следовательно, не может быть непосредственно использована для составления карт актуального состояния лесного покрова. Кроме описанных выше ограничений указанные сведения носят

сугубо ведомственный характер и малодоступны для широкого круга пользователей. В то же время актуальная информация о состоянии лесов и происходящих в них изменениях является весьма востребованной, что и послужило одной из причин широкого использования данных дистанционного зондирования (ДДЗ) в изучении и мониторинге состояния растительного покрова [Барталев и др., 2004; Hansen et al., 2013; Homolova et al., 2013]. По мнению ряда авторов [Ольшевский, 2010; Комарова и др., 2016], быстро развивающиеся методы дешифрирования изображений дают возможность проанализировать лесной покров большой территории с относительно небольшими затратами времени и финансовых средств, а верификация полученных результатов на основе информации наземных исследований позволяет добиться сравнительно высокой точности. При этом многие аспекты методики дешифрирования ДДЗ и верификации полученных данных нуждаются в уточнении и дополнительном научном обосновании.

ЦКБД лесоустройства, если она существует, позволяет строить широкий спектр тематических карт в отношении лесного фонда, в т. ч. касающихся породно-возрастной структуры лесов. Существенной проблемой является то, что изменения природного и антропогенного характера, происходящие в пределах ревизионного периода, в данной базе не отражаются. В связи с этим одной из актуальных задач, например, является пространственная локализация вырубок, позволяющая оценивать степень антропогенного воздействия на те или иные ценные лесные территории.

Целью настоящего исследования являлся анализ динамики покрытой лесом площади Зеленого пояса Фенноскандии с использованием многозональных космических снимков среднего разрешения, а также повыведельных БД лесоустройства и государственного лесного реестра.

Объекты и методика исследований

Работа выполнена в отношении той части территории ЗПФ, по которой имелась в наличии повыведельная цифровая картографическая база данных. Общая площадь анализируемого лесфонда равнялась 1364000 га (Костомукшское и Муезерское центральные лесничества), что составило 39,9 % от общей площади лесфонда карельской части ЗПФ.

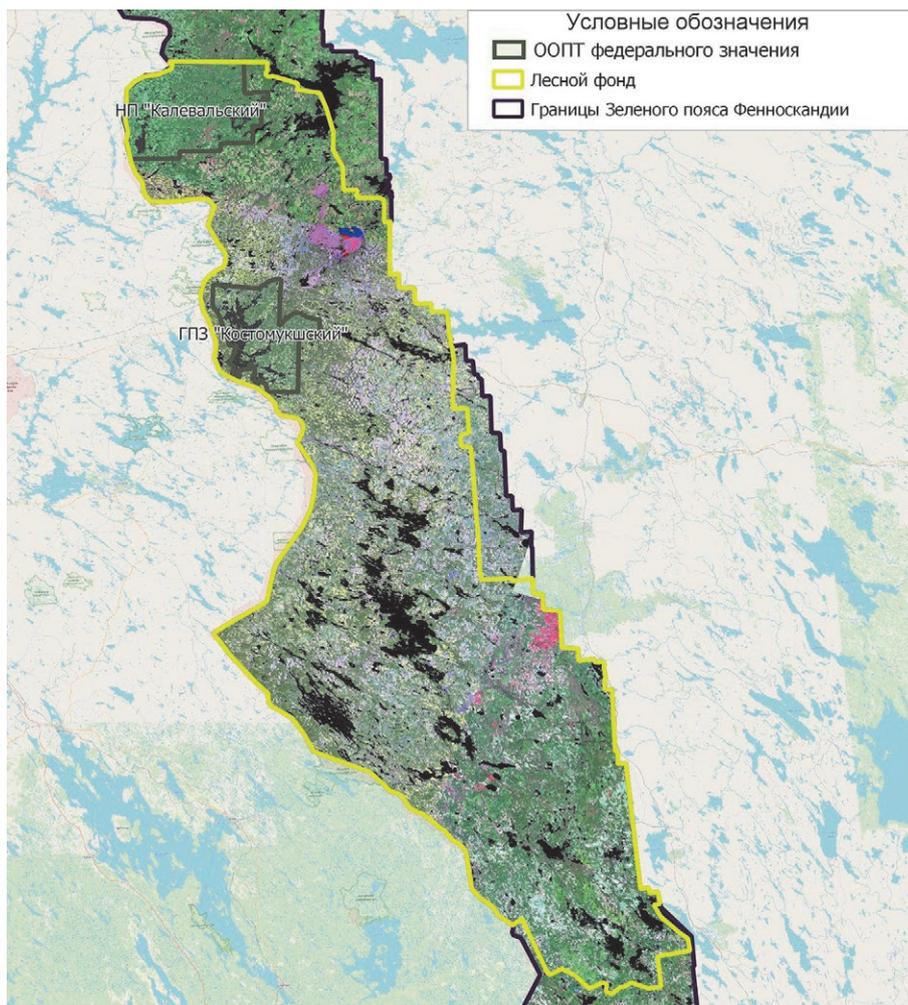


Рис. 1. Покрытие данными ДЗ исследуемой территории ЗПФ. М 1:1 100 000
 Fig. 1. Territory of the GBF covered by remote sensing data. Scale 1:1 100 000

С использованием открытого программного обеспечения QuantumGIS (модуль Semi-Automatic Classification Plugin) была осуществлена классификация космических снимков Landsat 8 (пространственное разрешение 30 м/пиксель), полученных в период с 2014 по 2018 год для искомой части территории ЗПФ. Всего было скачано 5 снимков площадью 3731 тыс. га каждый. Цветной композит изображения создавался на основе комбинации каналов 7-5-3, дающих изображение, близкое к естественным цветам [Костикова, 2016]. После выбора соответствующих каналов создавался растр всего космоснимка. Для последующей классификации исследуемой территории выполнялось извлечение изображения по границе территории ЗПФ с помощью инструментальных средств QGIS (рис. 1). В основу методики был положен метод контролируемой классификации, когда изображение классифицируется автоматически на основе нескольких образцов «обучающих» (ROI) выборок пикселей [Сутырина, 2013].

