

УДК 630.524.61(470.325)
DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2017.4.09

Определение лесистости и количественных характеристик лесов по космическим снимкам Sentinel-2 (на примере Шебекинского муниципального района Белгородской обл.)

Ю. И. Перепечина – Брянский государственный инженерно-технологический университет, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Брянск, Российская Федерация, y-perepetchina@mail.ru

О. И. Глушенков – Западный филиал государственной инвентаризации лесов – филиал «Рослесинфорг», директор, кандидат сельскохозяйственных наук, Брянск, Российская Федерация, glushenkov@zaples.ru

Р. С. Корсилов – Западный филиал государственной инвентаризации лесов – филиал «Рослесинфорг», заместитель директора, Брянск, Российская Федерация

Методом автоматизированного дешифрирования снимков среднего разрешения Sentinel-2 определена лесистость и количественные характеристики лесов на примере Шебекинского муниципального района Белгородской обл. Площадь выделенных по снимкам категорий земель, покрытых древесно-кустарниковой растительностью, превысила площадь по данным ГЛР на 44 % (данные ГЛР – 33 315 га, данные по результатам исследований – 47 979,6 га). Таким образом, площадь неучтенных лесов составила 14 664,6 га. Средняя лесистость района по результатам исследований – 25,7 % против 17,9 % по данным ГЛР.

Ключевые слова: автоматизированное дешифрирование, космическая съемка, лесистость, неучтенные леса, твердолиственные насаждения, хвойные насаждения

Для ссылок: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2017.4.09>

Перепечина, Ю. И. *Определение лесистости и количественных характеристик лесов по космическим снимкам Sentinel-2 (на примере Шебекинского муниципального района Белгородской обл.)*

[Электронный ресурс] / Ю. И. Перепечина, О. И. Глушенков, Р. С. Корсилов // Лесхоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2017. – № 4. – С. 85–93. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

В настоящее время достоверные данные о количественных и качественных характеристиках лесов России отсутствуют. Давность проведения лесоустройства более 10 лет имеет 81,5 % лесов, при этом на площади 533,9 тыс. га лесоустройство не проводилось вообще.

Кроме того, во второй половине 1990-х гг., в результате практически полного прекращения государственной поддержки сельхозпроизводителей, значительные площади земель были выведены из сельскохозяйственного использования.

Объект исследований – территория Шебекинского района Белгородской обл. Площадь района – 186 597 га.

На данной территории выявляли расположение различных категорий лесных и нелесных земель, определяли их структуру, а также площади категорий земель по космическим снимкам со спутника Sentinel-2.

Шебекинский район расположен в лесостепной зоне, является наиболее «богатым» лесами в области. Преобладающая порода – дуб черешчатый, небольшую площадь занимают сосновые боры. По данным ГЛР, площадь лесов составляет 33 315 га, средняя лесистость района – 17,9 %.

Цель исследований – методом автоматизированного дешифрирования космических снимков определить площади земель, занятых лесными насаждениями, лесистость и количественные характеристики лесов района исследований.

Задачами исследований предусматривалось:

- ✓ выделить основные категории земель исследуемой территории;
- ✓ определить лесистость и общую площадь земель, покрытых древесно-кустарниковой растительностью, количественные характеристики лесов на территории объекта исследований с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ);
- ✓ оценить точность автоматизированного дешифрирования путем использования съемки сверхвысокого разрешения.

Программа и методика работ

Программой исследований предусмотрено использовать снимки, полученные со спутника Sentinel-2 Европейского космического агентства в рамках программы Copernicus, для целей учета лесов на землях лесного фонда и землях иных категорий; разработать методику определения площади и основных параметров древесно-кустарниковой растительности с использованием материалов ДЗЗ.

Для определения общей площади земель, покрытых древесно-кустарниковой растительностью, фактической лесистости, количественных характеристик лесов на территории объекта исследований необходимо выполнить 2 этапа работ.

Первый этап. Подбор, получение и обработка снимков Sentinel-2; сегментация данных, подбор эталонов; контролируемая классификация данных Sentinel-2; векторизация полученных классов; установление площадей полученных классов. Использование мультиспектральных снимков для распознавания объектов основано на различиях в их спектральной отражательной способности, следствием которых являются различные яркостные характеристики.

