

DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.2.01
УДК 630.587.5

Применение автоматизированного дешифрирования данных Sentinel-2 для создания актуализированных карт-схем страт ГИЛ на территории труднодоступных районов Российской Федерации

В. В. Вечеров

филиал «Рослесинфорг» «Заплеспроект», инженер II категории, кандидат
сельскохозяйственных наук, Брянск, Российская Федерация, vecherovv32@gmail.com

Изложена технология создания актуализированных карт-схем страт, которая базируется на применении материалов съёмки среднего разрешения Sentinel-2 и их классификации. Приведены ее преимущества: использование методов математической статистики; отсутствие необходимости в актуализации данных; повторная классификация мультиспектральных спутниковых изображений на основании полевых данных с заложенных пробных площадей.

Ключевые слова: Sentinel-2, ГИЛ, классификация космических снимков, труднодоступные территории

Для ссылок: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2019.2.01>
Вечеров, В. В. Применение автоматизированного дешифрирования данных Sentinel-2 для создания актуализированных карт-схем страт ГИЛ на территории труднодоступных районов Российской Федерации [Электронный ресурс] / В. В. Вечеров // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2019. – № 2. – С. 5–14.
URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Введение. В рамках государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) проводятся работы по определению количественных и качественных характеристик лесов. Технология работ на первом этапе предусматривает использование исходных данных на объект работ (материалы последнего лесоустройства, государственного лесного реестра и т.п.), чтобы в последующем создать цифровую картографическую основу за счет актуализации и генерализации полученных карт-схем [1, 2]. Однако для труднодоступных территорий применение данной технологии характеризуется рядом существенных недостатков, наиболее серьёзным из которых является стратификация на основе устаревших материалов лесоустройства [3].

Для создания актуализированных карт-схем страт при ГИЛ труднодоступных территорий в работе использовалась технология, базирующаяся на применении общедоступных материалов съёмки среднего разрешения Sentinel-2 при помощи классификации её мультиспектральных изображений. Данная технология обладает рядом преимуществ: она основана на методах математической статистики, следовательно, – более объективна; отсутствует необходимость в актуализации данных, так как используется съёмка текущего года работ; технология позволяет осуществлять переклассификацию мультиспектральных спутниковых изображений на основании полевых данных, полученных на пробных площадях.

Цель исследования – проанализировать возможность применения автоматизированных методов дешифрирования снимков среднего разрешения для целей ГИЛ на территории труднодоступных районов Российской Федерации на примере данных Sentinel-2.

Решаемые задачи:

- ✓ характеристика процесса объектно-ориентированной классификации космических снимков и набора эталонов;
- ✓ описание процесса постобработки и анализа точности полученных результатов;
- ✓ анализ возможности применения автоматизированного дешифрирования данных

Sentinel-2 для создания актуализированных карт-схем страт на труднодоступные территории.

Работы по автоматизированному дешифрированию космических снимков среднего разрешения спутника Sentinel-2 для целей ГИЛ, а также установление площадей выявленных классов проводились на территории Хабаровского края (государственный природный заповедник (ГПЗ) «Джугджурский»).

Лесничество ГПЗ «Джугджурский» расположено в границах государственного природного заповедника «Джугджурский» на территории Аяно-Майского административного района Хабаровского края. Контора заповедника находится в 100 км от территории лесничества в районном центре с. Аян и в 1 447 км от краевого центра – Хабаровска. Общая площадь – 806 256 га [4].

Согласно данным лесохозяйственного регламента, лесничество ГПЗ «Джугджурский» расположено в одном лесорастительном районе (дальневосточный таежный) и одной лесной зоне (таёжная) [4]. Лесистость – 63,6%. Нелесные земли ГПЗ «Джугджурский» занимают 250 695 га (31,1% общей площади), лесные земли – 555 561 га (68,9% общей площади лесничества): в том числе земли, занятые лесными насаждениями, – 512 844 га, не занятые – 42 717 га [4].

Давность материалов лесоустройства на данный объект составляет 34 года (лесоустройство 1984 г.).