Эталонные участки определялись на основе имеющейся картографо-атрибутивной информации поведельной базы данных лесного фонда, разбитой на следующие группы (слои):

Покрытые лесом земли:

- хвойные (сосна-ель) леса, возраст: 0–40 лет;
- хвойные леса, возраст: 41–80 лет;
- хвойные леса, возраст: 81–100 лет;
- хвойные леса, возраст: 101–120 лет;
- хвойные леса, возраст: 121–140 лет;
- хвойные леса, возраст: 141 год и старше;
- лиственные (береза-осина) леса, возраст: 0–50 лет
- лиственные (береза-осина) леса, возраст: 51 год и старше.

Непокрытые лесом земли:

- вырубки;
- луга;
- гари;
- погибшие насаждения.

Нелесные земли

- застроенные территории;

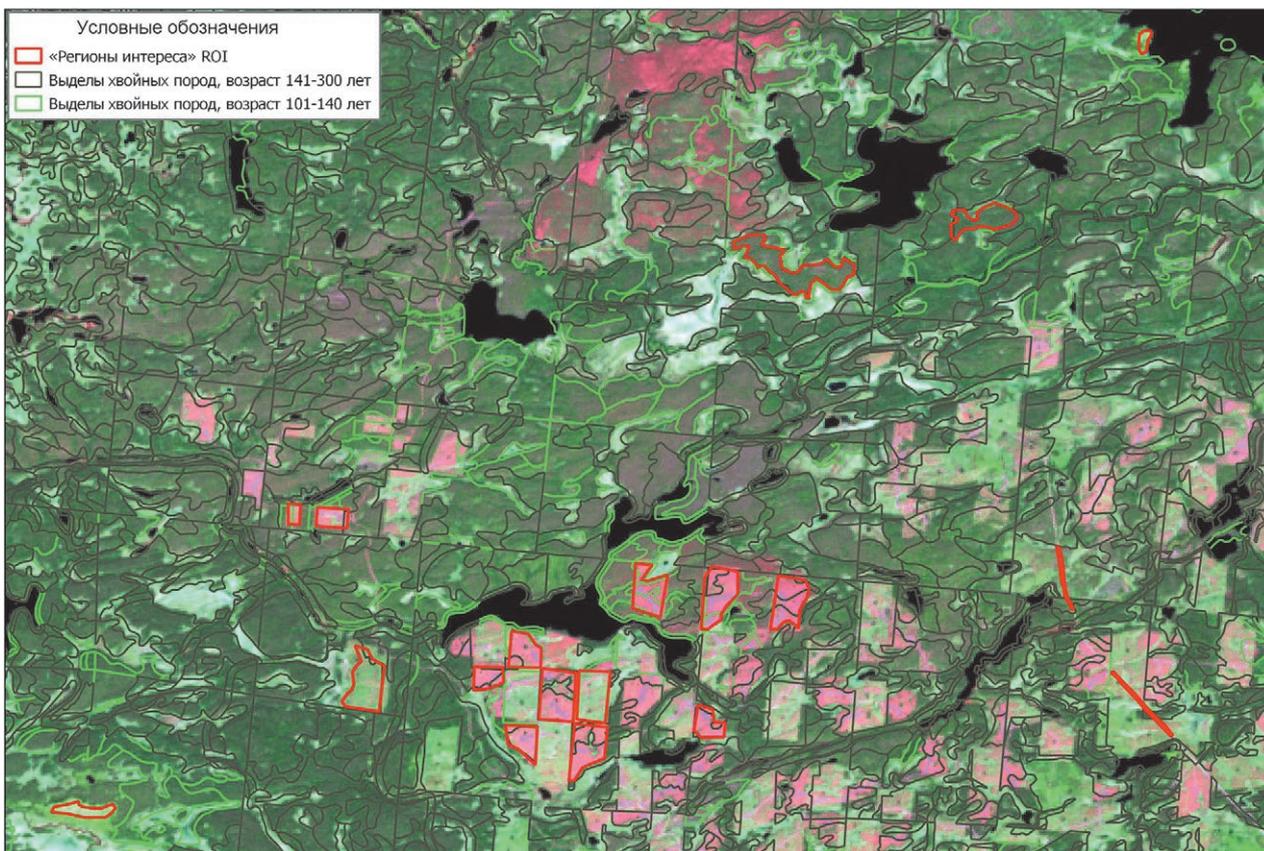


Рис. 2. Формирование «регионов интереса» ROI

Fig. 2. Highlighting of the “regions of interest” ROI

- дорожная сеть;
- карьеры;
- водные тела.

