

УДК 528.8+630

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ АРХИВНЫХ И ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЙ ХВОЙНЫХ ПОРОД С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ PLEIADES СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Д. С. Дубовик^{1,2}, В. В. Тараканов^{1,3}

¹ Запдно-Сибирское отделение Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – филиал Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН» 630082, Новосибирск, ул. Жуковского, 100/1

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий 630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 10

³ Новосибирский государственный аграрный университет 630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

E-mail: d.d@ngs.ru, tarh012@mail.ru

Поступила в редакцию 14.04.2020 г.

В Российской Федерации созданы тысячи гектаров лесосеменных и архивно-маточных плантаций плюсовых деревьев. Их инвентаризация и мониторинг могут осуществляться с применением спутниковых снимков сверхвысокого разрешения. Цель нашей работы заключалась в апробации такого подхода на основе данных Pleiades 1A, оптимальных по соотношению цена/качество, для инвентаризации и оценки состояния насаждений архивных и лесосеменных плантаций хвойных пород, сконцентрированных на площади около 200 га селекционного питомника АО «Бердский лесхоз» (Искитимский р-н Новосибирской обл.). Инвентаризация осуществлялась на основе визуального дешифрирования синтезированных мультиспектральных изображений с увеличенным за счет панхроматического канала разрешением с учетом паспортных и других данных на территорию питомника. Для контроля результатов визуального дешифрирования проведена выборочная натурная инвентаризация. Сравнили яркость пикселей исходного мультиспектрального изображения в центральных частях крон различных деревьев и не закрытых кронами участков плантаций. Полученные результаты иллюстрируют возможность выявления здоровых экземпляров культивируемой породы, а также выпавших и замещенных лиственным самосевом деревьев. Изложенный подход может использоваться для оперативного дистанционного мониторинга архивных и лесосеменных плантаций хвойных пород.

Ключевые слова: инвентаризация, селекционно-семеноводческие объекты хвойных пород, космические снимки Pleiades, визуальное дешифрирование.

DOI: 10.15372/SJFS20200411

ВВЕДЕНИЕ

В поддержании генетического разнообразия и повышении продуктивности лесов РФ значительную роль играет система объектов, объединенная в лесной генетико-селекционный комплекс (ЛГСК).

По итогам инвентаризации ЛГСК, осуществленной в 2008 г., в Российской Федерации отобрано свыше 36 тыс. плюсовых деревьев, потомствами которых создано около 6,7 тыс. га

лесосеменных и 0,9 тыс. га архивно-маточных плантаций (Кобельков, 2008).

Эти плантационные объекты нуждаются в мониторинге их состояния. Для сокращения средств и повышения эффективности данного мероприятия сегодня могут использоваться методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). При этом для решения задач лесоустройства, картирования размещения и измерения деревьев на лесосырьевых плантациях и в лесопарках эффективно применяются спутниковые

данные сверхвысокого разрешения (Ильющик, Цай, 2013; Gomes, Maillard, 2016; Alganci et al., 2018; Хабаров и др., 2019). *A priori* снимки сверхвысокого разрешения вполне пригодны и для инвентаризации селекционно-семеноводческих объектов типа лесосеменных плантаций, которые характеризуются редким регулярным размещением деревьев. Например, хорошим соотношением цена/качество отличаются снимки спутников Pleiades разрешением 0.5 м, однако в доступной литературе нам не удалось найти результатов их использования для инвентаризации селекционно-семеноводческих объектов.

Поэтому цель работы заключалась в оценке пригодности снимков сверхвысокого разрешения Pleiades для мониторинга состояния насаждений архивных и лесосеменных плантаций хвойных пород, сконцентрированных в границах крупнейшего в Сибири селекционного питомника ОАО «Бердский лесхоз» в Новосибирской области. Снимки Pleiades выбраны по причине оптимальности соотношения цена/качество, а также как самые «свежие» на момент исследований, не имеющие теней от облаков и характеризующиеся относительно небольшим углом наклона снимка.

При этом решались 3 основные задачи:

1) идентификация на плантациях деревьев с разделением их на различные категории, отличающиеся по: породному составу (целевая порода и самосев), размеру крон (крупные деревья основной и мелкие деревья дополнительной посадки), состоянию (здоровые и больные/погибшие деревья, пустые посадочные места);

2) сопоставление данных дешифровки снимков с данными натурного обследования деревьев на некоторых объектах;

3) получение уточненных данных о состоянии исследуемых архивных и лесосеменных плантаций хвойных пород.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В границах Елбашинского питомника на площади около 200 га сконцентрированы плантационные объекты лесного генетико-селекционного комплекса (ЛГСК) всех хвойных пород Новосибирской области, но преимущественно сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L., кедра сибирского *Pinus sibirica* Du Roi и лиственницы сибирской *Larix sibirica* Ledeb. (Болонин и др., 2010) (рис. 1).