Материалы и методы исследования. Для автоматизированного дешифрирования территории ГПЗ «Джугджурский» использовались данные космической съёмки Sentinel-2, которые предлагают наилучшую комбинацию высокого спектрального (Coastal aerosol – 443 нм, Blue – 490 нм, Green – 560 нм, Red – 665 нм, Vegetation rededge 1 – 705 нм, Vegetation rededge 2 – 740 нм, Vegetation rededge 3 – 783 нм, NIR – 842 нм, Narrow NIR – 865 нм, Water vapour – 940 нм, SWIR – Cirrus – 1375 нм, SWIR 1 – 1610 нм, SWIR 2 – 2190 нм), пространственного (10–60 м/пкс) и временного разрешения (3–5 сут). Одним из факторов в пользу применения данных Sentinel-2 является наличие трёх крайних

красных каналов, характеризующихся высокой корреляцией с биофизическими свойствами растительности [5, 6].

Объект работ полностью покрыт пятью сценами Sentinel-2. Дата съёмки – август–сентябрь 2017 г. (рис. 1).

При подборе эталонов и визуальной оценке качества классификации мультиспектральных изображений также использованы отечественные данные сверхвысокого разрешения (Канопус-В, Ресурс-П). Дата съёмки – сентябрь 2017 г.

Автоматизированное тематическое дешифрирование осуществлялось объектно-ориентированным методом в программе ScanEx IMAGE Processor v5.0. Обработка и визуализация результатов работ проводились в геоинформационной системе QGIS, расчёт точности (создание матрицы ошибок) осуществлялся с применением MSExcel.

Методика автоматизированного тематического дешифрирования данных Sentinel-2 для целей ГИЛ состоит из следующих этапов (рис. 2):

- ✓ предварительная обработка космических снимков;
- ✓ объектно-ориентированная классификация изображений;
- ✓ векторизация результатов классификации и оценка её качества.

Основные этапы предварительной обработки:

1. Радиометрическая и атмосферная коррекция по методу DOS1 позволяет устранить ошибки, связанные со случайными вариациями освещенности, состояния атмосферы и чувствительности сенсора;

2. Передискретизация (ресемплинг) значений яркости необходима из-за разного пространственного разрешения каналов Sentinel-2 (приводится к 10 м/пкс) и осуществлялась в программном комплексе SNAPv6.0;

3. Преобразование «колпак с кисточкой» – в ходе трансформации все каналы Sentinel-2 преобразуются в три новых канала (Brightness, Greenness, Wetness). Основное преимущество этого преобразования заключается в том, что выбор осей новой системы координат не зависит