Классификация объектов на изображении предполагает разделение пространства признаков на классы с определенными значениями яркостей.

Выделяют 2 метода классификации – контролируемую (с обучением) и неконтролируемую (без обучения).

При установлении общей площади покрытых древесно-кустарниковой растительностью земель объекта исследований была проведена контролируемая классификация. Она основана на признаках объектов, принадлежность которых к определенному классу известна (путем подбора эталонов – совокупности спектральных признаков, характеризующих данный класс). Независимо от того, какой способ контролируемой классификации выбран для автоматизированного дешифрирования, процесс включает несколько этапов:

- 1) определение классов, которые будут выделены в результате процедуры (водные объек-

ты, растительность, сельскохозяйственные угодья, леса и др.);

2) формирование обучающей выборки, т.е. «типичных» пикселей для каждого класса;

3) вычисление параметров «спектрального образа» каждого из классов (набор параметров зависит от способа контролируемой классификации);

4) постобработка полученного изображения и сохранение результатов классификации.

Контролируемая классификация полученных сегментов проводится путем их отнесения к тематическим классам на основании вычисленных для них яркостных характеристик (средних яркостей и дисперсий в каналах) [1].

После процедуры классификации сегментов на основании обучающей выборки и визуальной оценки ее качества осуществляется сохранение результатов классификации – векторизация полученных классов [2–4].

Второй этап. Определение количественных характеристик лесов на территории объекта исследований на основе данных автоматического тематического дешифрирования космических снимков среднего разрешения; сравнение полученных данных с данными государственного лесного реестра.

Результаты и обсуждение

Для выполнения автоматизированного дешифрирования категорий земель исследуемой территории по данным космической съемки использовали общедоступные снимки со спутника Sentinel-2.

Характеристика космического снимка Sentinel-2 приведена ниже.

В ходе проведения работ установлено, что для более точного разделения лесов по преобладающим древесным породам целесообразнее применять летнюю или раннеосеннюю съемку в синтезе каналов 8-3-2 (NIR-Green-Blue), так как максимумы спектральной яркости растений расположены в зелёном (Green – 0,54–0,58 мкм) и ближнем инфракрасном (NIR – 0,7–1,3 мкм) участках спектра [5].

Автоматизированное тематическое дешифрирование проводилось объектно-ориентированным методом в программе ScanEx IMAGE Processor v4.2.

Основное отличие данного подхода – использование в качестве минимальной единицы классификации сегментов групп однородных пикселей исходного изображения. При этом процесс формирования сегментов (сегментация) является управляемым. Применение объектно-ориентированного подхода позволяет получать тематические карты без использования процедур постобработки [6].

Для полученных сегментов можно решить задачу по отнесению к тематическим классам на основании вычисленных для них яркостных характеристик. Для этого используется заданная пользователем тематическая информация, позволяющая отнести сегменты обучающей выборки к тому или иному тематическому классу, и математические методы дискриминации, а именно – линейный и квадратичный дискриминационный анализ [7–10].

На территории объекта исследований выделено 7 классов земель: водные объекты, поля, хвойные насаждения, мягколиственные насаждения, твердолиственные насаждения, строения и дороги, пашни.

Название сцены	RT_S2A_OPER_MSI_L1C_TL_SGS_20160830T122619_A006210_T37UCR
Дата съемки	30.08.2016
Пространственное разрешение (в надире), м/пкс	10
Радиометрическое разрешение, б/пкс	12
Центральная длина волны, мкм:	
Канал 8	0,842 (NIR)
Канал 3	0,560 (Green)
Канал 2	0,490 (Blue)

С целью проведения контролируемой классификации подобрано 78 эталонов для 7 представленных категорий земель: водные объекты – 5 эталонов, поля – 11, хвойные – 13, мягколиственные – 20, твердолиственные – 11, строения и дороги – 14, пашни – 4. Общая площадь набранных эталонов составила 3 011 га.