В используемом модуле полуавтоматической классификации SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) был создан полигональный слой, имеющий несколько полей атрибутов, в которых сохранялись значения ROI («регионы интереса»). Учитывая спектральную изменчивость классов земного покрова, требовалось сформировать несколько ROI для каждого класса.

Путем наложения векторного тематического слоя из ЦКБД на снимок (рис. 2) в каждой группе выбирались характерные полигональные объекты (выделы-эталон) для формирования «регионов интереса». «Регионы интереса» ROI создавались полигональными контурами в границах эталонов и загружались в полигональный слой классификации. Слой классификации, включая стиль, сохранялся в итоговом «шейп-файле» (Shapefile). Выходными данными дешифрирования каждого космоснимка являлись растровый файл в TIF-формате и векторная информация по классам в «шейп-файле».

Таким образом, для выполнения анализа динамики покрытой лесом площади Зеленого по-

яса Фенноскандии использовались следующие категории исходных данных:

- полученная по запросу из Министерства природопользования и экологии РК пространственно-атрибутивная информация по выделным базам данных лесного фонда Муезерского и Костомукшского лесничеств по состоянию на 2000 г.;
- данные из БД ГЛР по состоянию на 01.01.2018 г.;
- результаты классификации космических снимков Landsat 8 (2015 г.).

В Муезерском и Костомукшском лесничествах для хвойных насаждений производительностью от III класса бонитета и выше установлен возраст рубки в пределах V класса возраста (81–100 лет). В связи с тем, что доля таких древостоев не превышает 2,5 % от покрытой лесом площади, данный возрастной диапазон не анализировался. В вышеназванных лесничествах возрасты рубок для насаждений хвойной хозсекции производительностью от IV класса бонитета и ниже установлены в диапазоне 101–140 лет, в зависимости от вида целевого назначения лесов. Для первого этапа анализа из поведельной БД были сформированы два

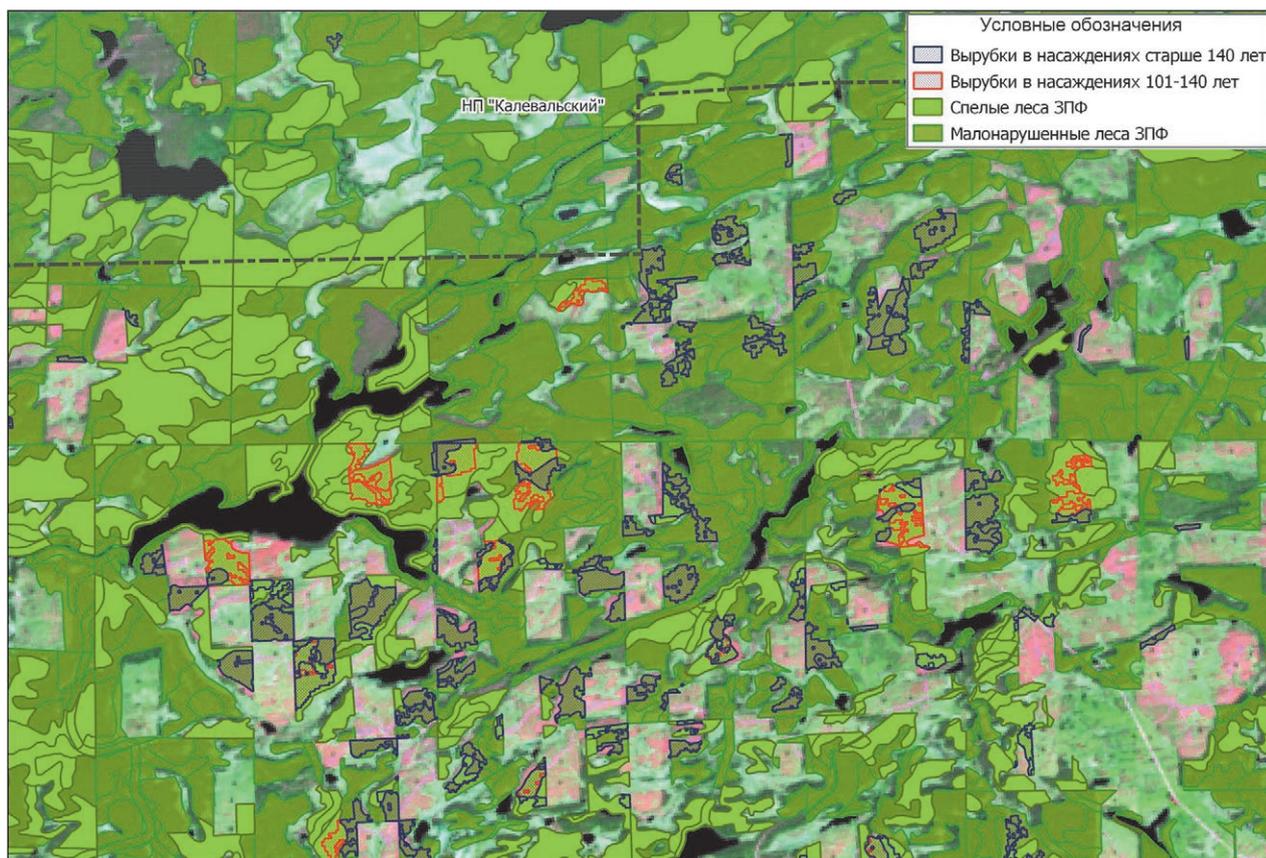


Рис. 3. Фрагмент слоев «Вырубки...» в результате дешифрирования космоснимка

Fig. 3. Fragment of the layers "Cuttings...." as a result of the space image interpretation