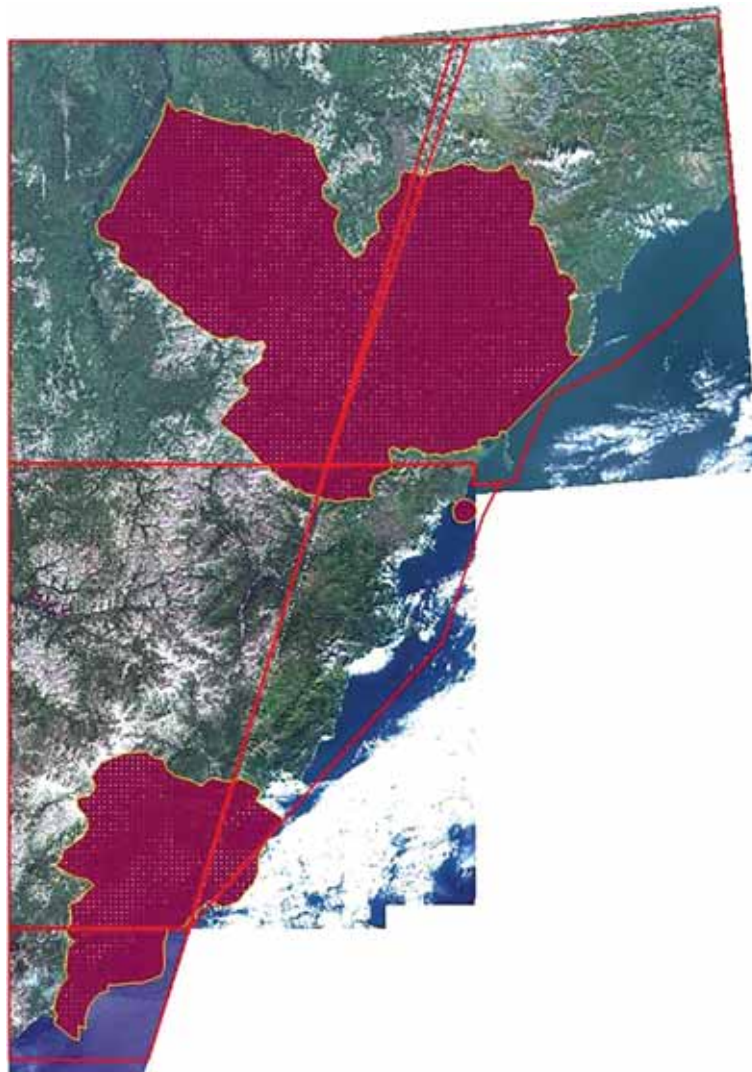


Рис. 1. Покрытие объекта работ съёмкой SENTINEL-2: контуры снимков, границы объекта работ

от вариации растительного покрова на изображениях [7, 8].

Основные этапы объектно-ориентированной классификации:

1. Сегментация исходного изображения – процесс формирования новых областей (сегментов) за счет слияния смежных областей, состоящих из пикселей исходного изображения, объединённых с использованием одной или нескольких характеристик. В качестве характеристик могут быть использованы спектральные, текстурные и характеристики формы. Результатом сегментации является растровый слой, хранящий образованные сегменты [5, 9];

2. Создание обучающей выборки – подбор эталонов для каждого из классов осуществлялся с