В процессе исследования для подбора эталонов использовали материалы лесоустройства 2013 г. Шебекинского лесничества (планы лесонасаждений в электронном виде и таксационные описания). В установленной системе координат были совмещены все имеющиеся данные: космические снимки, материалы таксации, данные государственного кадастра недвижимости (ГКН). Причем на основании данных ГКН установлены границы земель лесного фонда, а также сформирована «маска» на земли населенных пунктов. Эталоны по каждому представленному «лесом» классу отбирали в случайном порядке при соблюдении следующих условий: площадь полигона – не менее 3 га и доля участия преобладающей породы в конкретном лесотаксационном выделе – не менее 7 единиц.

Пример подбора эталонов с использованием актуальной лесоустроительной информации представлен на рис. 1.

Пример результатов автоматизированного дешифрирования различных категорий земель исследуемой территории приведен на рис. 2.

Характеристики, полученные с помощью автоматизированного дешифрирования, уточняются путем применения съёмки сверхвысокого разрешения [11].

Оценка качества автоматизированного дешифрирования различных категорий земель с использованием съёмки сверхвысокого разрешения приведена на рис. 3.

В результате исследований определены площади категорий земель исследуемой территории, покрытых древесно-кустарниковой растительностью, выделенные по снимку Sentinel-2 (таблица).

Согласно результатам исследований, площадь твердолиственных насаждений (с преобладанием насаждений дуба черешчатого) оказалась больше на 39,1 % по сравнению с данными ГЛР, а общая площадь выявленных лесов на

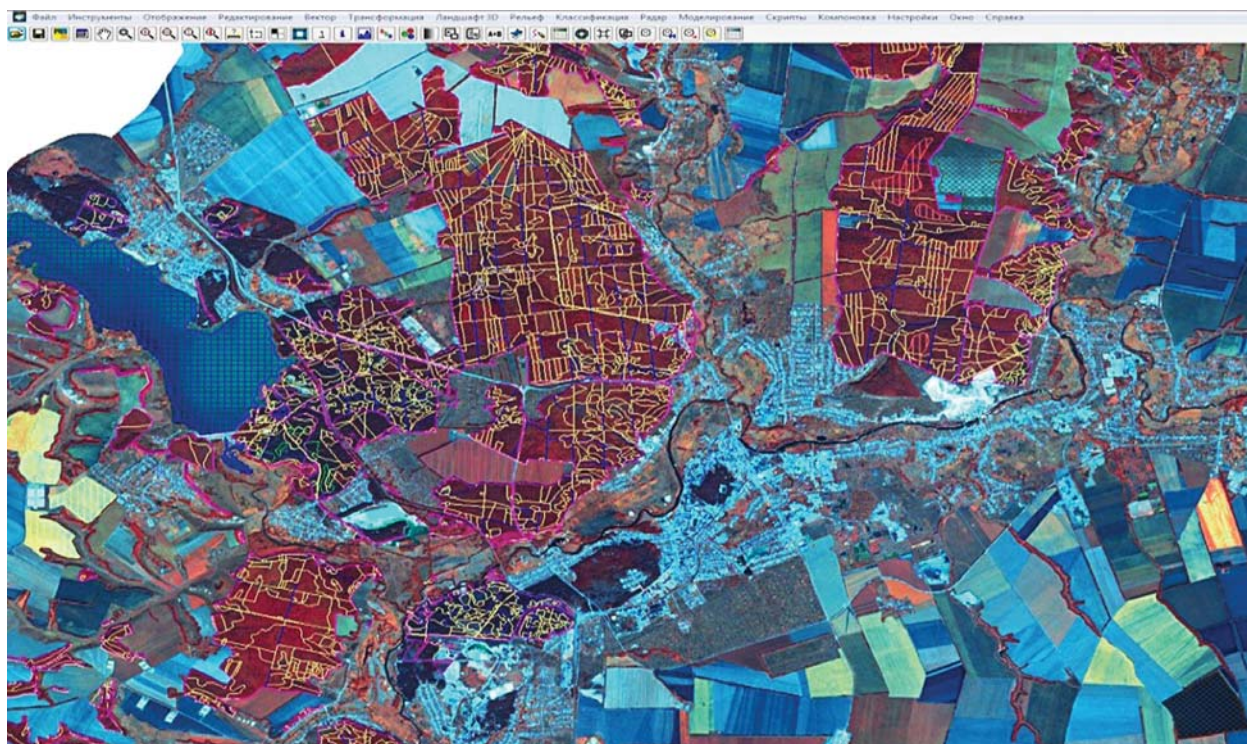


Рис. 1. Пример подбора эталонов с использованием актуальной лесоустроительной информации

