

Камчатское краевое отделение  
Русского географического общества  
Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН  
Камчатское филиал Тихоокеанского института  
географии ДВО РАН

# **ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ КАМЧАТКИ**

**Выпуск четырнадцатый**

Петропавловск-Камчатский  
2016

УДК 913(571.66)(063)  
ББК 26.890(2Рос-4Кач)я431  
В74

*Редакционная коллегия:*

В. Ф. Бугаев, А. М. Токранов, О. А. Чернягина,  
Я. Д. Муравьев (ответственный редактор)

**Вопросы географии Камчатки:** сборник материалов  
В74 XVI международной научной конференции 18–19 ноября  
2015 г. Вып. 14. – Петропавловск-Камчатский, Ярославль :  
Филигрань, 2016. – 300 с.  
ISBN 978-5-906682-83-3

Выпуск включает отдельные доклады состоявшейся 18–19 ноября 2015 г. в Петропавловске-Камчатском XVI международной научной конференции по проблемам сохранения биологического разнообразия Камчатки и прилегающих морских акваторий. Рассматривается история изучения и современное биоразнообразие отдельных групп флоры и фауны полуострова и прикамчатских вод. Описана методика создания цифровой карты растительности Камчатского края в масштабе 1:1 000 000. Опубликовано решение конференции. Завершает сборник информация о «Научном музее вулканологии» Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Печатается по решению  
Редакционной коллегии Камчатского регионального отделения  
Русского географического общества от 20. 11. 2016 г.  
и решению Ученого Совета КФ ТИГ ДВО РАН

*Издание осуществлено при финансовой поддержке агентства  
по внутренней политике правительства Камчатского края*

УДК 913(571.66)(063)  
ББК 26.890(2Рос-4Кач)я431

ISBN 978-5-906682-83-3

© Камчатское региональное отделение Русского  
географического общества, 2016  
© ФГБУН Институт вулканологии и сейсмологии  
ДВО РАН, 2016  
© Камчатский филиал ФГБУН Тихоокеанский  
институт географии ДВО РАН, 2016

# **Карта растительности Камчатского края масштаба 1:1 000 000**

***В. Е. Кириченко***

*Камчатский филиал ФГБУН  
Тихоокеанский институт географии (КФ ТИГ) ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский*

В работе проведен анализ существующих, в настоящее время, пространственных данных описывающих распределение растительного покрова на территории Камчатского края. Описана методика создания цифровой карты растительности Камчатского края в масштабе 1:1 000 000 на основе слияния разнокачественных данных, полученных из различных источников пространственной информации с учетом актуальных данных дистанционного зондирования поверхности Земли среднего и высокого разрешения с привлечением современных возможностей ГИС-технологий. Приводится общая площадная оценка выделенных классов растительности. Конечные результаты будут использованы для последующих модельных расчетов при комплексных эколого-экономических оценках состояния компонентов природной среды Камчатского региона.

# **Vegetation map of Kamchatka region in the scale 1:1 000 000**

***V. Y. Kirichenko***

*Kamchatka Branch  
of Pacific Geographical Institute (KB PGI) FEB RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky*

In article analyzes historical and modern state of the vegetation mapping at the Kamchatka Krai territory. Described in detail the research methodology of creating digital vegetation map of the Kamchatka Krai in the scale 1:1 000 000. The last one based on advanced capabilities of GIS-technology to merge different-quality and – sources spatial information included on actual remote sensing data with medium and high resolution. The final map will be used like estimation model for complex ecological and economic assessment of the environmental components of the Kamchatka region.

Карты земного покрова часто служат базисом для принятия решений в сфере природопользования и охраны окружающей среды. Подобные карты служат основой для всякого рода эколого-экономических оценок. Таким образом, получение актуальных значе-

ний распределения различных характеристик земного покрова является первостепенной задачей для целей математического моделирования природных процессов. В частности, в данной работе, для проведения различных экологоэкономических исследований, создания серии математических моделей и дальнейших оценок основанных на них, а также в соответствии с уже имеющимися оценками и методиками для других регионов мира (Using GLOBIO3 ..., 2008), создана модель распределения растительного покрова для территории Камчатского края масштаба 1:1 000 000. Следующим логичным этапом предполагается создание на этой основе карты наземных экосистем Камчатского края масштаба 1:1 000 000, которая и будет наиболее востребована в последующих задачах математического моделирования.

Так, при создании карт растительности ставится задача отобразить закономерности распространения растительных сообществ на земной поверхности. По содержанию эти карты могут быть флористическими, передающими распространение отдельных видов (ареалов), и геоботаническими. На геоботанических картах отображаются пространства, занятые определенными типами растительных сообществ (ассоциаций, формаций и др.).

Объектом геоботанического картографирования может быть, как современный растительный покров, так и растительность, существовавшая на территории до ее заселения человеком. В настоящее время выделяют три вида карт:

1. карты восстановленного растительного покрова, которые дают представление о коренной растительности (лесной, степной);

2. карты современного растительного покрова (фактические) с учетом степени сельскохозяйственного освоения территории;

3. динамические карты, отражающие возрастные смены растительных сообществ, вызванных как воздействием человека, так и обусловленные факторами среды, например деятельностью текучих вод, пожаров, вырубки и т. д.

В подавляющем большинстве существующие тематические карты растительного покрова были сделаны в 60-80-х годах прошлого столетия и к настоящему времени сильно устарели, последняя версия – Карта лесов РСФСР (1990). Отсутствие актуальной картографической информации о состоянии той или иной территории может повлечь принятие необоснованного ошибочного решения.

## Материалы

В настоящее время наиболее оперативными и достаточно широкодоступными источниками актуальной информации о состоянии земной поверхности стали спутниковые снимки. Последние представляют собой удобный материал для составления или обновления карт земного покрова, в том числе и растительности. Оперативность, точность, доступность и разнообразие исходных данных дистанционного зондирования (ДДЗ) дают возможность в короткое время составить карту интересующей территории с желаемой точностью. Спутниковые снимки позволя-

ют работать с любой территорией Земного шара, независимо от её удалённости и труднодоступности.

В связи с появлением в последние 20 лет обширной спутниковой группировки с сенсорами среднего и высокого разрешения, поставляющей массу информации о состоянии земной поверхности и продуктов, созданных на основе этих данных, возникла реальная возможность регулярной и оперативной актуализации тематических карт на основе современных достижений ГИС-технологий. Такого рода исследования на уровне территории РФ в масштабе 1:5 000 000 в последнее время проводят специалисты из Института космических исследований РАН и Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва (Барталев, 2010, 2013, Bartalev, 2014).

