

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.04
УДК 630.2

Современные тенденции развития лесотаксационного дешифрирования по данным спутниковой съемки

В. М. Сидоренков

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заместитель директора по научной и инновационной работе, кандидат сельскохозяйственных наук, Пушкино, Московская обл., Российская Федерация, lesvn@yandex.ru

В. Н. Косицын

Федеральное агентство лесного хозяйства, заместитель начальника Управления земельных отношений и лесоустройства – начальник отдела государственной инвентаризации лесов, кандидат сельскохозяйственных наук, Москва, Российская Федерация, lesoustr@rosleshoz.ru

В. В. Калнин

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заместитель начальника отдела, заведующий сектором анализа данных, кандидат биологических наук, Пушкино, Московская обл., Пушкино, Российская Федерация, kalnin@vniilm.ru

О. В. Кушнырь

Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) АО «Российские космические системы», заместитель начальника отдела обработки данных ДЗЗ, кандидат технических наук, Москва, Российская Федерация, kushnyr@ntsomz.ru

А. С. Рыбкин

Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) АО «Российские космические системы», ведущий инженер отдела обработки данных ДЗЗ, Москва, Российская Федерация, a.rybkin@ntsomz.ru

Приведен обзор современных методов в области лесотаксационного дешифрирования данных спутниковой съемки. На основе результатов анализа указаны преимущества и недостатки различных методических подходов в области лесотаксационного дешифрирования, рассматриваются практические примеры применения методов многомерного регрессионного анализа для получения таксационных показателей насаждений, произрастающих в разных природных условиях.

Ключевые слова: таксационная характеристика насаждений, спутниковая съемка, спутник Sentinel-2, пробные площади, спектральные характеристики насаждений, методы обработки спутниковой съемки, NDVI (нормализованный относительный индекс растительности).

Для ссылок: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.04>

Современные тенденции развития лесотаксационного дешифрирования по данным спутниковой съемки [Электронный ресурс] / В. М. Сидоренков, В. Н. Косицын, В. В. Калнин, О. В. Кушнырь, А. С. Рыбкин // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2019. – № 3. – С. 48–60. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Разработка методов дешифрирования спутниковой съемки с целью получения информации о лесах берет начало с середины XX в., со времени запуска в 1960-х гг. первых метеорологических спутников. В области лесного хозяйства импульсом развитию данного направления послужила таксация труднодоступных лесов Сибири и Дальнего Востока. Основы методов таксационного дешифрирования лесов были заложены в трудах проф. Г. Г. Самойловича [1]. В последующем значительный вклад в развитие методов и технологий таксационного дешифрирования данных спутниковой съемки внесли исследования профессоров В. Н. Седых [2] и В. И. Сухих [3].

При исследованиях лесорастительных условий Сибири В. Н. Седых выявил возможности дешифрирования спутниковой съемки на основе комбинированных методов, сочетающих анализ лесорастительных условий, сезонных изменений растительности, особенностей сукцессионных процессов, в различных типах леса и ландшафта [4]. Разработанные им методы позволили на основе космических снимков получить данные по формациям лесов в зависимости от элементов ландшафта и типов леса. На основе этих результатов были составлены прогнозные сценарии сукцессионных процессов в разных по породному составу лесах [5, 6].

На первых этапах становления таксационного дешифрирования основное внимание уделялось классификации по морфологическим (прямым) признакам объектов. Обобщение данных технологий, состоящих из комплекса прямых признаков, содержится в работе «Визуальные методы дешифрирования» [5]. В ней представлено значительное количество исследований по анализу морфологических признаков природных объектов, включая и лесные насаждения.

Развитие современных технологий в области радиоэлектроники и электронной съемочной аппаратуры способствовало разработке системы спутникового дистанционного мониторинга. В 1972 г. NASA запустило спутник ERTS (в последующем переименованный в Landsat 1), оснащенный многоспектральным сканером (MSS). Это вывело исследования на новый уровень, так

как позволило изучать объекты по свойствам их отражения в различных диапазонах волн. У научного сообщества появилась возможность использовать данные спутниковой съемки для изучения и мониторинга природных процессов, оценки устойчивости лесных экосистем к воздействию комплексных природных факторов. Развитие данных исследований в области сельского хозяйства легло в основу разработки вегетационных индексов. Упоминания о первых работах по определению вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) относятся к 1974 г.