Примечание. Водные объекты – синий полигон, поля – жёлтый полигон, пашня – коричневый полигон и т. д. Розовым цветом показана кадастровая граница земель лесного фонда. Лесотаксационные выделы и кварталы обведены желтым контуром

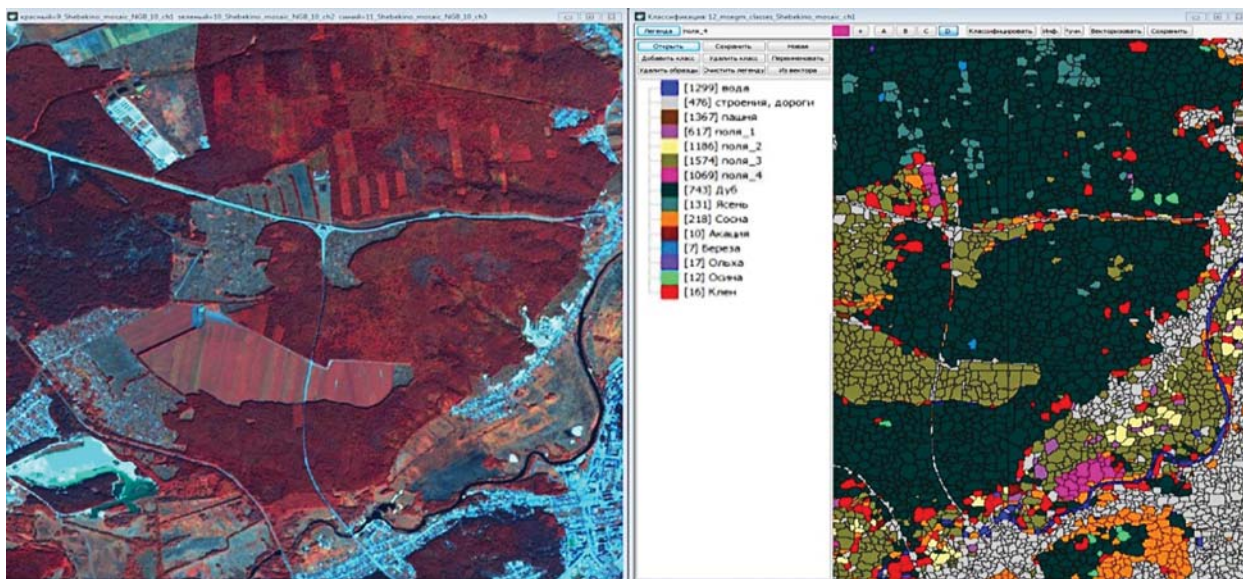


Рис. 2. Результаты автоматизированного дешифрирования различных категорий земель (справа показан пример результатов автоматизированного дешифрирования различных категорий земель, слева – фрагмент карты Шебекинского района)

Примечание. На снимке справа темно-зелёным цветом показаны дубовые насаждения, светло-серые участки – жилая застройка, оранжевый цвет – сосновые насаждения. Часть вырубок на снимке слева классифицирована как дубовые насаждения, что связано, скорее всего, с успешным возобновлением на данных участках