Отличительной особенностью этих объектов является редкая регулярная посадка деревьев по схемам от 5 × 8 до 10 × 11 м. В общей сложности

в границах питомника высажено около 30 тыс. деревьев. Возраст взрослых деревьев в пределах питомника на разных плантациях на момент съемки составлял в основном от 25 (1992, 1993 гг. посадки) до 40 лет (1978, 1979 гг.).

Абсолютные высоты в пределах всего питомника изменяются от 260 до 300 м, уклоны в среднем не превышают 3°, плантации расположены на выровненных участках.

В качестве основного источника пространственной информации использовали фрагмент снимка Pleiades 1A площадью 25 км², полностью покрывающего исследуемую территорию, дата съемки 17.06.2017 г., отклонение оси съемки от надира 15°. Фрагмент снимка получен в виде набора ортотрансформированных спектральных и панхроматического каналов с заявленной со стороны поставщика точностью планового определения координат, соответствующей масштабу до 1:10 000.

Данные спутников серии Pleiades обладают пространственным разрешением 0.5 м в панхроматическом канале, а также четырьмя спектральными каналами в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне с пространственным разрешением 2 м. Выбранная сцена оказалась наиболее свежей по дате съемки среди архивных летних снимков с приемлемыми углами наклона, облачным покрытием и достаточным пространственным разрешением на момент заказа (весна 2019 г.).

Для визуального дешифрирования синтезировали несколько вариантов мультиспектральных изображений с увеличенным за счет панхроматического канала разрешением (метод Brovey Transform), индекс NDVI. При этом больше всего использовали изображение в цветовой модели RGB: в комбинации ближнего инфракрасного, красного и зеленого каналов. Растительный индекс использовали вспомогательно, для наглядного представления о покрытии растительностью отдельных плантаций и буртов при проведении границ. Поскольку синтезированные цветные изображения имеют разрешение 0.5 м, поиск и выделение взрослых деревьев на плантациях с расстоянием между деревьями 5–11 м не вызывает никакого затруднения, они хорошо контрастируют как с травяной растительностью, так и с почвенным покровом (рис. 2).

При большей густоте посадки, когда кроны соседних деревьев начинают соприкасаться, отдельные растения опознаются по разделяющим их полоскам теней, отбрасываемых кронами. Более молодые растения, имеющие ширину кроны менее 1-2 м, на снимке опознаются в виде

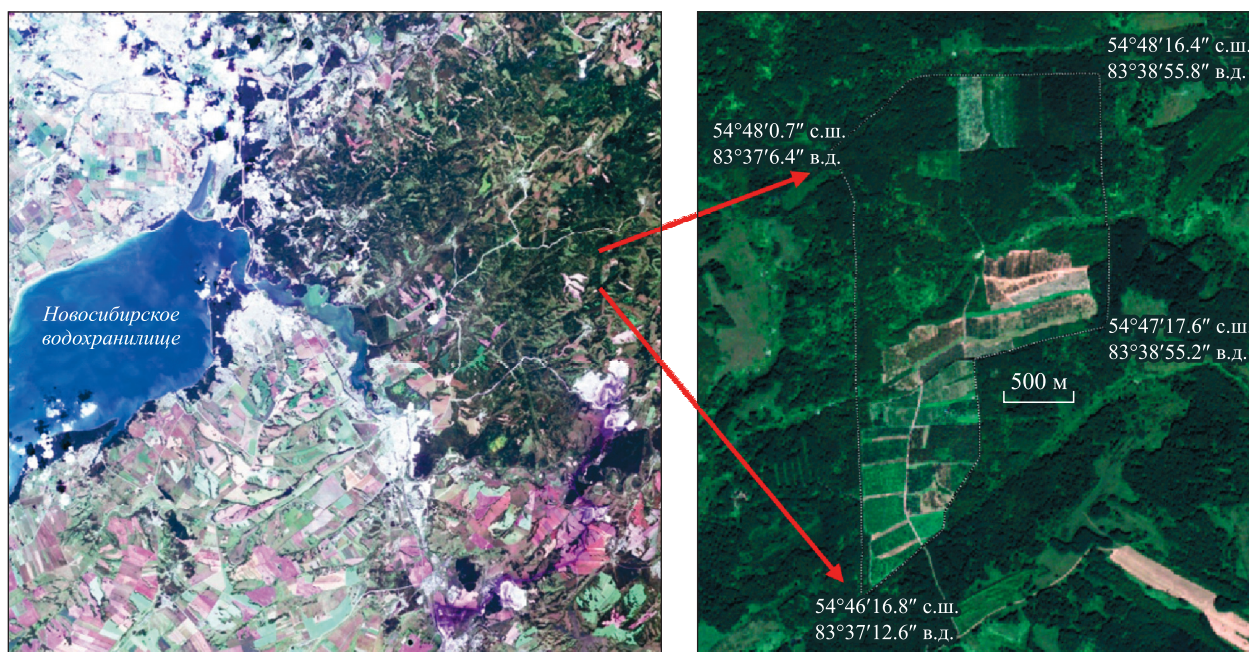


Рис. 1. Питомник на фрагменте снимка Sentinel 2 от 16.08.2018 г. (синтезирован в цветовой модели RGB в естественных цветах (RGB 432)).