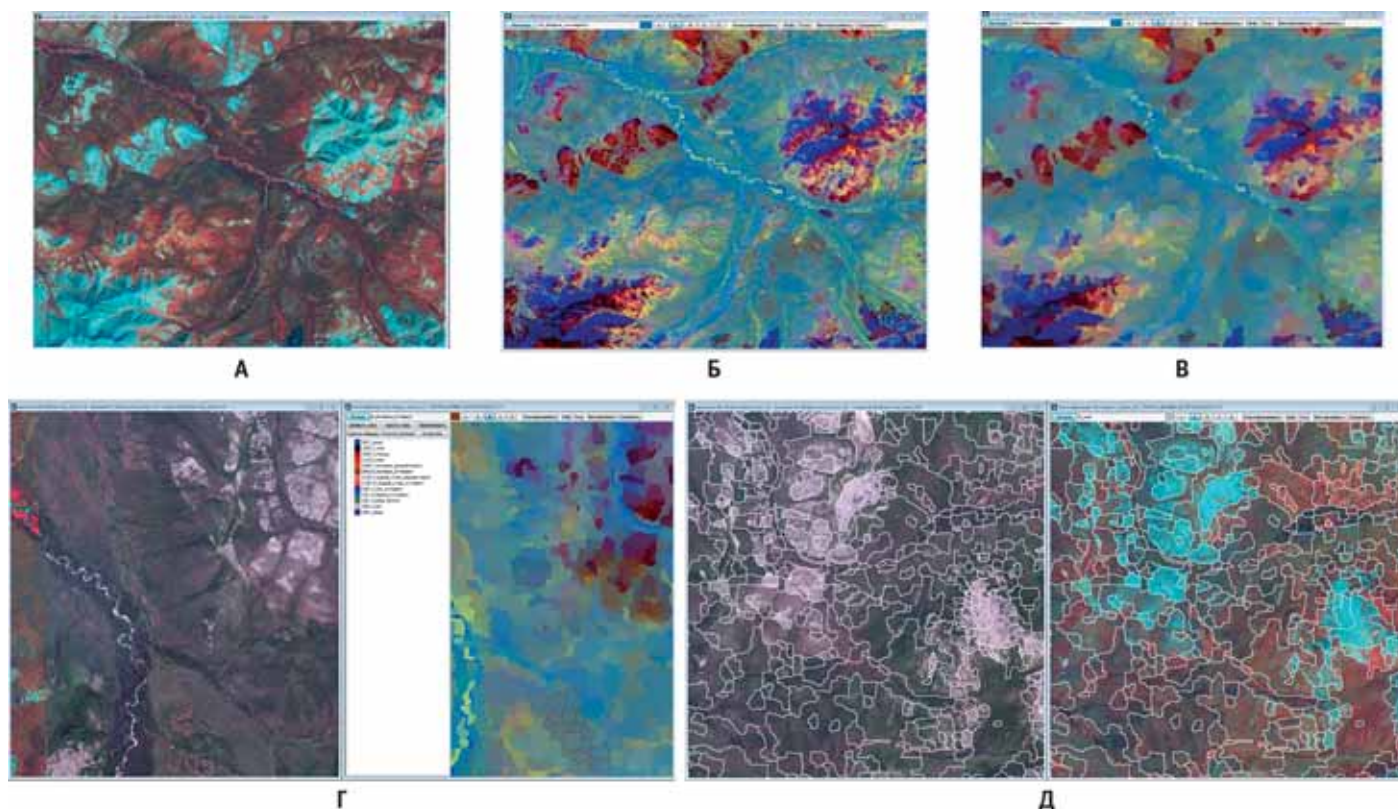


Рис. 2. Этапы автоматизированного тематического дешифрирования данных SENTINEL-2:
А) ИСХОДНЫЙ СНИМОК; Б) СНИМОК ПОСЛЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ «КОЛПАК С КИСТОЧКОЙ»;
В) РЕЗУЛЬТАТ СЕГМЕНТАЦИИ СНИМКА;
Г) ПОДБОР ЭТАЛОНОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СНИМКОВ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ;
Д) РЕЗУЛЬТАТЫ ВЕКТОРИЗАЦИИ

использованием как классифицируемого снимка Sentinel-2, так и снимков сверхвысокого разрешения на данную территорию;

3. *Классификация полученных сегментов* – сегменты могут быть отнесены к тематическим классам на основании вычисленных для них яркостных характеристик по заданной пользователем тематической информации (эталонам).

После векторизации результатов автоматизированного дешифрирования проводится оценка его качества. Стандартной формой оценки точности классификации является матрица ошибок, которая характеризует не только погрешность отнесения объектов к каждому из классов, но и ошибки, связанные с неверной классификацией [7, 9, 10].

Ряд авторов [7, 11, 12] отмечают, что для более полного использования информации, представленной на карте, необходимо указывать следующие показатели точности: общая

точность классификации (Overall accuracy – OA), точность пользователя (User`s accuracy – UA), точность производителя (Producer`s accuracy – PA); средняя точность пользователя (Meanuser`s accuracy – MUA), средняя точность производителя (Meanproducer`s accuracy – MPA), ошибка пропуска (Omission error – OE), ошибка допущения (Commission error – CE).

Чтобы учесть возможность случайных совпадений и оценить истинную согласованность между оцениваемой классификацией и эталонной картой, применялся распространённый показатель – коэффициент каппа [7].

Для создания матрицы ошибок в данной работе использовался равномерный случайный метод заложения выборки (точечных объектов), т.е. точки закладывались равномерно случайным образом по территории тематической карты, на которую имеется покрытие сверхвысокодетальной съёмкой [11, 12].

Размер выборки составил 500 точечных объектов, что, в силу их случайного распределения, позволило получить выборку не менее чем 30 точек на каждый класс (исключение составил только класс берёзы спелой и перестойной из-за его небольшой площади).

Результаты и обсуждение. Результаты автоматизированного тематического объектно-ориентированного дешифрирования данных Sentinel-2 представлены в табл. 1.

разных групп возраста (51,1%), среди которых преобладают спелые и перестойные (30,5% лесопокрытой площади). Кедровый стланик занимает 27,7% общей площади заповедника и 43,5% лесопокрытой площади.

Пример результатов автоматизированного дешифрирования данных Sentinel-2 представлен на рис. 3.

Результаты оценки точности в виде преобразованной матрицы ошибок, которая учитывает

Таблица 1. Площадь категорий и классов ГПЗ «Джугджурский», выделенных по снимку SENTINEL-2

№ п/п	Категория и класс	Площадь, га	Кол-во полигонов, шт.	Средняя площадь полигона, га	Доля, % общей площади
1	Водные объекты	62 202	297	209,4	7,5
2	Гольцы, скалы	189 277	2 041	92,7	22,8
3	Гари	22 143	265	83,6	2,7
4	Леса	52 9385	11 566	45,8	63,8
	в том числе:				
5	Лиственница средневозрастная и приспевающая	108 879	2 880	37,8	13,1
6	Лиственница спелая и перестойная	161 678	1 465	110,4	19,5
7	Кедровый стланик средневозрастный и приспевающий	110 599	3 231	34,2	13,3
8	Кедровый стланик спелый и перестойный	119 443	3 375	35,4	14,4
9	Ель спелая и перестойная	27 225	590	46,1	3,3
10	Берёза спелая и перестойная	1 561	25	62,4	0,2
11	Поймы, болота	10 379	803	12,9	1,2
12	Облака, снег	16 980	101	168,1	2,0
	Итого	830 365	15 073	55,1	100,0

Согласно полученным данным, леса занимают 63,8% территории «ГПЗ «Джугджурский», что очень близко к значению лесохозяйственного регламента (63,6%) и свидетельствует о высокой точности полученных результатов. Значительную долю площади заповедника (22,8%) занимают гольцы, что связано со сложным рельефом. Площадь лесных земель, пройденная пожарами, составила 22 143 га (2,7%), что в целом характерно для данного типа местности.