Создание общедоступных сервисов по размещению данных спутниковой съемки Геологической службой США с сенсоров Landsat в общий доступ, развитие сети Интернет привели к разработке различных технологических решений в области дешифрирования природных объектов по косвенным признакам (отражательной способности объектов). Обобщение результатов многолетних исследований ученых в этом направлении отражено в монографии Р. А. Шовенгердта «Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений» [7]. В публикации приводится характеристика методов обработки данных космической съемки с использованием различных алгоритмов, выбор которых зависит от конкретных целей и задач.

В начале XXI в. развитие данных направлений нашло отражение при разработке аппаратуры для российских спутниковых систем Канопус-В, Ресурс-ДК, Ресурс-П. Возможность получения данных спутниковой съемки высокого разрешения с российских космических аппаратов привела к развитию систем мониторинга за состоянием природных объектов, оценки последствий воздействия различных неблагоприятных природных факторов на населенные пункты и природные экосистемы. Увеличение группировки отечественных и зарубежных спутников за последние 20 лет способствовало накоплению значительного объема данных, анализ которых невозможно осуществить без применения современных технологических решений, позволяющих автоматизировать процессы тематического

дешифрирования. Для этого необходимо разработать новые методы анализа показателей спутниковой съемки с учетом накопленных более чем за 40-летнюю историю решений в области тематического дешифрирования данных о лесах.

Значительный вклад в это направление внесли исследования лаборатории спутникового мониторинга наземных экосистем ИКИ РАН, возглавляемой С. А. Барталевым. Результаты многолетней работы в области тематического дешифрирования изложены в монографии «Спутниковое картографирование растительного покрова России» [8]. В практическом плане разработки лаборатории внедрены в Информационную систему дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз), а также в систему ВЕГА [12]. Заложенная в системе ИСДМ-Рослесхоз концепция мониторинга повлияла на развитие региональных систем (ЛесПроект, ParmaGIS), используемых в лесном хозяйстве [9–11].

Исследования в области тематического дешифрирования показывают широкие возможности применения различных методов анализа дешифрирования объектов по спектрально-отражательным характеристикам [3, 6, 7]. В области таксационного дешифрирования преобладают два направления анализа данных спутниковой съемки – по морфологическим (прямым) и косвенным (отражательной способности объектов) признакам.

Анализ лесной растительности по отражательной способности объектов в большинстве работ базируется на использовании вегетационных индексов. Значительная часть математических формул вегетационных индексов построена на изменении отражательных способностей в двух и более спектрах, которые оптимально характеризуют определённые свойства растительности, связанные с особенностью листового аппарата растений, содержанием в листьях пигментов, воды, углерода и других веществ. Отражательная способность охватывает спектр длин волн в диапазоне от 400 до 3 000 нм. Возможность измерения диапазона разными мультиспектральными и гиперспектральными датчиками составляет от

400 до 2 500 нм. В отличие от почвы и воды, лесная растительность взаимодействует с солнечным излучением. В зависимости от содержания различных веществ в растительности ее отражательная способность изменяется в оптическом спектре от 400 до 2 500 нм. Понимание взаимосвязей спектральных характеристик лесной растительности позволяет математически комбинировать изменения отражательной способности на различных длинах волн для ее усиления, т. е. получать вегетационные индексы.

В настоящее время разработано около 160 вегетационных индексов, которые используются для решения различных задач в области изучения растительности на основе спектральных кривых. Определение большинства вегетационных индексов основано на двух не зависящих от различных факторов диапазонах спектра. На красную зону (0,62–0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0,75–1,3 мкм) – максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. При значительной фитомассе наблюдается высокое поглощение волн в диапазоне 0,62–0,75 мкм, что приводит к низким коэффициентам отражения в красной зоне спектра и высоким значениям в ближней инфракрасной. Различные соотношения этих показателей относительно друг друга позволяют отделить растительность от прочих природных объектов. Применение методов на основе изучения спектрально отражательных характеристик теряет актуальность при анализе съемки сверхвысокого разрешения. При появлении границ изучаемых объектов применяют методы их дешифрирования на основе технологий распознавания изображений, прямых морфологических признаков. Существенная часть данных методов построена на алгоритмах машинного обучения.