регулярно расположенных темных точек на фоне более светлой травяной растительности или почвенного покрова.

Деревья, резко отличающиеся по цвету от остальных, поместили как предположительно больные. В пределах каждой плантации с учетом ее конфигурации, площади и густоты посадки посчитали число посадочных мест, определили отношение количества живых деревьев культивируемой породы к числу посадочных мест.

Помимо учета живых деревьев, а также конфигурации и площадей объектов в пределах

каждой плантации в процессе дешифрирования измерили ширину кроны четырех случайных деревьев. Ширину кроны измеряли визуально по снимку в двух взаимно перпендикулярных направлениях стандартными инструментами ГИС, без учета тени; среднее значение записывали в соответствующие атрибутивные данные векторного объекта. Общий объем выборки для всех 55 объектов составил 220 деревьев. Этого оказалось достаточно для анализа зависимости между яркостью изображений в различных каналах и сомкнутостью кроны на плантациях.

По данным дешифрирования на исходный мультиспектральный снимок нанесли векторный слой деревьев. Он был дополнен значениями яркости в каждом канале исходного мультиспектрального изображения (рис. 3). Затем все

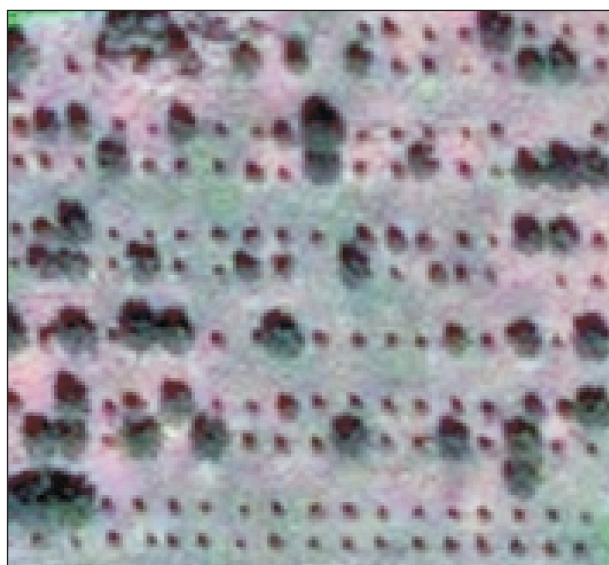


Рис. 2. Деревья основной и дополнительной посадки плантации кедра на фрагменте снимка Pleiades 1A.

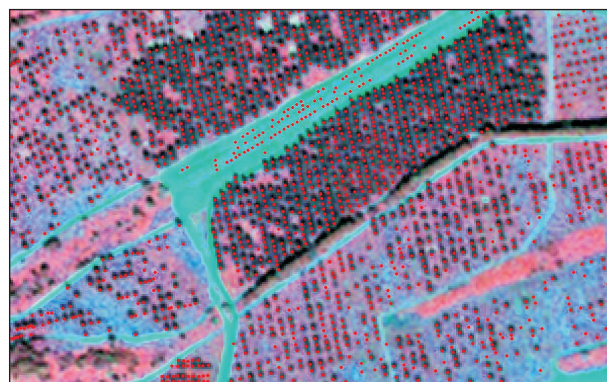


Рис. 3. Векторный слой деревьев, полученный в результате визуального дешифрирования на фоне фрагмента мультиспектрального снимка Pleiades.

данные, включая результаты измерения ширины крон, экспортировали в формат Excel, получив возможность статистической обработки всех данных и косвенной оценки отражательных свойств растений.

При работе с пространственными данными использовали программные продукты QGIS, Erdas Imagine, ГИС «Карта», статистическая обработка осуществлялась в Excel.

Полевые обследования деревьев проведены осенью 2019 г. на контрастных по возрасту, состоянию и густоте лесосеменных плантациях (ЛСП): ЛСП лиственницы сибирской 1988 г. закладки (11-Лц-ЛСП) с размещением посадочных мест 6 × 8 м; ЛСП кедра сибирского 1986 г. (8К-ЛСП-3¹ и 8К-ЛСП-3²) с размещением 5 × 8 м; ЛСП сосны обыкновенной 2007 г. на бурте (8-9-ЛСП^{бурт}) с размещением 5 × 10 м. В каждом посадочном месте оценивали наличие и состояние деревьев целевой хвойной породы, наличие/отсутствие самосева лиственных пород на месте погибшего дерева хвойных пород, ширину кроны.

При статистической обработке данных использовали значения яркости в центральных частях крон деревьев на космоснимке, находили средние арифметические и их ошибки, осуществляли дисперсионный и регрессионный анализы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Благодаря хорошему контрасту хвойной древесной растительности как с травяным покровом, так и с почвами в видимом и в ближнем инфракрасном диапазонах на снимках уверенно различаются кроны взрослых деревьев, линейные размеры которых в 5 раз и более превышают пространственное разрешение, а также более молодые деревья дополнительной посадки, линейные размеры которых сопоставимы с пространственным разрешением снимка.