Цель данной работы – создание актуальной и легко дополняемой модели распространения растительности Камчатского края масштаба 1:1 000 000 в ГИС-формате, как основы карты наземных экосистем Камчатского края.

Достижение этой цели предполагало решение следующих задач:

- Сбор, сведение в единую систему и оценка качества и информативности имеющихся тематических карт на территорию Камчатского края на основе классических методик («доспутниковый» период);
- Сбор, сведение в единую систему и оценка качества и информативности имеющихся зарубежных и отечественных тематических карт на территорию Камчатского

края созданных на основе обработки данных ДДЗ с использованием ГИС-технологий;

- Принятие решения о возможности и степени использования в дальнейших исследованиях собранных и подготовленных к обработке источников информации;

- Разработка методики комплексной обработки собранных материалов и создание на их основе рабочего варианта модели распределения растительного покрова для территории Камчатского края масштаба 1:1 000 000;

- Сформулировать выводы и рекомендации по использованию рабочей и возможностям создания финальной версии модели.

Оценивая существующие тематические карты на территорию Камчатского края, созданные на основе классических методик, необходимо отметить их высокое качество и достаточную, для своего масштаба, информативность. На этом этапе следует акцентировать внимание на двух основных работах, как наиболее качественных в плане дальнейшего использования в настоящих исследованиях:

1. Цифровая Карта растительности России (Stolbovoi, 1998);

2. Карта лесов РСФСР (Карта лесов ..., 1990) (рис. 1).