векторных слоя в формате ГИС MapInfo (ТАВ-файл), а именно: выборки выделов хвойных насаждений с возрастом 101–140 лет (условное название «Спелые леса ЗПФ») и старше 140 лет («Малонарушенные леса ЗПФ»), по учетному состоянию на 2000 год. Использование термина «малонарушенные леса» по отношению ко всем насаждениям с возрастом старше 140 лет является достаточно условным, но, по нашему мнению, вполне отражающим суть дела. Также далее по тексту данная выборка иногда обозначается как «высоковозрастные леса». На основе результирующих «шейп-файлов» классификации космических снимков Landsat 8 (2015 год) объекты нескольких классов, которые идентифицировались как «вырубки», путем географического запроса были выделены из слоев «Спелые леса ЗПФ» и «Малонарушенные леса ЗПФ» и сгруппированы в два слоя: «Вырубки в насаждениях 101–140 лет» и «Вырубки в насаждениях старше 140 лет» (рис. 3).

Результаты и обсуждение

Как уже было сказано выше, общая площадь анализируемого лесфонда Косто-

мухского и Муезерского лесничеств в границах ЗПФ составила 1364000 га. Общая непокрытая лесом площадь, возникшая за период с 2000 по 2015 г., равнялась 17803,6 га, в том числе площадь вырубок – 12192,2 га, гарей – 5560,8 га и погибших насаждений – 50,6 га. Динамика площадей рубок на исследуемой территории, по данным ГЛР начиная с 2000 г., показана на рис. 4.

Как следует из представленной диаграммы, с 2009 г. на изучаемой территории ежегодная вырубленная площадь начинает превышать 500 га, а с 2013 г. она уже составляет величину более 2000 га. Таким образом, при дешифрировании снимков непокрытая лесом площадь в значительной степени была представлена преимущественно достаточно свежими вырубками, что должно было способствовать их четкой классификации.

Площадь высоковозрастных (старше 140 лет) хвойных лесов из поведельной базы составила 307158 га (22,5 % от общей площади ЛФ) с общим корневым запасом 43,8 млн м³. Всего за 15-летний период в пределах слоя «Вырубки в насаждениях старше 140 лет» было идентифицировано 11679,6 га сплошных выруб-

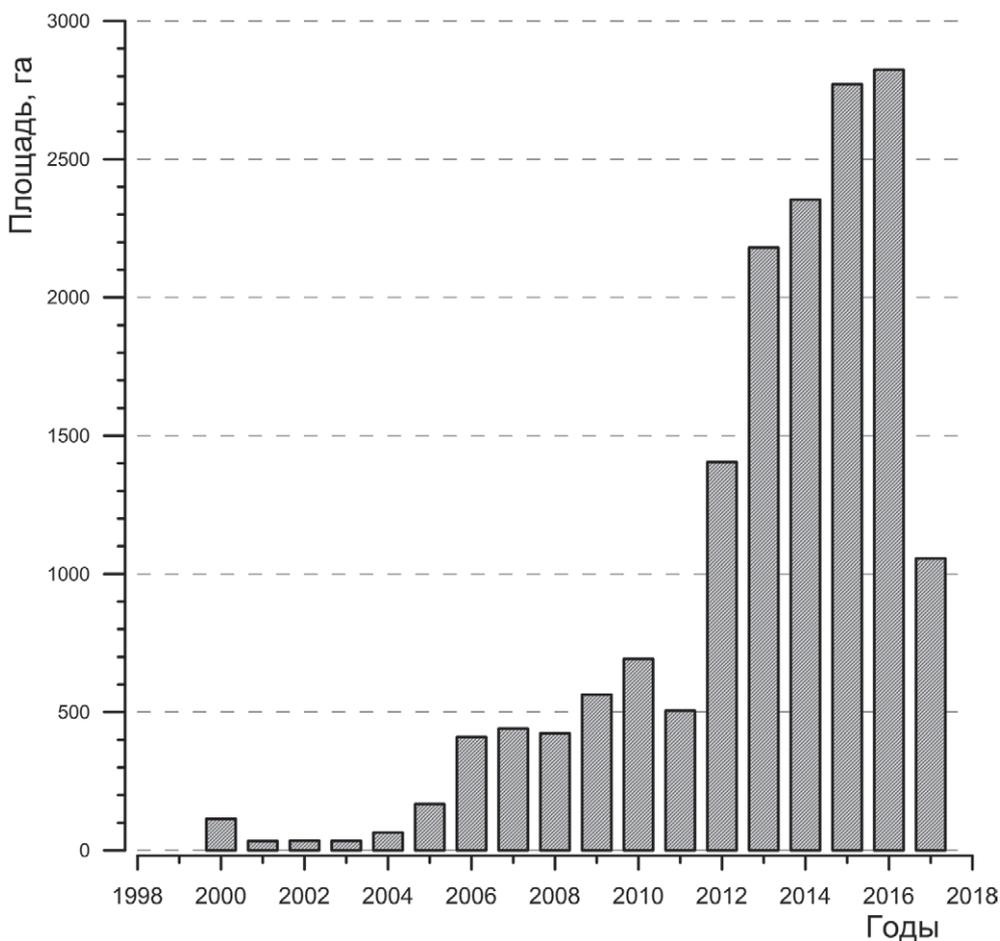


Рис. 4. Динамика площадей рубок на обследуемой территории ЗПФ
 Fig. 4. Distribution pattern of cutting areas of the investigated GBF areas