Рассмотрение полученных результатов начнем с сопоставления полевых и дешифровочных данных. В ходе полевых исследований провели сплошной пересчет и измерения деревьев на трех плантациях (табл. 1).

При оценке результатов дешифрирования сверяли положение деревьев во всех посадочных местах, учтенных в поле. При этом в поле отмечали все деревья основной и дополнительной посадки культивируемой хвойной породы, включая больные, сломанные, усыхающие, сухостойные, а также самосев лиственных пород, выросший на месте выпавших деревьев. При дешифрировании основной целью была инвентаризация живых деревьев культивируемой хвойной породы, среди которых визуально выделяли предположительно больные, затем не относящиеся к возделываемой породе. В табл. 1 подытожены все возникшие разночтения.

Если говорить о здоровых деревьях основной посадки, которые интересуют нас больше всего, то на большевозрастных объектах они диагностируются по снимкам с довольно небольшой ошибкой – около 1-2 % (см. табл. 1). Это главный и весьма обнадеживающий результат.

Сложнее осуществляется распознавание на снимке больных и прочих «ненормальных» деревьев, которые после инвентаризации обычно назначаются к отбраковке. Для исследуемых объектов, состояние которых в целом хорошее, это не имеет принципиального значения, так как доля таких случаев составляет около 2 % от числа посадочных мест. Но из 16 деревьев этой категории правильно дешифровать по снимкам удалось лишь 9 (не идентифицировано около 45 % выборки).

Рассмотрим полученные результаты более детально.

На 30-летней лесосеменной плантации лиственницы сибирской 1988 г. (11-Лц-ЛСП) пред-

Таблица 1. Результаты полевого контроля визуального дешифрирования

Плантация	Всего посадочных мест, шт.	Учтено здоровых деревьев			Учтено больных, сломанных, усыхающих деревьев и лиственного самосева		
		в натуре	на снимке	Ошибки, %*	в натуре	на снимке	Ошибки, %*
		шт.			шт.		
11Лц-ЛСП	176	108	109	2.3	7	0	4.0
8К-ЛСП-3 ¹	174	117	117	1.2	5	6	2.9
8К-ЛСП-3 ²	228	128	128	0.9	4	5	3.1
8-9-ЛСП ^{бурт}	50	14	17	6.0	0	0	0.0

Примечание. * Отношение числа дешифровочных ошибок к числу посадочных мест, умноженное на 100 %; в некоторых случаях при дешифровке одного и того же объекта часть деревьев не учтена, а часть больных и т. п., наоборот, ошибочно идентифицирована как здоровые, в результате число ошибок получилось выше, чем разность между соответствующими значениями в столбцах.

Таблица 2. Средние значения (\bar{x}) и их ошибки (m) яркости пикселей (% от радиометрического разрешения снимка), соответствующих центральной части кроны взрослых деревьев в каналах мультиспектрального изображения Pleiades 1A на разных плантациях питомника (фрагмент)

Плантация	Число деревьев	Ближний инфра-красный (N)		Видимый					
				красный (R)		зеленый (G)		синий (B)	
		\bar{x}	$\pm m$	\bar{x}	$\pm m$	\bar{x}	$\pm m$	\bar{x}	$\pm m$
<i>Кедр сибирский</i>									
10-К-ЛСП	417	30.49	0.18	5.26	0.02	8.98	0.02	10.47	0.01
11-К-ЛСП	612	32.14	0.14	5.35	0.01	9.09	0.02	10.55	0.01
14-К-ЛСП ¹	365	32.95	0.21	5.27	0.02	9.04	0.03	10.53	0.01
14-К-ЛСП ²	362	31.66	0.18	5.27	0.02	9.02	0.03	10.50	0.01
<i>Лиственница сибирская</i>									
7-Лц-ЛСП	230	36.39	0.26	5.65	0.02	9.65	0.04	10.78	0.02
8-Лц-ЛСП	158	35.64	0.41	5.61	0.04	9.56	0.06	10.74	0.03
9-Лц-ЛСП	578	29.72	0.17	5.25	0.02	8.87	0.02	10.44	0.01
10-Лц-ЛСП	93	32.54	0.53	5.42	0.05	9.19	0.07	10.61	0.04
<i>Сосна обыкновенная</i>									
13-С-ЛСП ¹	445	29.74	0.26	5.66	0.03	9.04	0.03	10.65	0.02
13-С-ЛСП ²	114	29.43	0.37	5.80	0.05	9.22	0.06	10.75	0.03
14-С-ЛСП ¹	268	31.77	0.35	5.86	0.03	9.29	0.04	10.80	0.02
14-С-ЛСП ²	135	31.10	0.42	5.92	0.05	9.39	0.06	10.81	0.03
<i>Самосев ивы Salix L. и березы Betula L.</i>									
Все плантации	7	43.85	2.08	5.77	0.10	10.26	0.22	10.90	0.12
<i>Свободные от деревьев участки</i>									
14-К-ЛСП ²	9	47.55	1.11	6.53	0.08	11.33	0.08	11.48	0.05
4/8-К-ЛСП ^{бурт}	12	27.51	0.96	10.25	0.17	12.03	0.16	12.91	0.12
7-Лц-ЛСП	10	54.35	1.05	6.22	0.06	11.29	0.07	11.39	0.04
9-Лц-ЛСП	12	49.83	2.25	6.13	0.07	10.87	0.14	11.19	0.06