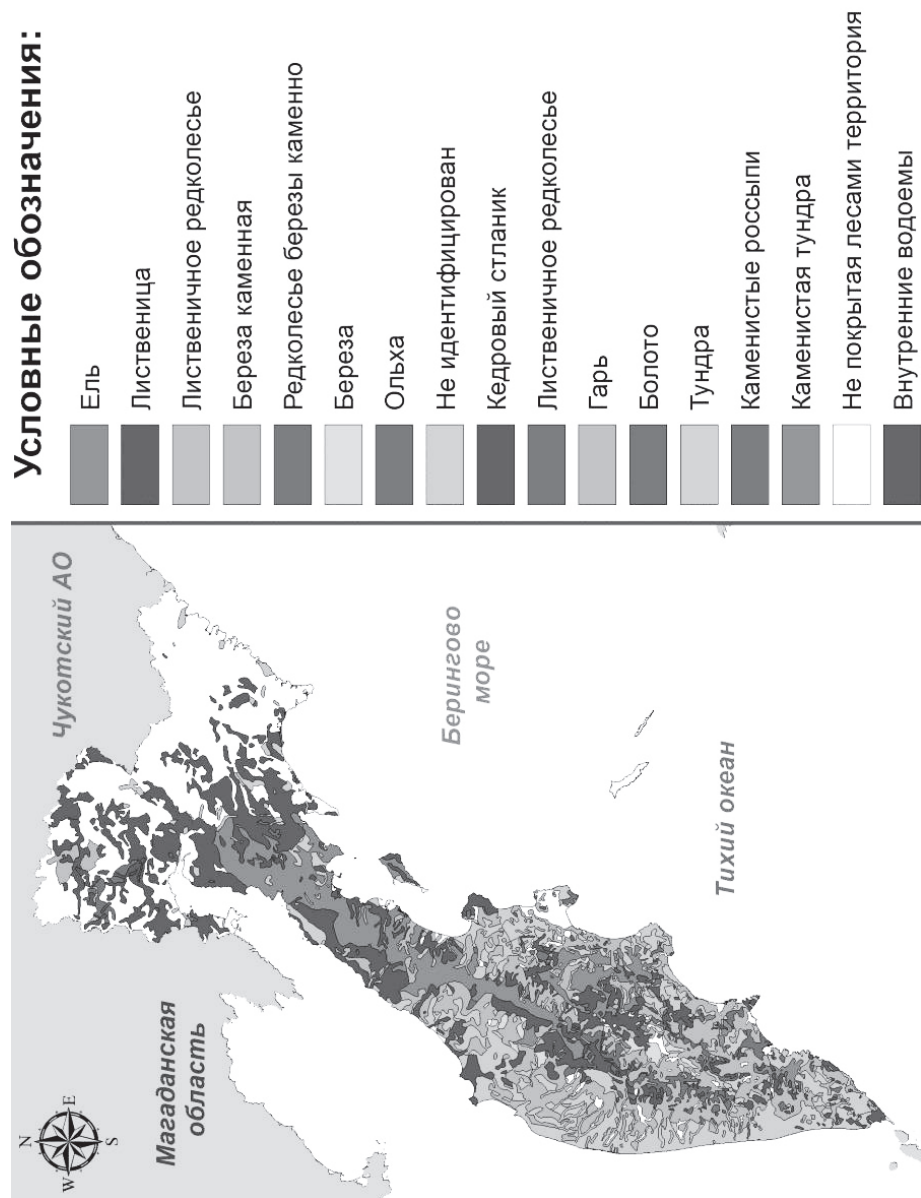


Рис. 1. Цифровая карта лесов Российской федерации

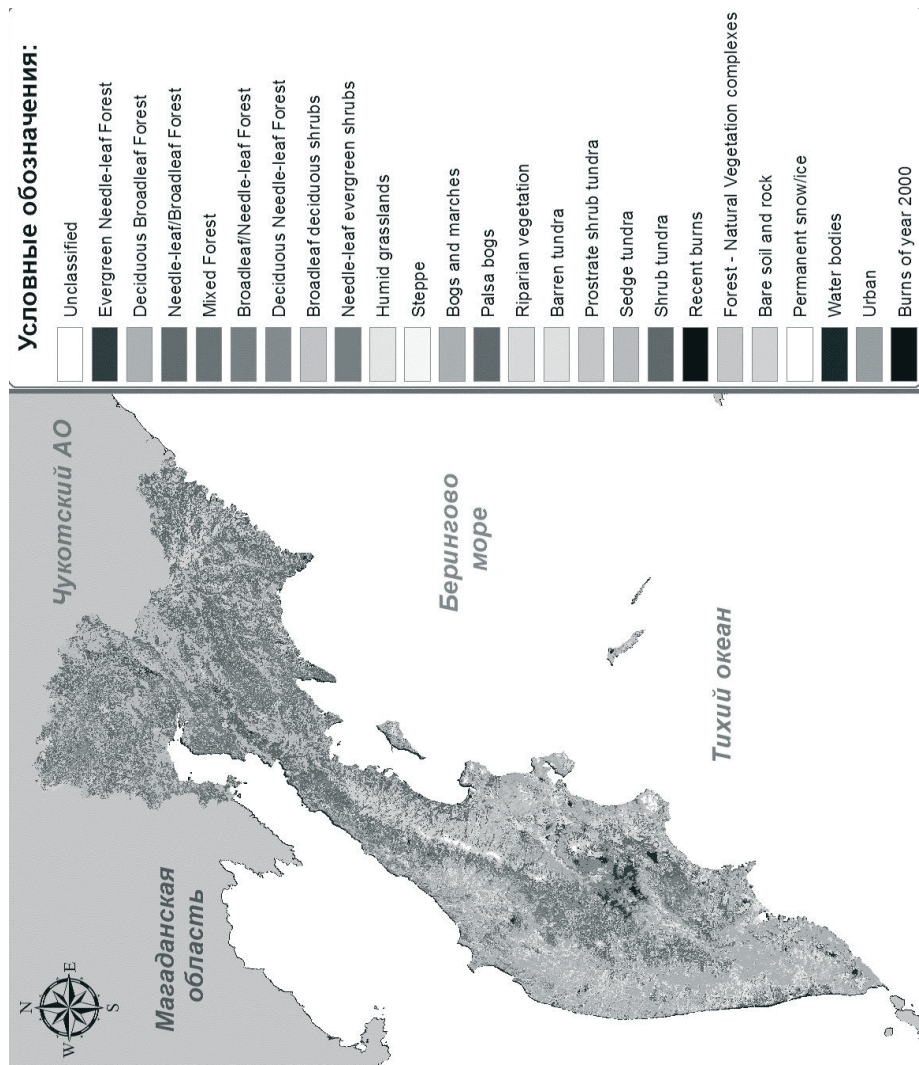


Рис. 2. Цифровая модель Global Land Cover 2000 для территории Камчатского края

Обе карты обладают цифровым форматом с достаточно полным описанием имеющихся классов растительности. Однако исходный масштаб обеих карт 1:2 500 000, что предопределяет только их относительную полезность как источников обобщенной информации. Так все границы достаточно условны – точность на местности около 1–2 км. На первой карте выделено 7 классов растительности, что хорошо соответствует условиям своего масштаба. На второй карте приведено 15 классов растительности, в том числе гари и 3 вида редколесий.

Использовать вышеупомянутые карты для данных исследований можно только как ориентировочную информацию, дающую общее представление об естественно-природных условиях территории.

Начиная с 2000 г., в свободном доступе появился целый ряд моделей распределения растительного покрова полученных с множества спутников в разные годы и с различным разрешением. Под последним понимается реальный размер на местности одного пиксела на спутниковом изображении. Так спутники по разрешению подразделяются на низкого (более 1 км), среднего (1 км – 10 м) и высокого (10 м – 0.1 м) разрешения. Исходя из требований масштаба 1:1 000 000 (ГОСТ..., 2003), приемлемое разрешение спутникового изображения, достаточное для выделения линий на местности, должно находиться в диапазоне 1 – 200 м.

Наиболее информативные варианты «спутниковых» моделей распространения растительности:

1. Global Land Cover 2000 (спутник SPOT-4, разрешение 1 км);

2. Созданные на базе многолетних серий 6-ти кратных ежедневных данных со спутников NOAA-AVHRR (1981–2014) обобщенные годовые модели классов земной поверхности (разрешение 1 км);

3. GlobCover 2005, GlobCover 2009, GlobCover 2012 (спутник ENVISAT-1(MERIS), разрешение 300 м);

4. Созданные на базе многолетних серий 6-ти кратных ежедневных данных со спутников Terra-Modis (2002–2014) обобщенные годовые модели классов земной поверхности (разрешение 250 м);

5. Созданные в проекте «Global Forest Change 2000–2012» на базе многолетних серий спутниковых снимков проекта «Landsat» (разрешение 30 м);

6. Данные проекта «Globe Land 30» (2014) на базе многолетних серий (2009–2011) спутниковых снимков проекта «Landsat» (разрешение 30 м).

Первая модель представляет собой карту наземных экосистем земной поверхности создана по данным спутникового прибора SPOT-Vegetation с пространственным разрешением около 1 км и отражает пространственное распределение основных типов растительности и не покрытых растительностью земель по состоянию на 2000 год (рис. 2).

Разработка участка карты для Северной Евразии выполнялась сотрудниками Института космических исследований в рамках международного проекта Global Land Cover 2000 в сотрудничестве с Объединенным Центром Европейской Комиссии и Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. Метод создания карты включал классификацию типов

наземного и растительного покрова, с использованием ряда новых спектральных, спектрально-временных спектрально-угловых индексов, отражающих фенологические, влажностные структурные свойства наблюдаемой поверхности. Полученная в результате цифровая карта наземных экосистем Северной Евразии успешно прошла качественную и количественную валидацию, что позволило включить ее в соответствующую глобальную базу данных. Для территории Камчатского края выделено 22 класса растительности.

Вторая модель является практически аналогичной предыдущей за исключением источника информации – спутниковый прибор AVHRR и организации осуществляющей ее обработку – GLCF(Global Land Cover Facility, University of Maryland, 2005) (рис. 3). Существует целый ряд ежегодных пространственных распределений классов растительности начиная с 1981 года по сегодняшний день. Для территории Камчатского края выделено 12 классов растительности.

Третья серия моделей также практически является аналогом предыдущих двух. В основу моделей на 2009 и 2011 года положены материалы, полученные с сенсора MERIS (спутник ENVISAT-1 2005-2014) с пространственным разрешением 300 м подготовленные по сходным методикам обработки. Для территории Камчатского края выделено 22 класса растительности.

Четвертая серия моделей является наиболее приближенной к решению поставленной задачи. Так карты растительного покрова Российской Федерации 2010 и 2013 (рис. 4) годов созданы по данным спутниковой системы Terra-MODIS с использованием разработанных в ИКИ РАН технологий автоматизированной обработки данных дистанционного зондирования.