бок (3,8 % от суммарной площади слоя «Малонарушенные леса ЗПФ»), в процессе которых было заготовлено около 1,7 млн м³ древесины. В слое «Вырубки в насаждениях 101–140 лет», общая площадь которого составила 258 589 га, было идентифицировано 3254 га сплошных рубок, или 1,3 % от общей площади слоя. Общий объем заготовки в лесах этой возрастной группы составил не менее 550 тыс. м³. Суммарно по обоим слоям спелых и малонарушенных лесов площадь объектов, классифицированных как «вырубки», составила 14 933,6 га. Поскольку гари и погибшие насаждения отдельно не выделялись, оценка точности дешифрирования выполнялась с учетом всей имеющейся на данный временной период непокрытой лесом площади (17 803,6 га). В нашем случае она оказалась равной 84 %.

На основании полученных данных можно заключить, что площадь вырубок в слое «Малонарушенные леса ЗПФ» в 3,6 раза превосходила площадь рубок в слое «Спелые леса ЗПФ». Выявленное соотношение площадей показывает, что на исследуемой территории рубки ведут-

ся преимущественно в хвойных насаждениях старше 140 лет, что подтверждается их пространственной дислокацией (рис. 5).

Известно, что ЗПФ был изначально ориентирован преимущественно на охрану природы и развитие природно-познавательных форм человеческой деятельности. Такая специфика предопределялась тем, что в его пределах хорошо сохранились ряд сравнительно крупных малонарушенных лесных территорий (МЛТ). В частности, на изучаемой территории известны два сосновых массива в северотаежном денудационно-тектоническом ландшафте, где ныне расположены заповедник «Костомукшский» и национальный парк «Калевальский» [Громцев и др., 2011].

Как следует из рис. 5, названные МЛТ не полностью входят в границы вышеназванных федеральных ООПТ. Очевидно, что их часть, располагающаяся за пределами охраняемых территорий, является очень привлекательной для лесозаготовительной деятельности. Поскольку в настоящее время последние оставшиеся МЛТ рассматриваются как общена-