ставлены крупные деревья со средним диаметром кроны около 8 м, посадка осуществлялась по схеме 6 × 8 м. При визуальном дешифрировании не отмечены 4 дерева. В ходе полевых исследований оказалось, что в этих посадочных местах размещены дефектные деревья – сухой, сломанные, либо тонкомерный самосев. Три дерева, которые при дешифрировании отмечены как здоровые основной посадки, при натурном контроле оказались березами с диаметром ствола от 20 до 24 см. Видимо, ширина кроны у них была сопоставима с основной посадкой, а отличия в тоне не были замечены. В табл. 2 эти деревья учтены в обоих столбцах с ошибками.

На близкой по возрасту, но более загущенной (5 × 8 м) лесосеменной плантации кедра сибирского 1986 г. (8К-ЛСП-3¹ и 8К-ЛСП-3²) произрастают столь же крупные деревья со средней шириной кроны около 8 м. Несколько ив, выросших на месте выпавших кедров, при дешифрировании снимков ложно приняты за дополнительную посадку кедра. Часть тонкомерных деревьев лиственных пород, выросших на месте выпавших кедров, не учтены при дешифрировании.

Молодые посадки сосны обыкновенной, созданные по схеме 5 × 10 м на бурте (8–9-ЛСП^{бурт}), имели высоту около 6–7 м, диаметр ствола 12–14 см, ширину кроны 3–4 м. Дешифровочные ошибки – ложная диагностика трех дополнений на пустых посадочных местах. Учитывая хорошее качество изображений, мы предполагаем, что эти случаи несовпадения между полевыми и дешифровочными данными могут быть обусловлены двухлетней разницей между датой съемки и последующим полевым обследованием; за это время деревья могли выпасть и быть убранными при уходах.

Небольшое количество деревьев в гетерогенной «дефектной» категории, включающей 4 вида отклонений от «нормы», не позволяет пока выявить надежные критерии их визуального дешифрирования.

Тем не менее подчеркнем, что точность дешифрирования самого главного показателя – здоровых деревьев – составила около 98-99 %. При этом достоверность опознания крупных здоровых деревьев основной посадки (с диаметром кроны около 8 м) составляет 97–99 %, а более молодых (с диаметром кроны около 3-4 м) – около 94 %.

Таблица 3. Результаты однофакторного дисперсионного анализа яркости пикселей в красном канале у крон различных хвойных пород, произрастающих на плантациях с сомкнутостью крон около 50 % и ниже

Источник вариации	SS	df	MS	F	P
Между породами	0.715566	2	0.357783	31.475	0.000007
Внутри пород	0.159140	14	0.011367		
Итого	0.874706	16			

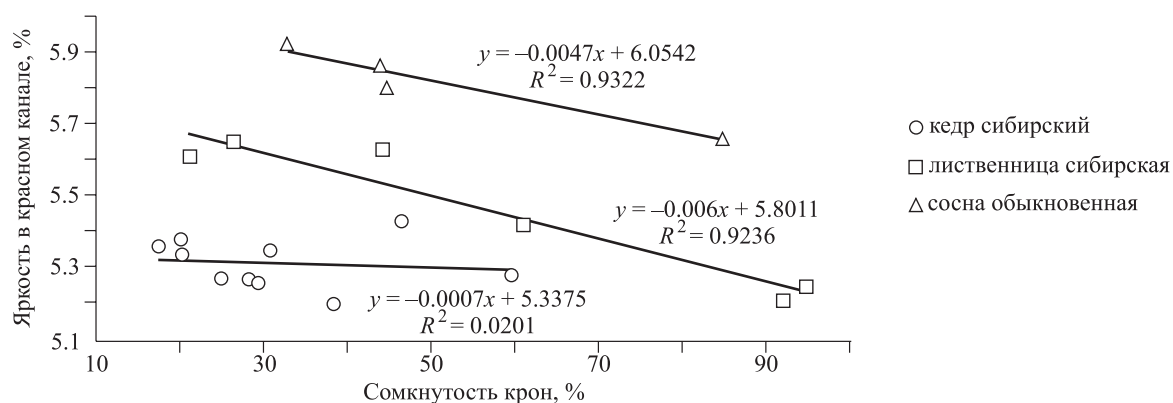


Рис. 4. Средние значения яркости в центральной части крон деревьев разных пород на плантациях, заложенных с 1984 по 1992 г., в красном канале использованного мультиспектрального снимка при разной сомкнутости крон.

На следующем этапе анализа оценили яркость пикселей (% от радиометрического разрешения снимка) в каналах мультиспектрального изображения Pleiades 1A у различных объектов: крон деревьев различных хвойных и лиственных пород, а также участков плантаций, свободных от древесной растительности (табл. 3).