Метод картографирования основан на классификации очищенных от влияния облаков и других мешающих факторов композитных изображений, соответствующих разносезонным временным интервалам и учитывающих особенности фенологической динамики растительности. Композитные спутниковые изображения сформированы с использованием технологии предварительной обработки данных на основе результатов ежедневных измерений спектрально-отражательных характеристик земной поверхности в видимом, ближнем и среднем ИК диапазонах. Распознавание типов растительного покрова выполнено на основе алгоритма локально-адаптивной обучаемой классификации, позволяющей учесть географическую изменчивость спектральных характеристик классов. Для территории Камчатского края выделено 24 класса.

Созданные цифровые карты имеют пространственное разрешение около 250 м и получены по спутниковым данным 2010 и 2013 гг., в то время как разработанная технология динамического картографирования растительности по спутниковым данным открывает принципиально новую возможность ее ежегодного обновления.

Цифровые материалы пятой серии данных, созданные в проекте «Global Forest Change 2000–2012» (Hansen, 2013) на базе многолетних серий трех немного различающихся по характеристикам спутников проекта «Landsat» (разрешение 30 м), стали доступны только недавно и уже частично использованы в проекте. Так была проведена актуализация границ и расположения объектов инфраструктуры линейных и площадных (дороги, линии связи и энергосистемы, населенные пункты, сельхозугодья и т. д.), а также дополнение карты

материалами спутниковой пирогеографии. На следующих этапах, на основе цифровых данных проекта, возможна детализация как границ растительных сообществ, так и деление на классы внутри выделенных контуров на основе данных о сомкнутости древостоев.

Материалы проекта «Globe Land 30», законченного National Geomatic Institute of China в середине 2014 г. на базе многолетних серий (2009–2011) трех различающихся по характеристикам спутников проекта «Landsat» (разрешение 30 м) – [globeland30.org](http://globeland30.org), стали полностью доступны в цифровом виде в конце 2015 г. и пока удалось их только получить (сложная процедура получения). Они содержат более дробное деление на классы. По предварительной оценке, их также успешно можно использовать для детализации границ растительных сообществ и выделения классов внутри уже выделенных контуров.

## **Методы и результаты**

Обобщая, имеющийся в распоряжении набор вышеперечисленных моделей, созданных на основе обработки данных обработки материалов ДДЗ среднего разрешения, можно утверждать, что, несмотря на достаточно высокую информативность и актуальность, использованные наборы данных все же немного не дотягивают по критериям точности до необходимого нам масштаба 1:1 000 000. Исключение составляют только материалы пятой и шестой серии. Тщательное рассм-



отрение моделей также показывает на существование достаточно значимых ошибок при интерпретации границ и классов распространения хвойных пород (леса и стланиковые кустарники), особенно в материковой части Камчатского края.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, предлагается в соответствии с поставленной задачей и имеющихся в нашем распоряжении цифровых материалов несколько другой комбинированный подход.

Для начала была проведена оценка имеющихся данных о растительности в цифровых материалах существующих топографических карт (последнее обновление 1982–1984 гг.) различных масштабов для всей территории Камчатского края и данных проекта «Global Forest Change» (табл. 1). Процент площадей, взятый из последних данных, рассчитан для пятидесяти и более процентной сомкнутости растительного покрова высотой более 5 м. Из анализа таблицы следует, что наиболее близки к «спутниковой» оценке данные топографической карты масштаба 1:100 000.

Также, оценивая наличие и качество данных ДДЗ высокого разрешения, находящихся в свободном доступе через интернет-геосервисы (например Google Maps), выявлено, что комбинация участков покрытия шести основных геосервисов (Bing, ESRI, Google, Here, Nokia, Yandex) суммарно достигает более 92 % покрытости территории Камчатского края. Кроме этого, при комплексном анализе полученных с их помощью изображений в программном пакете ArcGIS, выявлен факт высокой сходимости границ классов растительности с таковыми на цифровой топографической карте масштаба 1: 100 000 (рис. 5). Средняя ошибка,



определенная по различным участкам колеблется от 25–45 м, что по абсолютным параметрам удовлетворяет критериям масштабов 1:100 000 – 1:200 000 (ГОСТ., 2003).

Совокупность обнаруженных фактов позволяет полноценно, с последующей временной поправкой использовать существующие границы классов растительности масштаба 1:100 000 при создании модели масштаба 1:1 000 000.

Однако необходимо отметить, что при классификации растительности на цифровой топографической карте масштаба 1:100 000 выделяется 11 классов, в которых нет разделения типов лесных пород, стлаников и т. д. (рис. 6). Поэтому для содержательного наполнения контуров предлагается использование, доработанных автором (по просьбе Агентства лесного хозяйства и охраны животного мира Камчатского края), цифровых материалов лесоустройства 2009–2011 гг. Так, в последних материалах для территории Камчатского края выделяется 14 лесных классов (два класса убраны из легенды ввиду их малозначительности) (рис. 7).

Однако, подготавливая к обработке материалы лесоустройства, мы отметили их низкое качество в плане сходимости контуров и лесных классов на границах лесхозов (ошибка до 300 м). Также, отмечено (от низкого до неудовлетворительного) качество совпадения линий самих контуров с визуально отмечаемыми границами на материалах ДДЗ (рис. 8).