Среди земель, занятых лесными насаждениями, доминируют лиственничные насаждения



Рис. 3. Сравнение результатов классификации (слева) с планом лесонасаждений и снимком сверхвысокого разрешения (справа)

ТАБЛИЦА 2. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ ДАННЫХ SENTINEL-2

Показатель	Реальный класс (эталон)												Сумма	UA, %	CE, %	
	В	Ц	Гр	Об	ПБ	Л1	Л2	КдСт1	КдСт2	Е	Б					
В	0,0681	0,0000	0,0000	0,0085	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0766	88,9	11,1
Ц	0,0000	0,2110	0,0089	0,0030	0,0030	0,0030	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0059	0,0000	0,2408	87,7	12,3
Гр	0,0000	0,0068	0,0116	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0191	60,7	39,3
Об	0,0000	0,0000	0,0000	0,0209	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0209	100,0	0,0
ПБ	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089	0,0018	0,0000	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0124	71,4	28,6
Л1	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000	0,0020	0,0857	0,0279	0,0000	0,0000	0,0060	0,0040	0,0000	0,0000	0,1276	67,2	32,8
Л2	0,0000	0,0140	0,0000	0,0023	0,0000	0,0070	0,1303	0,0047	0,0140	0,0116	0,0000	0,0000	0,0000	0,1838	70,9	29,1
КдСт1	0,0000	0,0041	0,0000	0,0000	0,0000	0,0082	0,0000	0,1229	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1352	90,9	9,1
КдСт2	0,0000	0,0115	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0076	0,0115	0,1185	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1491	79,5	20,5
Е	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0080	0,0000	0,0000	0,0256	0,0000	0,0000	0,0000	0,0336	76,2	23,8
Б	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0008	0,0010	83,3	16,7
Сумма	0,0681	0,2494	0,0205	0,0347	0,0147	0,1057	0,1738	0,1468	0,1444	0,0412	0,0008	1	79,7%	MPA		
РА, %	100,0	84,6	56,6	60,2	60,4	81,2	75,0	83,8	82,1	62,1	100,0	76,9%	OA			
OE, %	0,0	15,4	43,4	39,8	39,7	18,9	25,0	16,2	17,9	37,9	0,0	MUA				

Примечания:

В – вода; Ц – гольцы; Гр – гари; Об – облака; ПБ – пойма, болота; Л1 – лиственница средневозрастная и приспевающая; Л2 – лиственница спелая и перестойная; КдСт1 – кедровый стланик средневозрастный и приспевающий; КдСт2 – кедровый стланик спелый и перестойный; Е – ель спелая и перестойная; Б – берёза спелая и перестойная

соотношение площадей классов, представлены в табл. 2. Согласно полученным данным, общая точность классификации (OA) составила 80,4%; средняя точность пользователя (MUA) для всех классов – 76,9%, для лесопокрытых земель – 80,7%; средняя точность производителя (MPA) для всех классов – 79,7%, для лесопокрытых земель – 78,0%.

Наибольшее значение точности пользователя (UA) отмечено для классов «вода» и «кедровый стланик спелый и перестойный» (88,9 и 90,9% соответственно), наименьшее – для класса «гари» (60,7%), что связано со спектральной схожестью данного класса с гольцами.

Наибольшее значение точности производителя (PA) отмечено для классов «вода» и «берёза спелая и перестойная» (100%), наименьшее – для класса «гари» (56,6%).

Коэффициент каппа по результатам оценки составил 0,77, что свидетельствует о значительной степени согласованности изучаемых данных.

Таким образом, предлагаемая методика создания актуализированных карт-схем страт, основанная на использовании мультиспектральных снимков среднего разрешения Sentinel-2, обеспечивает достаточную точность. Кроме того, после проведения полевых работ можно использовать данные пробных площадей для повторной классификации изображений с целью повышения точности и объективности конечных данных.