Можно видеть, что на исследуемой выборке лиственные породы относительно хорошо дифференцируются от хвойных в ближнем инфракрасном и зеленом спектрах: средние значения яркости пикселей для самосева в обоих случаях выходят за границы средних хвойных пород по всем изученным плантациям. Во всех каналах, кроме ближнего инфракрасного, контрастные различия наблюдаются между участками, свободными от древесной растительности, с одной стороны, и кронами хвойных и лиственных пород – с другой.

Что касается различий между хвойными породами, то они в контексте решаемых задач не имеют большого значения. Это обусловлено тем, что культивируемая на каждой плантации порода известна *a priori*, а также тем, что хвойные не встретились среди самосева. Тем не менее, учитывая, что присутствие хвойного самосева теоретически возможно, а также то, что проблема дискриминации различных хвойных пород является важной для таксации насаждений, можно отметить следующее. На используемом снимке яркость отражения и дифференциация исследуемых пород зависят от сомкнутости крон насаждений. В частности, в красном канале все исследуемые породы статистически достоверно отличаются во всем диапазоне сомкнутости крон, но наиболее хорошо при сомкнутости крон около 50 % и ниже (см. табл. 2 и 3, рис. 4).

Таблица 4. Состояние некоторых плантаций на 17.06.2017 г. (фрагмент)

Плантация	Год посадки	Площадь, га	Схема размещения посадочных мест, м	Средняя ширина кроны ($\bar{x} \pm m$), м	Число деревьев, шт.	Сохранность, %
10-К-ЛСП	1984 и 1985	6.41	8 × 10	7.6 ± 0.4	488	61.0
11-К-ЛСП	1984 и 1985	6.59	6 × 10	6.5 ± 0.3	732	66.7
11-Лц-ЛСП	1988	3.52	6 × 8	8.3 ± 0.3	616	84.0
12-Лц-ЛСП	1991	1.39	8 × 10	8.6 ± 0.5	126	72.8
12-С-ЛСП	1978–1981	2.49	8 × 10	11.0 ± 0.6	193	62.3
13-С-ЛСП	1979–1983	5.35	8 × 8	9.3 ± 0.3	624	74.6
5-К-МП-1	1985	0.97	6 × 10	5.6 ± 0.3	45	28.0