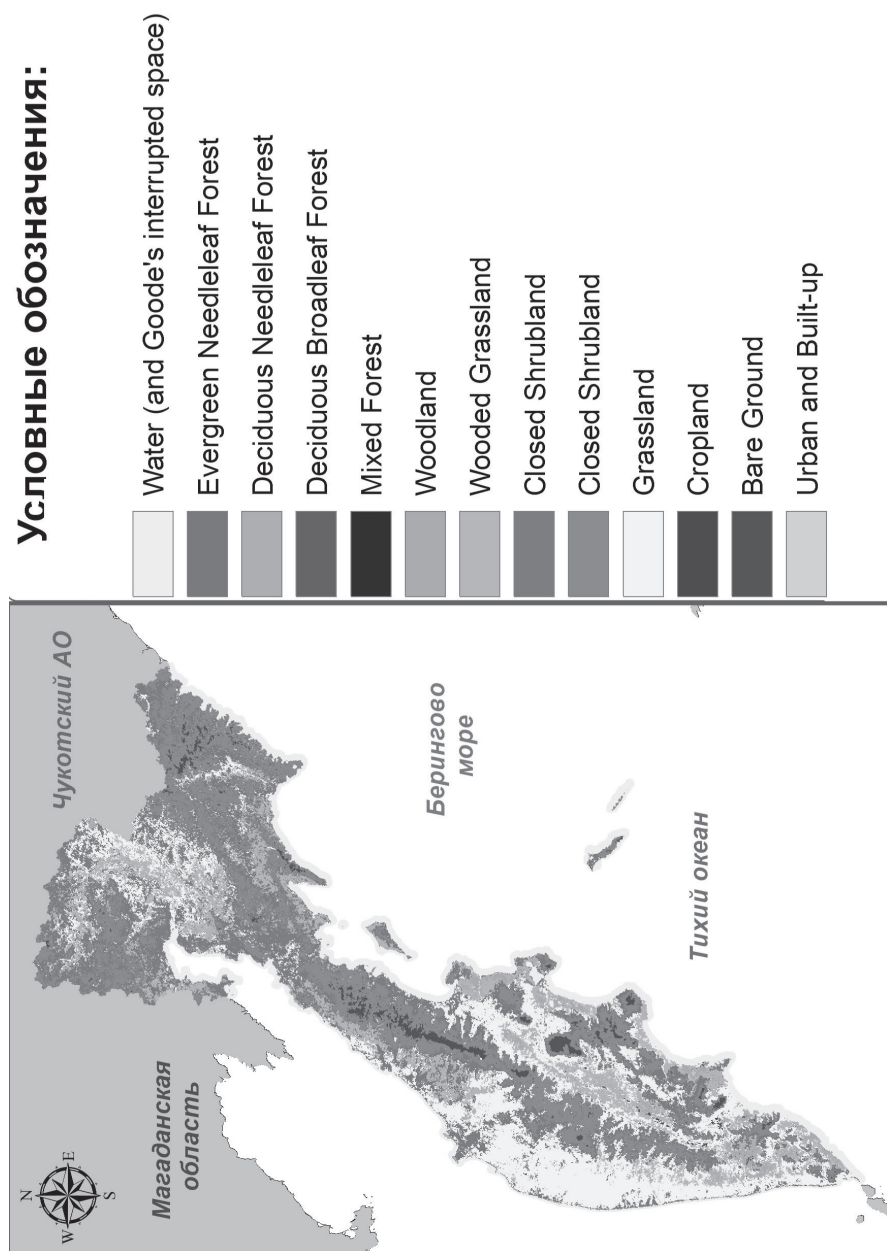


Рис. 3. Цифровая модель World Landcover 2005 для территории Камчатского края

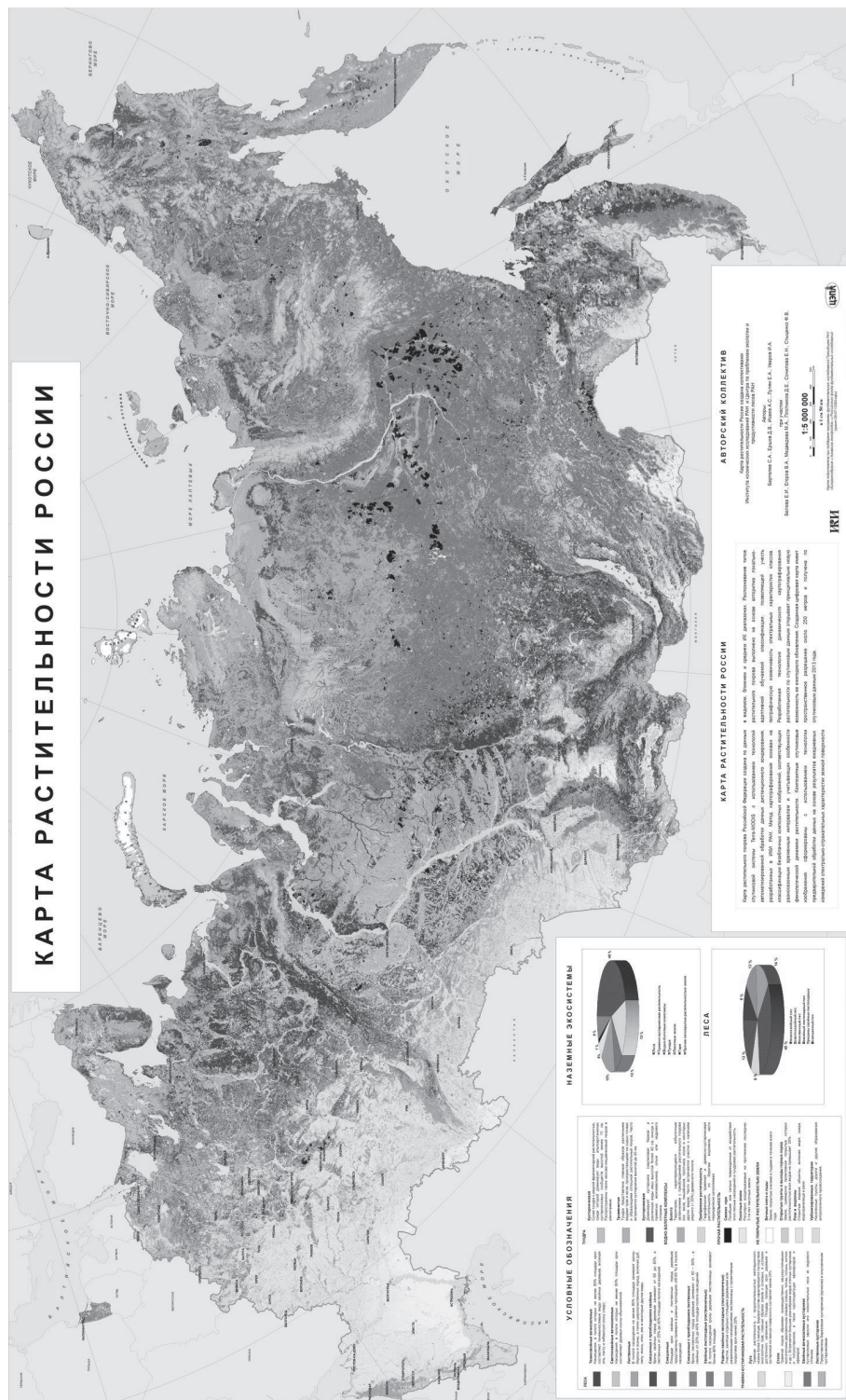


Рис. 4. Карта растительного покрова Российской Федерации 2013 г.