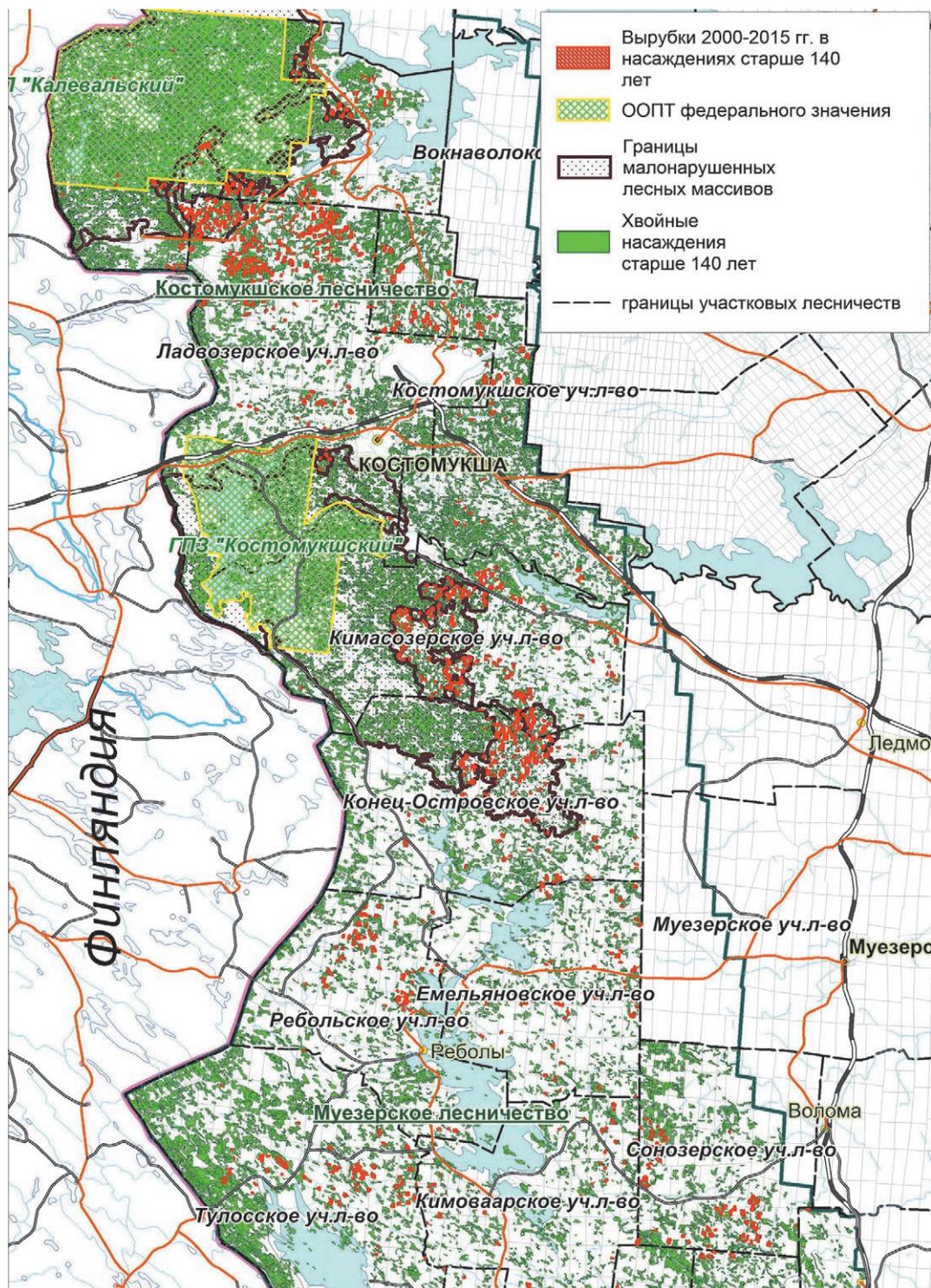


Рис. 5. Пространственное распределение вырубок в слое «Малонарушенные леса ЗПФ»
 Fig. 5. Spatial distribution of clear cutting areas within the layer "Oldgrowth forests of the GBF"

циональное и общечеловеческое достояние, то природоохранные организации, в т. ч. международные, стремятся контролировать коммерческие рубки на таких территориях, и лесные фирмы вынуждены идти на добровольные ограничения и исключать такие территории из плана рубок.

Представленный на исследуемой территории сосновый массив в северотаежном денудационно-тектоническом ландшафте считается в природоохранном аспекте одним из наиболее защищенных [Громцев и др., 2011]. Данное утверждение выглядит вполне справедливым, поскольку доля особо охраняемых природных

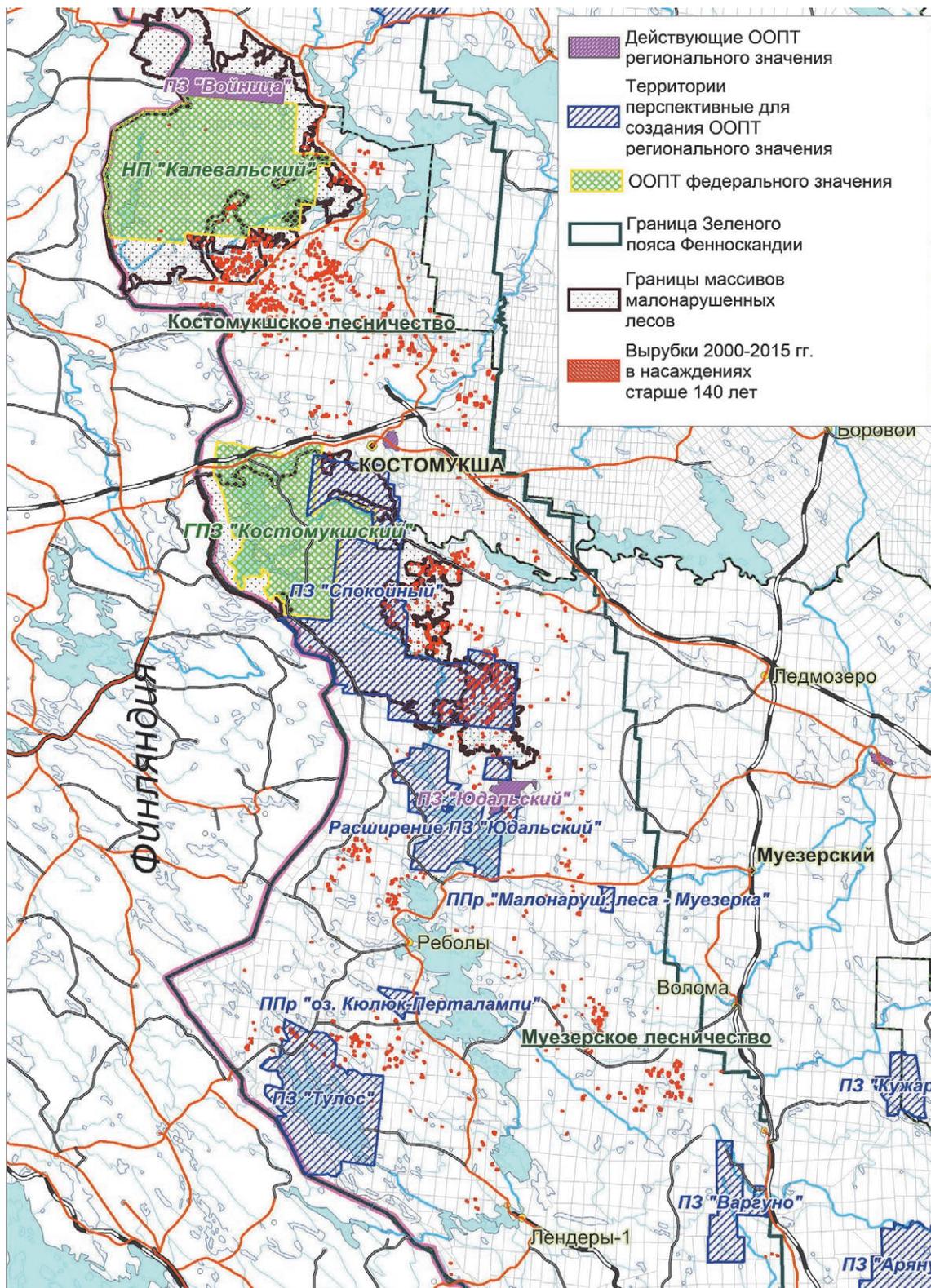


Рис. 6. Действующие и планируемые ООПТ в исследуемой зоне ЗПФ

Fig. 6. Existing and planned protected natural areas in the investigated zone of the Green Belt of Fennoscandia