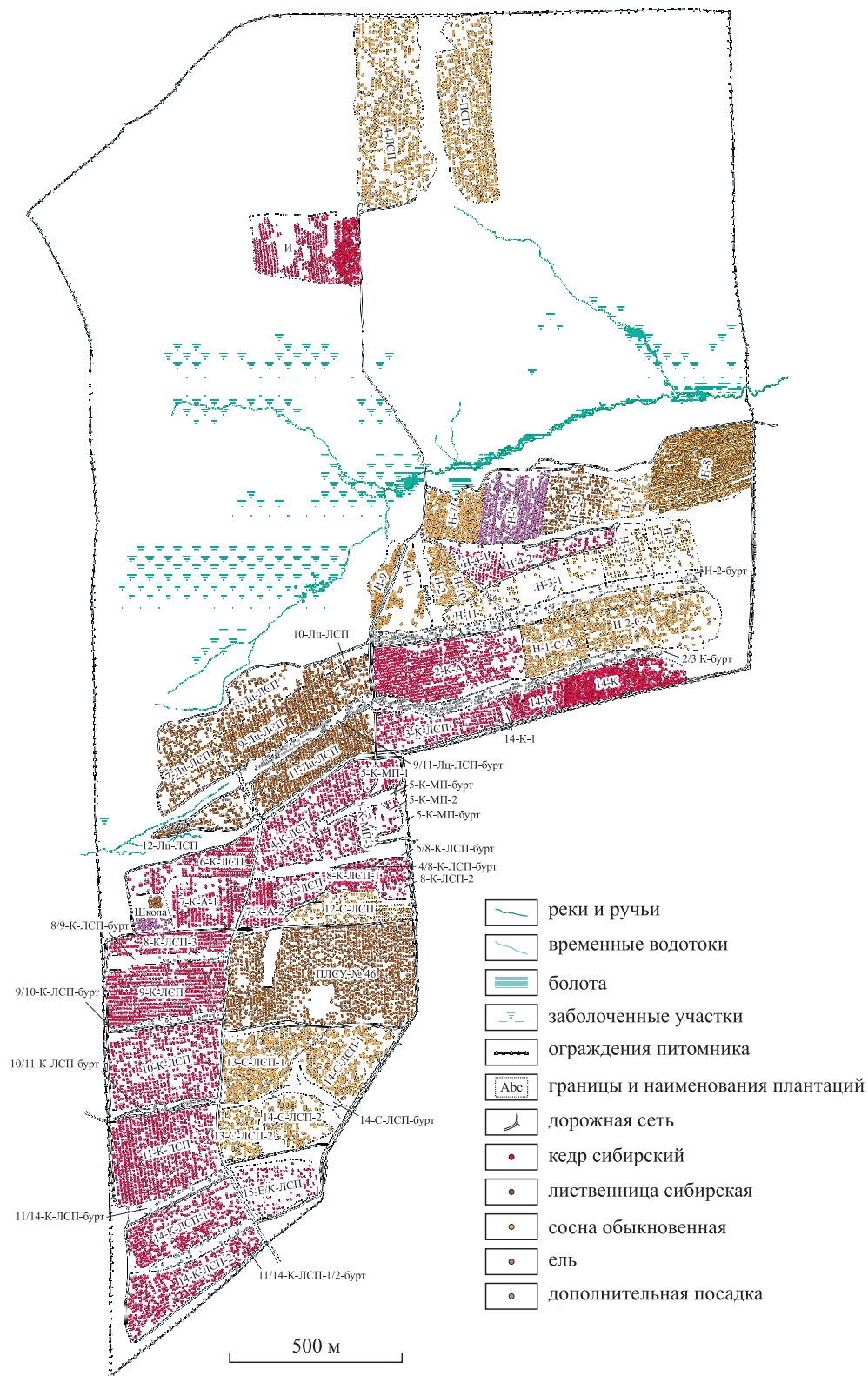


Рис. 5. Карта-схема лесосеменного селекционного питомника.

Очевидно, это обусловлено тем, что отраженный от кроны деревьев солнечный свет несет информацию о составе, структуре и состоянии всего почвенно-растительного покрова, а не только целевого объекта (Виноградов, 1984; Чандра, Гош, 2008; Богданов и др., 2016).

В этой связи добавим, что наибольшие межплантационные различия (до 7 % в ближнем инфракрасном диапазоне) имеют место у лиственницы сибирской – наиболее светолюбивой породы, незначительно затеняющей нижерасположенные растения и почву. В связи с

сильным варьированием густоты и сомкнутости крон древостоев на этих объектах травяной покров под деревьями значительно отличается по мощности, что, вероятно, вносит существенный вклад в различия плантаций по яркости крон (и напочвенного покрова под относительно «прозрачными» кронами). Наименьшие межплантационные различия наблюдаются у темнохвойной породы кедр сибирского.

Учитывая полученные результаты, мы сочли возможным дешифрировать состояние деревьев на всех остальных плантационных объектах питомника. В результате работы были обновлены сведения о состоянии плантаций, а также составлена уточненная карта-схема питомника с указанием в каждом посадочном месте каждой плантации здоровых деревьев культивируемой породы (табл. 4, рис. 5).

Общая площадь питомника в пределах ограждения составила 462.7 га, суммарная площадь используемых под плантации территорий – 175 га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мультиспектральные спутниковые снимки Pleiades с наличием ближнего инфракрасного канала и пространственным разрешением панхроматического канала 0.5 м в сочетании с паспортными данными и выборочным полевым контролем могут успешно использоваться для инвентаризации и мониторинга архивных и лесосеменных плантаций хвойных пород, отличающихся небольшой густотой посадки (250 шт./га и менее). Идентификация на этих объектах здоровых деревьев культивируемой хвойной породы осуществляется с вероятностью выше 97 %.

Точность дискриминации больных деревьев культивируемой породы от самосева лиственных пород существенно ниже. Для ее повышения необходимы дальнейшие исследования. На настоящем этапе для уточнения категории деревьев, отличающихся по дешифровочным признакам от здоровых культивируемой породы, нужен дополнительный полевой контроль.

Архивные и лесосеменные плантации Новосибирской области могут использоваться для уточнения дешифровочных признаков различных хвойных пород, что актуально для повышения точности таксации породного состава насаждений при лесоустройстве. В условиях лесосеменных плантаций такие породы, как кедр, лиственница и сосна, хорошо дискриминируются на летних снимках, особенно при сомкнутости крон насаждений около 50 % и ниже.