Выводы. Проведенная работа свидетельствует, что автоматизированная классификация снимков Sentinel-2 позволяет получать достоверную информацию о структуре земель лесного фонда и их площади. Использование снимков высокого разрешения значительно повышает точность идентификации выделяемых классов, в частности разделения лесных массивов по преобладающим породам.

Предлагаемая технология создания актуализированных карт-схем страт, основанная на использовании классификации общедоступных снимков среднего разрешения Sentinel-2, имеет ряд преимуществ перед традиционной, особенно в условиях труднодоступных районов.

Детальный анализ полученных результатов показал, что наибольшая доля территории (63,8%) заповедника приходится на земли, занятые лесными насаждениями, с преобладанием спелых и перестойных древостоев (58,5%). Среди земель, занятых лесными насаждениями, доминируют лиственничные насаждения разных групп возраста (51,1%). Насаждения кедрового стланика произрастают на 27,7% общей площади заповедника и 43,5% лесопокрытой площади.

Значительную часть площади заповедника (22,8%) занимают гольцы, что связано со сложным рельефом данной территории. Доля пройденных пожарами лесных земель составила 2,7%, что в целом характерно для данного типа местности.

Анализ результатов классификации показал её высокую точность (общая точность составила 80,4%, коэффициент каппа – 0,77), что говорит о хороших перспективах применения предлагаемой технологии в ходе проведения ГИЛ на территории труднодоступных районов.

В технологии предусмотрена возможность использования данных постоянных пробных площадей ГИЛ для повторной классификации с целью повышения точности.

Снижение точности и возможные ошибки при классификации могут возникнуть в связи со сложным рельефом местности (различие в освещенности склонов, наличие теней и т.п.), а также наличием облаков на «сцене» из-за её большой площади (полоса захвата составляет 100 км).

Список использованных источников

1. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) от 06.06.2011 № 207 «Об утверждении порядка проведения государственной инвентаризации лесов» [Электронный ресурс] // Российская газета. – Режим доступа: [<http://www.rg.ru/2011/08/10/leshoz-dok.html>]. – Дата обращения: 21.03.2018.
2. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) от 10.11.2011 № 472 «Об утверждении методических рекомендаций по проведению государственной инвентаризации лесов» [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_127414.html]. – Дата обращения: 21.03.2018.
3. Швиденко, А. З. Что мы знаем о лесах России сегодня? / А. З. Швиденко, Д. Г. Щепаченко // Лесная таксация и лесоустройство. – 2011. – № 1–2 (45–46). – С. 153–172.
4. Лесохозяйственный регламент лесничества «Государственный природный заповедник «Джугджурский» Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный природный заповедник «Джугджурский», 2017.
5. Immitzer, M. First experience with Sentinel-2 data for crop and tree species classifications in Central Europe / M. Immitzer, F. Vuolo, C. Alzberger // Remote Sens. – 2016. – 8: 166.
6. Combining UAV and Sentinel-2 auxiliary data for forest growing stock volume estimation through hierarchical model-based inference / S. Puliti, S. Saarela, T. Gobakken, G. St hl, E. N sset // Remote Sens. Environ. – 2018. – 204: 485–497.
7. Чандра, А. Дистанционное зондирование и географические информационные системы // А. Чандра, С. Гош. – М. : Техносфера, 2008. – 312 с.
8. Nedkov, R. Orthogonal transformation of segmented images from the satellite Sentinel-2 / R. Nedkov // Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci. – 2017. – № 5. – 70: 687–692.
9. Лабутина, И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков // И. А. Лабутина. – М. : Аспект Пресс, 2004. – 184 с.
10. Lillesand, T. Remote sensing and image interpretation / Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer, Jonathan W. Chipman // NYC. Wiley. – 2015. – 720 p.
11. Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation / P. Olofsson, G. Foody, S. Stehman, C. Woodcock // Remote Sens. Environ. – 2013. – 129. – P. 122–131.
12. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change / P. Olofsson, G. Foody, M. Herold, S. Stehman, C. Woodcock, M. Wulder // Remote Sens. Environ. – 2014. – 148. – P. 42–57.