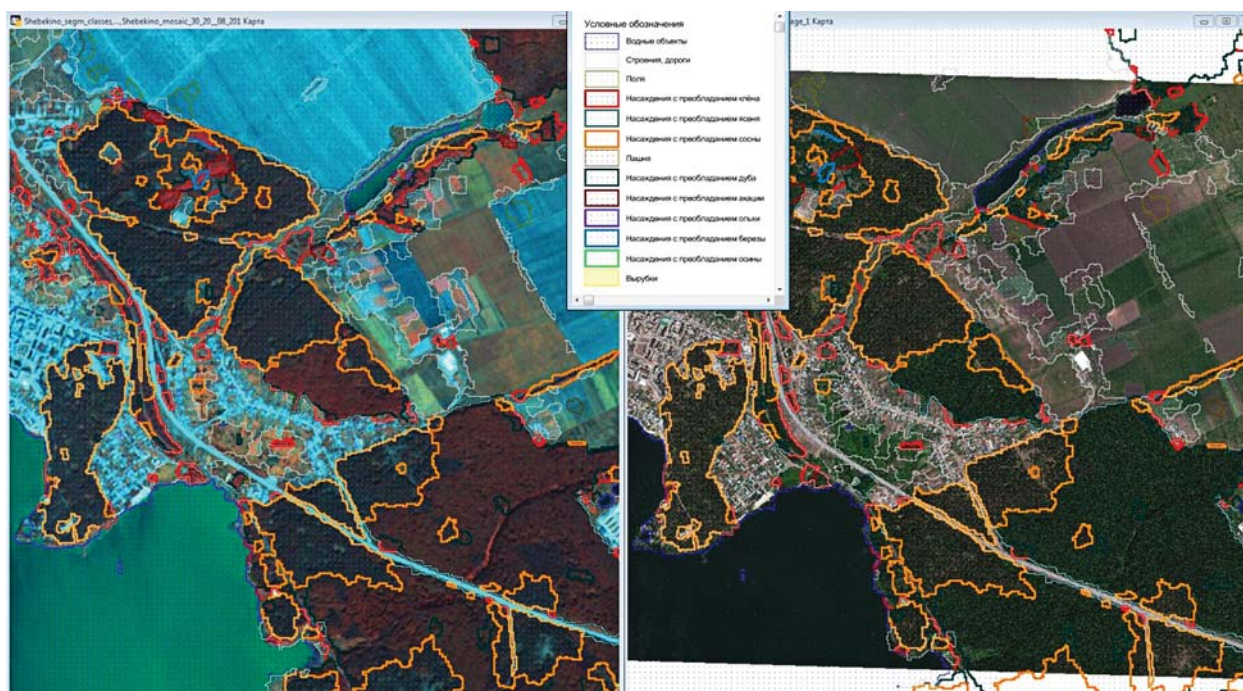


Рис. 3. Оценка качества автоматизированного дешифрирования различных категорий земель с использованием съемки сверхвысокого разрешения

Примечание. Слева представлен снимок Sentinel-2 с разрешением 10 м/пкс, справа – снимок сверхвысокого разрешения, который использовался для лесоустроительных работ на данной территории. Оранжевой границей выделены сосновые боры, имеющие темный цвет на снимке Sentinel-2, красновато-бурым цветом (или темно-зелёным на снимке справа) обозначены дубовые насаждения

территории Шебекинского района – на 44 %. Предлагаемый нами подход позволяет при определении лесистости территории уточнять

данные государственного лесного реестра на основе использования материалов космической съемки.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ КАТЕГОРИЙ ЗЕМЕЛЬ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ, ПОКРЫТЫХ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ, ВЫДЕЛЕННЫХ ПО СНИМКУ SENTINEL-2

Выделенная категория земель	Количество участков, шт.	Площадь категории земель, га	Средняя площадь участка, га	Распределение по категориям земель, %		Доля площади категории земель района, %
				по результатам исследований	по данным ГЛР	
Твердолиственные насаждения						
Насаждения с преобладанием дуба	5 414	30 398,6	5,61	91,2	63,4	16,3
Насаждения с преобладанием ясеня	654	4 749,8	7,26	14,3	9,9	2,5
Насаждения с преобладанием робинии лжеакации	540	447,0	0,83	1,3	0,9	0,2
Насаждения с преобладанием клёна	7302	7 070,3	0,97	21,2	14,7	3,8
Итого	13 910	42 665,7	3,07	128	88,9	22,8
Хвойные насаждения						
Насаждения с преобладанием сосны	4 031	4 597,1	1,14	13,8	9,6	2,5
Итого	4 031	4 597,1	1,14	13,8	9,6	2,5
Мягколиственные насаждения						
Насаждения с преобладанием берёзы	264	179,0	0,68	0,5	0,4	0,1
Насаждения с преобладанием ольхи	323	287,4	0,89	0,9	0,6	0,2
Насаждения с преобладанием осины	197	250,4	1,27	0,8	0,5	0,1
Итого	784	716,8	0,91	2,2	1,5	0,4
ВСЕГО	18 725	47 979,6	2,56	144	100	25,7

Выводы

Проведенные исследования показали, что дешифрирование снимков среднего разрешения Sentinel-2 дает возможность получать достоверную информацию о структуре и площади выделенных категорий земель. Использование снимков сверхвысокого разрешения помогает определить преобладающую породу.