Исследования проведены в рамках проекта № 0356-2019-0024 при организационном содействии Министерства природных ресурсов и экологии Новосибирской области и АО «Бердский лесхоз».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- Богданов А. П., Алешко Р. А., Шошина К. В., Демиденко С. А. Использование материалов детальной спутниковой съемки для таксации лиственницы сибирской в Архангельской области // ИВУЗ. Лесн. журн. 2016. № 1 (349). С. 74–82 [Bogdanov A. P., Aleshko R. A., Shoshina K. V., Demidenko S. A. Ispol'zovanie materialov detal'noy sputnikovoy s'emki dlya taksatsii listvennitsy sibirskoy v Arkhangelskoy oblasti (Use of the materials of close mapping satellite acquisition for the Siberian larch assessment in the Arkhangelsk region) // IVUZ. Lesn. zhurn. (Lesnoy Zhurnal. Rus. For. J.) 2016. N. 1 (349). P. 74–82 (in Russian with English abstract)].
- Болонин И. П., Кулаков В. Е., Rogovtsev P. B. Инвентаризация объектов ЕГСК в лесном фонде Новосибирской и Омской областей // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. 27. № 1-2. С. 43–45 [Bolonin I. P., Kulakov V. E., Rogovtsev P. B. Inventarizatsiya ob'ektov EGSK v lesnom fonde Novosibirskoy i Omskoy oblastey (The conifer tree genetic and breeding program (CTGBP) in the forest resources of the Novosibirsk and the Omsk regions) // Khvoynye boreal'noy zony (Coniferous of the Boreal Zone). 2010. V. 27. N.1-2. P. 43–45 (in Russian with English abstract)].
- Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. 320 с. [Vinogradov B. V. Aerokosmicheskiy monitoring ekosistem (Aerospace ecosystem monitoring). Moscow: Nauka, 1984. 320 p. (in Russian)].
- Ильчук М. А., Цай С. С. Использование материалов ДЗЗ в лесоустройстве // Геоматика. 2013. № 4. С. 59–63 [Ilyuchik M. A., Tsay S. S. Ispol'zovanie materialov DZZ v lesoustroystve (Using remote sensing in forest inventory) // Geomatika (Geomatics). 2013. N. 4. P. 59–63 (in Russian with English abstract)].
- Кобельков М. Е. Лесное семеноводство на пороге перемен // Лесная Россия. Лесное семеноводство. 2008. № 9. С. 4–8 [Kobel'kov M. E. Lesnoe semenovodstvo na poroge peremen (Forest seed production on the threshold of change) // Lesnaya Rossiya. Lesnoe semenovodstvo (Forest Russia. Forest seed production). 2008. N. 9. P. 4–8 (in Russian)].
- Хабаров Д. А., Адиев Т. С., Попова О. О., Чугунов В. А., Кожевников В. А. Анализ современных технологий дистанционного зондирования Земли // Моск. экон. журн. 2019. № 1. С. 181–190 [Khabarov D. A., Adiev T. S., Popova O. O., Chugunov V. A., Kozhevnikov V. A. Analiz sovremennykh tekhnologiy distantsionnogo zondirovaniya Zemli (Analysis of modern technologies for remote sensing of the Earth) // Mosk. ekon. zhurn. (Moscow Econ. J.). 2019. N. 1. P. 181–190 (in Russian with English abstract)].

Чандра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. М.: Техносфера, 2008. 312 с. [Chandra A. M., Gosh S. K. Distantionnoe zondirovanie i geograficheskie informatsionnye sistemy (Remote sensing and geographic information systems). Moscow: Tekhnosfera (Technosphere). 2008. 312 p. (in Russian)].

Alganci U., Sertel E., Kaya S. Determination of the olive trees with object based classification of Pleiades satellite image // Int. J. Environ. Geoinformatics. 2018. V. 5. Iss. 2. P. 132–139.

Gomes M. F., Maillard P. Detection of tree crowns in very high spatial resolution images // Environ. Appl. Rem. Sens. Chap. 2. INTECH, 2016. P. 41–71.

MONITORING OF THE ARCHIVE AND FOREST SEED ORCHARDS' CONDITION USING HIGH RESOLUTION PLEIADES SATELLITE DATA

D. S. Dubovik^{1, 2}, V. V. Tarakanov^{1, 3}

¹ West-Siberian Department of V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Zukovsky str., 100/1, Novosibirsk, 630082 Russian Federation

² Siberian State University of Geosystems and Technologies
Plakhotny str., 10, Novosibirsk, 630018 Russian Federation

³ Novosibirsk State Agrarian University
Dobrolyubov str., 160, Novosibirsk, 630039 Russian Federation

E-mail: d.d@ngs.ru, tarh012@mail.ru

Thousands of hectares of forest seed orchards and archival uterine plantations of plus trees have been created in the Russian Federation. Their inventory and monitoring can be carried out using ultra-high resolution satellite imagery. The purpose of the work was to test this approach based on Pleiades 1A data, optimal in terms of price/quality ratio, for inventory and assessment of the state of archival plantations and forest seed orchards of conifers, concentrated on an area of about 200 hectares of the joint stock comp. Berdskiy forestry enterprise breeding nursery (Iskitimskiy district of the Novosibirsk Oblast). The inventory was carried out on the basis of visual interpretation of the synthesized multispectral images with increased resolution due to the panchromatic channel, taking into account passport and other data on the territory of the nursery. To control the results of visual decoding, a selective field inventory was carried out. The brightness of the pixels of the initial multispectral image in the central parts of the crowns of various trees and plantation areas not covered by crowns is compared. The results obtained illustrate the possibility of identifying healthy trees of cultivated species, as well as fallen and replaced by deciduous self-seeding trees. The described approach can be used for operational remote monitoring of archival plantations and forest seed orchards of conifers.

Keywords: *inventory, breeding and seed growing objects of coniferous species, Pleiades satellite scenes, visual decoding.*

How to cite: Dubovik D. S., Tarakanov V. V. Monitoring of the archive and forest seed orchards' condition using high resolution Pleiades satellite data // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2020. N. 4. P. 97–105 (in Russian with English abstract and references).