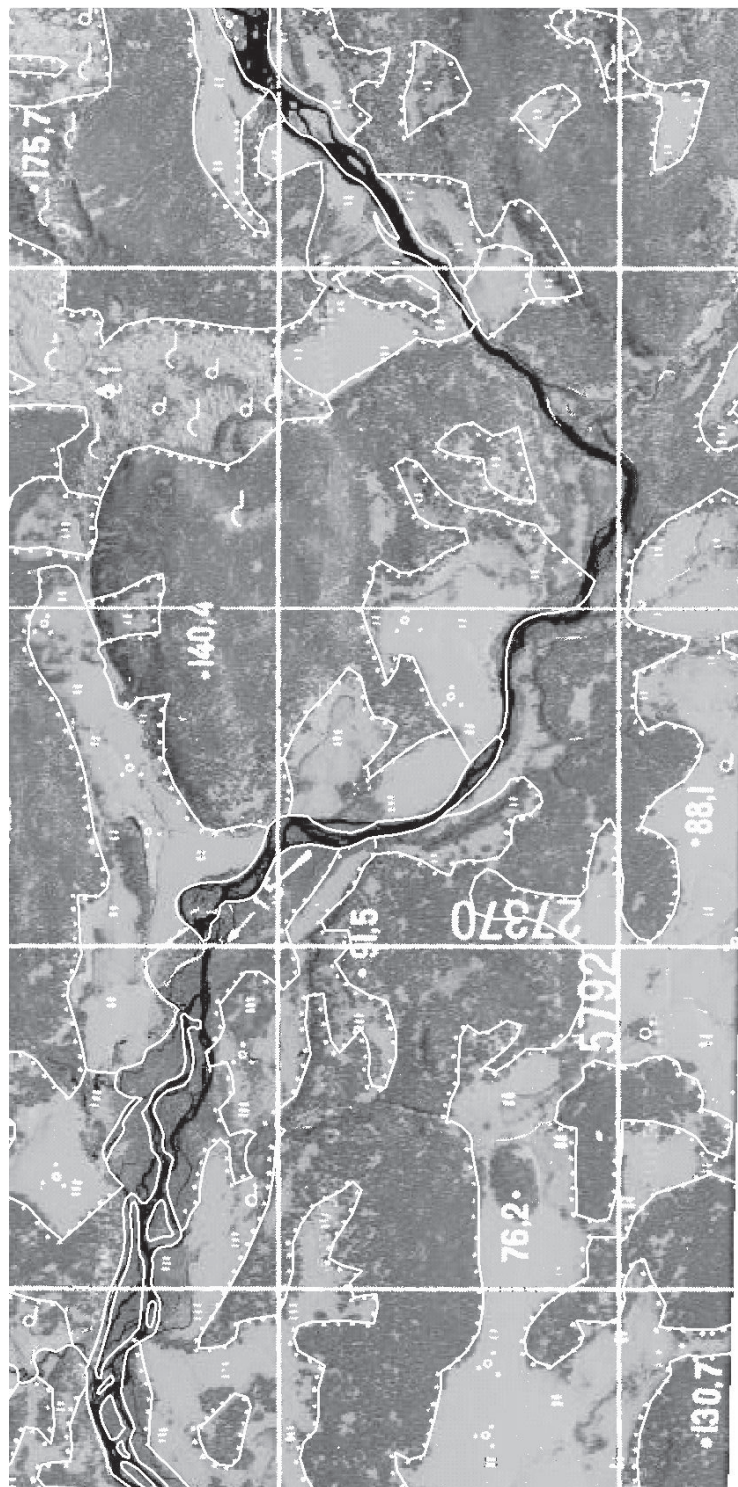


Рис. 5. Пример наложения цифровой топографической карты масштаба 1:100 000 (белый цвет) на космический снимок высокого разрешения