Сравнение полученных данных с данными ГЛР показало, что площадь выделенных категорий земель, покрытых древесно-кустарниковой растительностью, больше на 44 % (по данным ГЛР – 33 315 га, по результатам исследований – 47 979,6 га). Таким образом, площадь неучтенных лесов составила 14 664,6 га. Средняя лесистость района по результатам исследований – 25,7 % против 17,9 % по данным ГЛР.

Список использованной литературы

1. Терехов, А. Г. Автоматический алгоритм классификации снимков QUICKBIRD в задаче оценки полноты леса / А.Г. Терехов, Н.Г. Макаренко, И. Т. Пак // Компьютерная оптика. – 2014. – Т 38. – № 3. – С. 580–583.
2. Ембаев, И.А. Инвентаризация охотничьих угодий по результатам классификации мультиспектральных изображений / И. А. Ембаев, А. В. Амбросимов // Геоматика. – 2009.- № 3. – С. 33–39.
3. Ерусалимский, В.И. Лес и пашня / В.И. Ерусалимский // Лесн. хоз-во. – 2011. – № 1. – С. 14–15.
4. Космическая съемка – на пике высоких технологий : матер. V междунар. конф. (13–15 апреля 2011). – М. : Совзона, 2011. – С. 3–24.
5. Особенности применения лесотаксационной информации при тестировании космических снимков / Ю.С. Галкин [и др.] // Лесной вестник. – 2010. – № 7. – С. 37–39.
6. Использование космических снимков ALOS для выявления площадей бывших сельскохозяйственных угодий, зарастающих лесом / Э. А. Курбанов [и др.] // Геоматика. – 2010. – № 4. – С. 68–72.
7. Состояние и перспективы развития методов спутникового картографирования растительного покрова России / С. А. Бартаев [и др.] // Совр. проблемы дистанцион. зонд. Земли из космоса : науч.-техн. журн. – 2015. – Т. 12. – № 5. – С. 203–221.
8. Определение по космическим снимкам биометрических и продукционных характеристик растительности / Ю. С. Галкин [и др.] // Лесной вестник. – 2009. – № 6. – С. 20–24.
9. Иванов, Е. С. Некоторые приложения сегментации снимков ДЗЗ / Е. С. Иванов // Совр. проблемы дистанцион. зонд. Земли из космоса : науч.-техн. журн.- 2016. – Т. 13. – № 1. – С. 105–116.
10. Черепанов, А. С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы / А. С. Черепанов, Е. Г. Дружинина // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 28–32.
11. Глушенков, О. И. Оценка количественных и качественных характеристик лесов субъекта Российской Федерации при государственной инвентаризации лесов : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.02 / О. И. Глушенков. – Брянск, 2013. – 25 с.

References

1. Terekhov, A. G. Avtomaticheskij algoritm klassifikacii snimkov QUICKBIRD v zadache ocenki polnoty lesa / A. G. Terekhov, N. G. Makarenko, I. T. Pak // Komp'yuternaya optika. – 2014. – T 38. – № 3. – S. 580–583.
2. Embaev, I. A. Inventarizaciya ohotnich'ih ugodij po rezul'tatam klassifikacii mul'tispektral'nyh izobrazhenij / I. A. Embaev, A. V. Ambrosimov // Geomatika. – 2009. – № 3. – S. 33–39.
3. Erusalimskij, V. I. Les i pashnya / V. I. Erusalimskij // Lesn. hoz-vo. – 2011. – № 1. – S. 14–15.
4. Kosmicheskaya semka – na pike vysokih tekhnologij : mater. V mezhdunar. konf. (13–15 aprelya 2011). – M. : Sovzond, 2011. – S. 3–24.
5. Osobennosti primeneniya lesotaksacionnoj informacii pri testirovanii kosmicheskikh snimkov / Yu.S. Galkin [i dr.] // Lesnoj vestnik. – 2010. – № 7. – S. 37–39.
6. Ispol'zovanie kosmicheskikh snimkov ALOS dlya vyyavleniya ploshchadej byvshih sel'skohozyajstvennyh ugodij, zarastayushchih lesom / Eh. A. Kurbanov [i dr.] // Geomatika. – 2010. – № 4. – S. 68–72.
7. Sostoyanie i perspektivy razvitiya metodov sputnikovogo kartografirovaniya rastitel'nogo pokrova Rossii/ S.A. Bartalev [i dr.] // Sovr. problemy distancion. zond. Zemli iz kosmosa : nauch.-tekhn. zhurn. – 2015. – T. 12. – № 5. – S. 203–221.
8. Opredelenie po kosmicheskim snimkam biometricheskikh i produkcionnyh harakteristik rastitel'nosti / Yu.S. Galkin [i dr.] // Lesnoj vestnik. – 2009. – № 6. – S. 20–24.