References

1. Prikaz Federal'nogo agentstva lesnogo hozyajstva (Rosleskhoz) ot 06.06.2011 № 207 «Ob utverzhdenii poryadka provedeniya gosudarstvennoj inventarizacii lesov» [Elektronnyj resurs] // Rossijskaya gazeta. – Rezhim dostupa: [<http://www.rg.ru/2011/08/10/leshoz-dok.html>]. – Data obrashcheniya: 21.03.2018.
2. Prikaz Federal'nogo agentstva lesnogo hozyajstva (Rosleskhoz) ot 10.11.2011 № 472 «Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendacij po provedeniyu gosudarstvennoj inventarizacii lesov» [Elektronnyj resurs] // Konsul'tant Plyus. – Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_127414.html]. – Data obrashcheniya: 21.03.2018.
3. Shvidenko, A. Z. Chto my znaem o lesah Rossii segodnya? / A. Z. Shvidenko, D. G. Shchepachenko // Lesnaya taksaciya i lesoustrojstvo. – 2011. – № 1–2 (45–46). – S. 153–172.

4. Lesohozyajstvennyj reglament lesnichestva «Gosudarstvennyj prirodnyj zapovednik «Dzhugdzhurskij» Federal'nogo gosudarstvennogo byudzhetnogo uchrezhdeniya «Gosudarstvennyj prirodnyj zapovednik «Dzhugdzhurskij», 2017.
5. Immitzer, M. First experience with Sentinel-2 data for crop and tree species classifications in Central Europe / M. Immitzer, F. Vuolo, C. Alzberger // Remote Sens. – 2016. – 8: 166.
6. Combining UAV and Sentinel-2 auxiliary data for forest growing stock volume estimation through hierarchical model-based inference / S. Puliti, S. Saarela, T. Gobakken, G. St hl, E. N sset // Remote Sens. Environ. – 2018. – 204: 485–497.
7. Chandra, A. Distancionnoe zondirovanie i geograficheskie informacionnye sistemy // A. Chandra, S. Gosh. – M. : Tekhnosfera, 2008. – 312 s.
8. Nedkov, R. Orthogonal transformation of segmented images from the satellite Sentinel-2 / R. Nedkov // Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci. – 2017. – № 5. – 70: 687–692.
9. Labutina, I. A. Deshifirovanie aerokosmicheskikh snimkov // I. A. Labutina. – M. : Aspekt Press, 2004. – 184 s.
10. Lillesand, T. Remote sensing and image interpretation / Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer, Jonathan W. Chipman // NYC. Wiley. – 2015. – 720 p.
11. Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainly using stratified estimation / P. Olofsson, G. Foody, S. Stehman, C. Woodcock // Remote Sens. Environ. – 2013. – 129. – R. 122–131.
12. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change / P. Olofsson, G. Foody, M. Herold, S. Stehman, C. Woodcock, M. Wulder // Remote Sens. Environ. – 2014. – 148. – R. 42–57.

The Use of Automated Data Interpretation of Sentinel-2 to Updated Stratum Maps of SFI in Remote Areas of the Russian Federation

V. V. Vecherov

Branch «Roslesinforg» «Zaplesproekt», Category II Engineer, Candidate of Agricultural Sciences, Bryansk, Russian Federation, vecherovv32@gmail.com

Keywords: Sentinel-2, SFI, satellite imagesclassification, remote areas

The technological scheme of work within the State Forest Inventory (SFI) in terms of determining the quantitative and qualitative characteristics of forests implies at the first stage obtaining initial data on the object of work (materials of the last forest inventory, materials of the state forest registry, etc.) and the subsequent creation of a digital cartographic basis due to the updating and generalization of the received maps. In the case of hard-to-reach territories, this technology has a number of significant drawbacks, the most serious of which is stratification based on irrelevant forest inventory materials on the territory of hard-to-reach areas.

The technology of creating updated maps of stratum based on the use of Sentinel-2 free medium resolution and its classification is proposed. It has several advantages: based on the methods of mathematical statistics; there is no need to update the data, because use of the current year; The final stage of the proposed technology is the reclassification of multispectral satellite images based on the field data obtained from the test plots.

Automated thematic interpretation was performed using the object-oriented method using ScanEx IMAGE Processor v5.0. Processing and visualization of the results of the work was carried out in an environment of freely distributed geographic information system QGIS, the calculation of accuracy (the creation of an error matrix) was performed using MS Excel.

Analysis of the classification results showed its high accuracy (total accuracy was 80.4%, kappa ratio - 0.77), which indicates good prospects for the application of the proposed technology during the SFI on the territory of hard-to-reach areas.