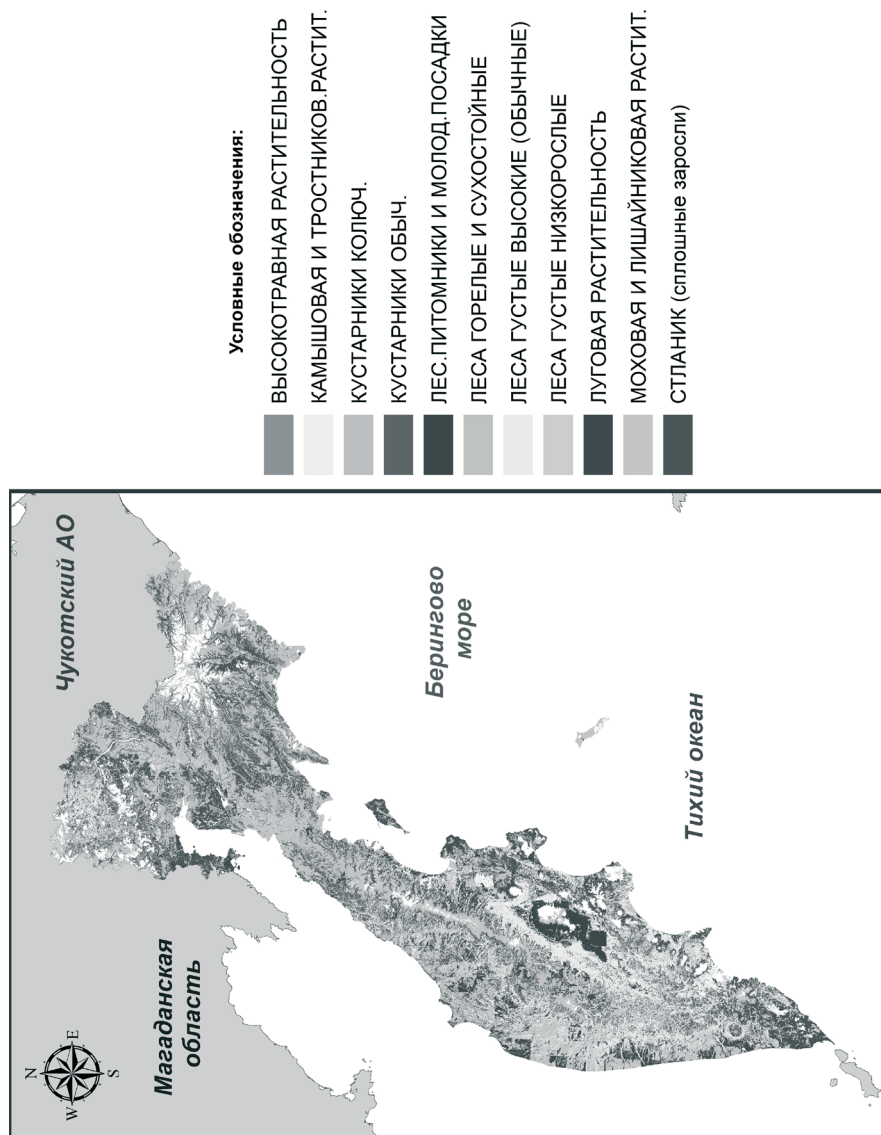


Рис. 6. Растительность на цифровой топографической карте  
Камчатского края масштаба 1:100 000

## Условные обозначения:

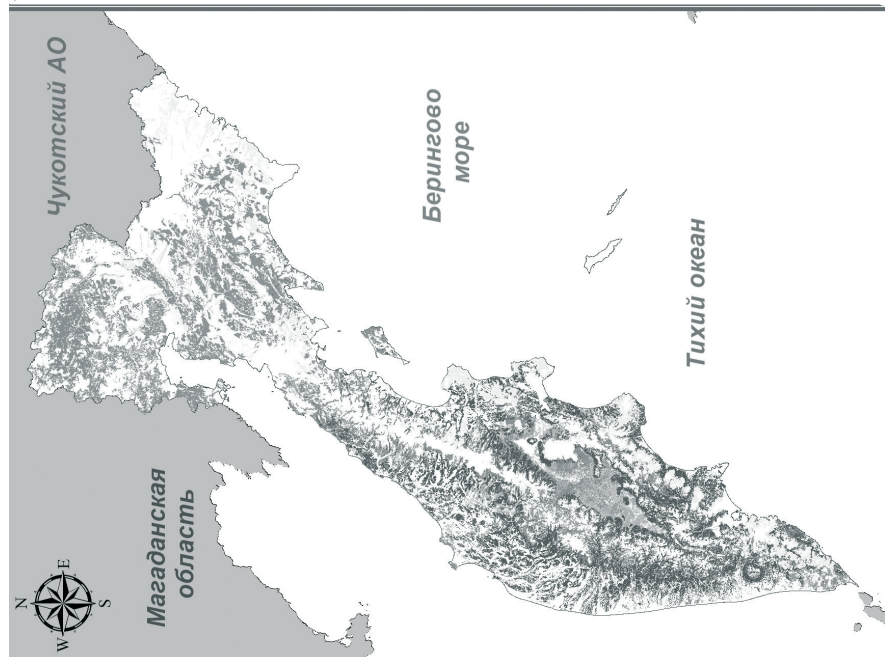


Рис. 7. Цифровая карта лесонасаждений Камчатского края



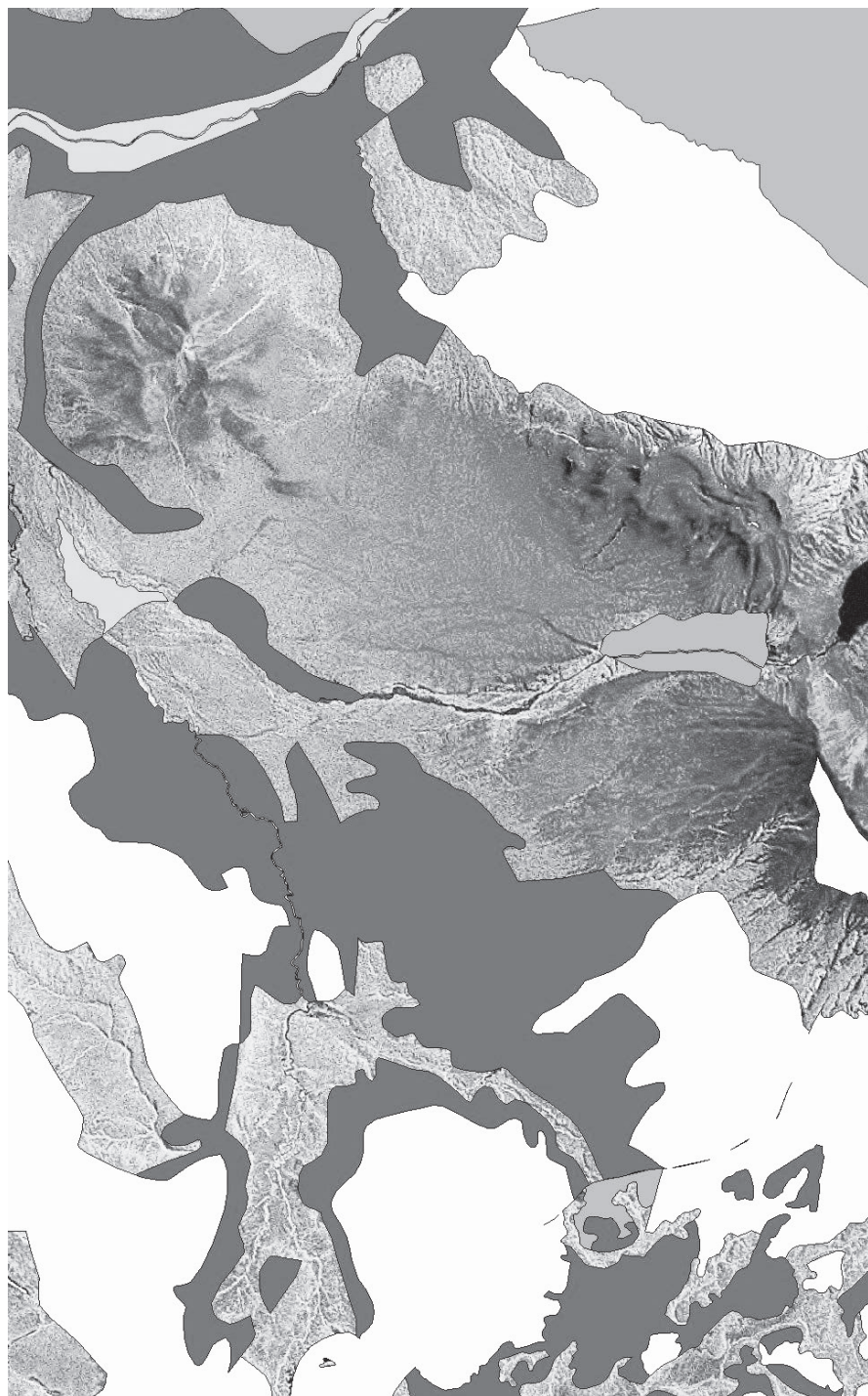


Рис. 8. Пример наложения материалов лесоустройства на космический снимок  
(неравномерная заливка – природные ареалы растительности)