9. Ivanov, E. S. Nekotorye prilozheniya segmentacii snimkov DZZ / E. S. Ivanov // Sovr. problemy distancion. zond. Zemli iz kosmosa : nauch.-tekhn. zhurn.- 2016. – T. 13. – № 1. – S. 105–116.
10. Cherepanov, A. S. Spektral'nye svojstva rastitel'nosti i vegetacionnye indeksy / A. S. Cherepanov, E. G. Druzhinina // Geomatika. – 2009. – № 3. – S. 28–32.
11. Glushenkov, O. I. Ocenka kolichestvennyh i kachestvennyh harakteristik lesov sub»ekta Rossijskoj Federacii pri gosudarstvennoj inventarizacii lesov : avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk : 06.03.02 / O. I. Glushenkov. – Bryansk, 2013. – 25 s.

Automated Detection of Forest Cover and Forest Characteristics Kolichestvennykh of Municipal Shebekinskiy District of the Belgorod Region on Space

Yu. I. Perepechina – Bryansk state engineering-technological University, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Bryansk, Russian Federation, y-perepechina@mail.ru

O. I. Glushenko – «Zaplesproekt», branch «Roslesinforg», Director, Candidate of Agricultural Sciences, Bryansk, Russian Federation, glushenkow@zaples.ru

R. S. Korsikov – «Zaplesproekt», branch «Roslesinforg», Deputy Director, Bryansk, Russian Federation

Key words: automated interpretation of satellite imagery, forest cover, classes of natural systems, unrecorded, of a forest, hardwood plantations, softwood plantations, square.

Article on the topic of «Automated determination of quantitative characteristics of forest cover and forest Shebekinskogo municipal district of Belgorod oblast on space shooting Sentinel-2» is dedicated to the study of the use of remote sensing in determination of quantitative characteristics of forests.

The object of research is the territory of Shebekinskogo district of Belgorod oblast, area-186597 HA, is located in the forest-steppe zone.

The aim of the research is to determine the area of land covered with forest vegetation, forest cover and quantitative characteristics of forests of the study area method for automated interpretation of satellite imagery[2].

For the automated interpretation of classes of natural systems based on satellite imagery used publicly available satellite imagery Sentinel-2. Automated thematic interpretation was made object-oriented method in the program ScanEx IMAGE Processor V. 4.2. The main difference of this approach is using as a minimum unit of classification segments – homogeneous groups of pixels of the original image. The process of formation of the segments (segmentation) is controllable[1].

On the territory of the object of study selected 7 classes: water bodies, fields, coniferous, softwood, hardwoods, clear cuts, overgrown fields. As a result of research has identified classes of area covered with forest vegetation, highlighted by the image of Sentinel-2. The major share of forests (88,9 %) of hardwood plantations. Coniferous forests (with a predominance of Scots – pine) is 9.6 % of all identified as a result of the classification of forests.

The comparison of obtained data with the GLR showed that the area of identified forest classes more 44 %: data GLR – 33315 ha forest area according to the results of research 47979,6ha unrecorded Area of forests amounted to 14664,6 ha. The Average forest cover in the district according to the results of studies of 25.7 % versus 17.9%, according to HLB.

Referens

1. The Use of ALOS Space Imagery to Identify Areas of Former Agricultural Land Overgrown by Forest / E. A. Kurbanov [and etc.] // Geomatics. – 2010. – № 4. – P. 68–72.