территорий составляет около 35 % от общей площади Костомукшского городского округа

как административного образования в ранге района. Этот высокий показатель обеспечи-

ваются в основном за счет государственного природного заповедника «Костомукшский» общей площадью 123614 га, который ныне в качестве единого юридического лица включает в себя и сам заповедник «Костомукшский», и национальный парк «Калевальский». Однако очевидно, что прилегающие к границам федеральных ООПТ лесные массивы также нуждаются в определенной защите, поскольку они являются продолжением малонарушенных лесных территорий, которым «посчастливилось» оказаться в категории «лесов ООПТ». Здесь решающую роль могли бы сыграть охраняемые территории регионального значения, которых очень немного в пределах рассматриваемой территории (рис. 6). В настоящее время доля действующих региональных ООПТ в границах Муезерского района, который в 5 раз крупнее Костомукшского ГО, составляет всего 1,0 % от его площади.

Что касается территорий, считающихся перспективными для создания ООПТ регионального значения, то следует отметить, что хотя их и немало (около 230 тыс. га), никакого специального природоохранного статуса они не имеют и, в принципе, могут быть вовлечены в любую форму хозяйственной деятельности. Тематическая информация, представленная на рис. 6, наглядно свидетельствует, что малонарушенный лесной массив, выходящий за пределы юго-восточных границ заповедника «Костомукшский», может быть сохранен в перспективном природном заказнике «Спокойный». Но пока это не произошло, данная территория будет являться «горячей точкой биоразнообразия» в пределах карельской части ЗПФ. По всей видимости, как все последние годы, так и в ближайшей перспективе она будет находиться в фокусе внимания природоохранных, научных, коммерческих структур и органов исполнительной власти.

Заключение

Эффективность использования материалов дистанционного зондирования во многом зависит от принятой методики работы с ними и применяемых методов обработки. Центральным вопросом метода контролируемой классификации (с обучением) является формирование эталонных слоев (выборок) и отбор из них «регионов интереса» (ROI). Настоящим исследованием показано, что для дешифрирования данных ДЗ использование актуальной псевдосредней базы данных лесного фонда имеет исключительное значение. Реализация такого методического подхода позволила достичь

84 % точности в идентификации и локализации непокрытых лесом земель, возникших за исследуемый период (2000–2015 гг.).

Проведенное исследование показало, что в границах Зеленого пояса Фенноскандии хвойные насаждения старше 140 лет являются основными объектами лесозаготовки. Лесозаготовительная деятельность концентрируется по периферии последних сохранившихся малонарушенных северотаежных массивов и в непосредственной близости от границ федеральных ООПТ, таких как заповедник «Костомукшский» и национальный парк «Калевальский». Такого рода антропогенная активность создает для них определенную угрозу, которая может быть в определенной степени снята путем организации ООПТ регионального значения в тех частях малонарушенных лесных массивов, которые не имеют специального природоохранного статуса.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН).

Литература

Барталев С. А., Ершов Д. В., Исаев А. С., Потапов П. В., Турубанова С. А., Ярошенко А. Ю. Леса России: преобладающие группы древесных пород и сомкнутость древесного полога: Карта масштаба 1:1400000. М., 2004. [Электронный ресурс]. URL: <http://forestforum.ru/info/pictures/rusmap.pdf> (дата обращения: 07.03.2019).

Боровичев Е. А., Петрова О. В., Крышень А. М. О границах Зеленого пояса Фенноскандии в Мурманской области // Труды КарНЦ РАН. 2018. № 8. С. 141–146. doi: 10.17076/bg770

Громцев А. Н., Петров Н. В., Туюнен А. В., Карпин В. А. Структура и динамика коренных и производных лесов центральной части Западно-Карельской возвышенности // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 2. С. 119–126.

Комарова А. Ф., Журавлева И. В., Яблоков В. М. Открытые мультиспектральные данные и основные методы дистанционного зондирования в изучении растительного покрова // Принципы экологии. 2016. № 1. С. 40–74. doi: 10.15393/j1.art.2016.4922

Костикова А. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+. GISLAB. Географические информационные системы и дистанционное зондирование. М., 2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html> (дата обращения: 07.03.2019)

Ольшевский А. Выбор оптимального метода классификации космоснимков для целей автоматизированного дешифрирования видов земель // Земля Беларуси. 2010. № 1. С. 42–48.

Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Научное обоснование создания и развития российской части единой с Норвегией и Финляндией сети особо охраняемых природных территорий». Часть 2. № гос. регистрации АААА-А17-117121320027-9. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. 549 с.

Сутырина Е. Н. Дистанционное зондирование Земли. Иркутск: ИГУ, 2013. 165 с.

Титов А. Ф., Буторин А. А., Громцев А. Н., Иешко Е. П., Крышень А. А., Савельев Ю. В. Зеленый пояс Фенноскандии: состояние и перспективы развития // Труды КарНЦ РАН. 2009. № 2. С. 3–11.