Рис. 9. Финальная версия модели растительности Камчатского края масштаба 1:1 000 000



Таблица 1

**Процент площадей растительности  
для территории Камчатского края**

<i>Карта</i> <i>Тип</i> <i>расти-</i> <i>тельности</i>	<i>Топокарта</i> <i>1:1 000 000</i>	<i>Топокарта</i> <i>1:500 000</i>	<i>Топокарта</i> <i>1:100 000</i>	<i>Global Forest</i> <i>Change</i>
Леса	29.05	25.21	19.48	18.83
Стланики	26.51	25.39	22.18	17.07
Кустарники	1.11	0.99	0.00	0.00
Итого:	56.67	51.60	41.65	36.00

Тем не менее, такая комбинация позволяет создать рабочий вариант модели распределения растительности с немного завышенными для масштаба 1:1 000 000 точностью отображения контуров и несколько излишней детальностью в классификации – 26 классов (рис. 9). Впоследствии, это обязательно пригодится при разработках карт растительности более крупного масштаба.

Таким образом, впервые получена работоспособная модель распространения растительности на основе обобщения собранного обширного массива цифровых материалов и данных дистанционного зондирования Земли из открытых источников в свободном доступе через интернет-геосервисы.

Это делает возможным получение актуальной детальной информации о распределении и площадях классов растительности на территории Камчатского края (табл. 2, рис. 10).

Таблица 2

**Распределение площадей классов растительности**

<i>Варианты классов среды обитания</i>	<i>%</i>
Кустарниковые тундры	23.7
Кедровый стланик	17.5
Береза каменная	14.2
Каменистые россыпи	7.1
Луг	6.6
Каменистая тундра	6.3
Ольховый стланик	4.8
Заболоченная тундра	5.2
Ольховый стланик	4.6
Лиственница	2.1
Кустарник	2.1
Гари	1.3
Береза белая	1.2
Озера	1.1
Береговые комплексы	0.6
Ель	0.4
Вырубки	0.4

Окончание табл. 2

<i>Варианты классов среды обитания</i>	<i>%</i>
Реки и ручьи	0.4
Ольха	0.3
Ледники	0.3
Тополь	0.3
Ива	0.2
Лавовые поля	0.2
Сельхозугодья	0.2
Чозения	0.1
Населенные пункты	0.03
Осина	0.01
Сосна	0.01
Кедр	0.01
Пихта	0.01
Итого:	100



Рис. 10. Диаграмма распределения процентов площадей классов растительности

Далее, взяв за основу эту модель и используя нормативные документы Минприроды РФ (Приказ..., 2010), можно на полученной основе перейти к созданию «Карты наземных экосистем Камчатского края масштаба 1:1 000 000». Кроме этого, используя уже имеющиеся в наличии перечисленные выше цифровые данные, возможна дальнейшая детализация отдельных классов растительности вплоть до масштаба 1:200 000 и в некоторых случаях даже до масштаба 1:100 000.

## **Заключение**

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности использования полученной цифровой карты, как базовой основы для последующих модельных расчетов при комплексных эколого-экономических оценках состояния компонентов природной среды Камчатского региона, различных количественных показателей общего и видового биоразнообразия в составе комплексного прогноза состояния окружающей среды для устойчивого природопользования с учетом глобальных изменений климата и антропогенного воздействия.

## Список литературы

Барталев С.А., Ершов Д. В., Исаев А. С, Потапов П. В., Турубанова С. А., Ярошенко А. Ю. 2010. Карта лесов Российской Федерации.

Барталев С.А., Ершов Д. В., Исаев А. С., Лупян Е. А., Уваров И. А. Белова Е. И., Егоров В. А., Медведева М. А., Плотников Д. Е., Соколова Е. Н., Стыценко Ф. В. 2013. Карта растительности России 1:5 000 000. URL : <http://smiswww.iki.rssi.ru/files/maps/>.

ГОСТ Р ИСО 19113-2003 Географическая информация. Принципы оценки качества. – 27 с.

Приказ Минприроды РФ от 31.08.2010 № 335 «Об утверждении порядка составления схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории субъекта Российской Федерации, а также требований к ее составу и структуре» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 04.10.2010 N 18614). URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_105563/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_105563/).

Bartalev S. A., Egorov V. A., Loupian E. A., Khvostikov S. A. 2014. A new locally-adaptive classification method LAGMA for large-scale land cover mapping using remote-sensing data // Remote Sensing Letters. T. 5, № 1. – P. 55–64.

DeFries R., Hansen M., Townshend J. R. G., Janetos A. C., Loveland T. R. 2000. A new global 1km data set of percent tree cover derived from remote sensing // Global Change Biology. – № 6. – P. 247–254.

Global Land Cover Facility. URL : [www.landcover.org](http://www.landcover.org).

Hansen M., DeFries R., Townshend J.R.G., Sohlberg R. 2000. Global land cover classification at 1km resolution using a decision tree classifier // *Int. J. Remote Sensing*. – T. 21. – P. 1331–1365.

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. 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // *Science*. 342 (15 November). – P. 850–853.

Stolbovoi V., Fischer G., Ovechkin V. S., Rozhkova (Kraevets) S. 1998. The IIASA-LUC Project Georeferenced Database of the Former U.S.S.R., Vol. 4: Vegetation, Interim Report IR-98, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria (IIASA), Land Resources of Russia CD-ROM.

Using GLOBIO3 and CLUE methodology to calculate current and future status of biodiversity: Manual for biodiversity modelling on a national scale // Wilbert van Rooij, MNP Bilthoven, the Netherlands, 2008. – 25 p.