Hansen M. C., Potapov P. V., Moore R., Hancher M., Turubanova S. A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S. V., Goetz S. J., Loveland T. R., Kommareddy A., Egorov A.,

Chini L., Justice C. O., Townshend J. R. G. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change // *Science*. 2013. Vol. 342, no. 6160. P. 850–853. doi: 10.1126/science.1244693

Homolova L., Malenovsky Z., Clevers J. G., Garcia-Santos G., Schaepman M. E. Review of optical-based remote sensing for plant trait mapping // *Ecol. Complexity*. 2013. Vol. 15. P. 1–16. doi: 10.1016/j.ecocom.2013.06.003

Kryshen' A., Titov A., Heikkila R., Gromtsev A., Kuznetsov O., Lindholm T., Polin A. On the boundaries of the green belt of Fennoscandia // Труды КарНЦ РАН. 2013. № 2. С. 92–96.

Поступила в редакцию 08.03.2019

References

Bartalev S. A., Ershov D. V., Isaev A. S., Potapov P. V., Turubanova S. A., Yaroshenko A. Yu. Lesa Rossii: preobladayushchie gruppy drevesnykh porod i somknutost' drevesnogo pologa: Karta masshtaba M 1:14 000 000 [Forests of Russia: predominant species and wooden canopy density. Map 1:14 000 000]. Moscow, 2004. URL: <http://forestforum.ru/info/pictures/rusmap.pdf> (accessed: 07.03.2019).

Borovich E. A., Petrova O. V., Kryshen' A. M. O granitsakh Zelenogo poyasa Fennoskandii v Murmanskoi oblasti [On the boundaries of the Green Belt of Fennoscandia in the Murmansk Region]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2018. No. 8. P. 141–146. doi: 10.17076/bg770

Gromtsev A. N., Petrov N. V., Tuyunen A. V., Karpin V. A. Struktura i dinamika korenykh i proizvodnykh lesov tsentral'noi chasti Zapadno-Karel'skoi vozvysheynosti [Structure and dynamics of primary and secondary forests in the central part of the West-Karelian upland]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2011. No. 2. P. 119–126.

Komarova A. F., Zhuravleva I. V., Yablokov V. M. Otkrytye mul'tispektral'nye dannye i osnovnye metody distantsionnogo zondirovaniya v izuchenii rastitel'nogo pokrova [Open source multispectral data and the main methods of remote sensing in vegetation cover investigation]. *Printsipy ekol.* [Principles of the Ecol.]. 2016. No. 1. P. 40–74. doi: 10.15393/j1.art.2016.4922

Kostikova A. Interpretatsiya kombinatsii kanalov dannykh Landsat TM / ETM+ [Interpretation of channels combinations for LANDSAT TM / ETM+]. GISLAB. Geographicheskie informatsionnye sistemy i distantsyonnoe zondirovanie [GISLAB. Geographical information systems and remote sensing]. Moscow, 2016. URL: <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html> (accessed: 07.03.2019)

Ol'shevskii A. Vybora optimal'nogo metoda klassifikatsii kosmosnimkov dlya tselei avtomatizirovannogo de-

shifirovaniya vidov zemel' [Choice of an optimal method of land use classification of satellite images]. *Zemlya Belarusi* [Land of Belarus]. 2010. No. 1. P. 42–48.

Otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote po teme "Nauchnoe obosnovanie sozdaniya i razvitiya rossiskoi chasti edinoi s Norvegiei i Finlyandiei seti osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii" [Scientific rationale of the creation and development of the Russian part of the protected natural areas network shared with Norway and Finland: a research report]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2009. Vol. 2. No. АААА-А17-117121320027-9. 549 p.

Sutyryna E. N. Distantsionnoe zondirovanie Zemli [Remote sensing of the Earth]. Irkutsk: IGU, 2013. 165 p.

Titov A. F., Butorin A. A., Gromtsev A. N., Ieshko E. P., Kryshen' A. A., Savel'ev Yu. V. Zelenyi poyas Fennoskandii: sostoyanie i perspektivy razvitiya [Green Belt of Fennoscandia: current state and perspectives]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2009. No. 2. P. 3–11.

Hansen M. C., Potapov P. V., Moore R., Hancher M., Turubanova S. A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S. V., Goetz S. J., Loveland T. R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C. O., Townshend J. R. G. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*. 2013. Vol. 342, no. 6160. P. 850–853. doi: 10.1126/science.1244693

Homolova L., Malenovsky Z., Clevers J. G., Garcia-Santos G., Schaepman M. E. Review of optical-based remote sensing for plant trait mapping. *Ecol. Complexity*. 2013. Vol. 15. P. 1–16. doi: 10.1016/j.ecocom.2013.06.003

Kryshen' A., Titov A., Heikkila R., Gromtsev A., Kuznetsov O., Lindholm T., Polin A. On the boundaries of the Green Belt of Fennoscandia. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2013. No. 2. P. 92–96.

Received March 08, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Раевский Борис Владимирович

старший научный сотрудник Отдела комплексных научных исследований КарНЦ РАН, д. с.-х. н.
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: borisraevsky@gmail.com
тел.: 89114014890

Тарасенко Виктор Владимирович

младший научный сотрудник Отдела комплексных научных исследований КарНЦ РАН
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: victor.tarasenko.2208@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Raevsky, Boris

Department of Multidisciplinary Scientific Research,
Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: borisraevsky@gmail.com
tel.: +79114014890

Tarasenko, Victor

Department of Multidisciplinary Scientific Research,
Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: victor.tarasenko.2208@mail.ru