Значительная часть исследований в области тематического дешифрирования относится к анализу данных оптической съемки. На практике же используют результаты исследований только по снимкам с облачностью, не превышающей 10% территории «сцены». Из-за высокой облачности в северных регионах России изучение лесных

насаждений по оптическим снимкам затруднено. Решить данную проблему можно, разработав методы получения таксационных характеристик насаждений по радиолокационным данным. Для этих целей доступна радиолокационная съемка с сенсора Sentinel-1. Существующая база знаний по использованию радиолокационных данных для тематического дешифрирования в области сельского хозяйства позволяет разработать методы таксационного дешифрирования лесных насаждений. Изучить эти вопросы намечено в рамках выполнения ВНИИЛМ государственного задания Рослесхоза по тематике «Разработка современных методов таксации лесов на основе данных радарной спутниковой съемки» на 2019–2021 гг.

Исследования различных методов анализа спутниковой съемки в области лесотаксационного дешифрирования указывают на необходимость использовать большой объем данных пробных площадей. При этом в данных должно быть отражено разнообразие лесных насаждений по составу и таксационным показателям с учетом природных и лесорастительных условий.

В результате экспериментальных работ, проведенных в 2016–2018 гг. в нескольких лесных районах таежной зоны европейской части России и Западной Сибири, было заложено более 200 пробных площадей в основных формациях лесов. Точная координатная привязка пробных площадей позволила создать геоинформационную базу данных по характеристикам насаждений и совместить результаты обследований со спутниковой съемкой с сенсора Sentinel-2. Разработанные методы дистанционного определения таксационных показателей насаждений ориентированы на их использование в условиях равнинных лесов таежной зоны европейской части России и Западной Сибири.

Анализ исследуемой территории осуществляли на основе результатов разделения занятых и не занятых лесными насаждениями земель по величине нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI, измеренного зимой, и проведения последующей неконтролируемой классификации по методу IsoData (рис. 1).

Исследования показали, что на значения NDVI исследуемых территорий может влиять наличие кустарниковой растительности и возобновления на вырубках. В зависимости от региональных особенностей величина индекса находится в диапазоне от 0,08 до 0,1.

Использование метода неконтролируемой классификации позволяет разделить участки по разнообразию спектрально-отражательных характеристик лесов. Закладка пробных площадей на исследуемой территории предусматривает повторяемость не менее трех объектов в каждом выделенном классе.

В качестве тестируемых полигонов для апробации выбраны Белозерский район Вологодской обл. (таежная зона европейской части России) и южная часть Кулундинских ленточных боров (Алтайский край) (Западно-Сибирский подтаежно-лесостепной район). Отобранные лесные массивы сильно различаются по породному составу лесов, их характеристикам, а также условиям произрастания. Данная особенность позволила апробировать рекомендуемые методы лесотаксационного дешифрирования в различных лесорастительных условиях.

Лесные массивы Белозерского района в основном представлены смешанными насаждениями с различной долей участия в их составе хвойных пород. Леса на доступных территориях в течение длительного времени подвергались различным видам рубок, что привело к появлению производных насаждений с преобладанием в составе березы и осины. Кроме того, на территории района есть лесные массивы фонда мелиорации и заболоченные участки с произрастанием сосны низких классов бонитета. Участки производных и заболоченных лесов чередуются с высокопродуктивными сосново-еловыми насаждениями, произрастающими на дренированных среднесуглинистых и супесчаных почвах.

Для целей лесотаксационного дешифрирования получены таксационные характеристики насаждений более 200 пробных площадей, заложенных в таежной зоне европейской части России. Пробные площади представлены разнообразными по породному составу, возрасту,

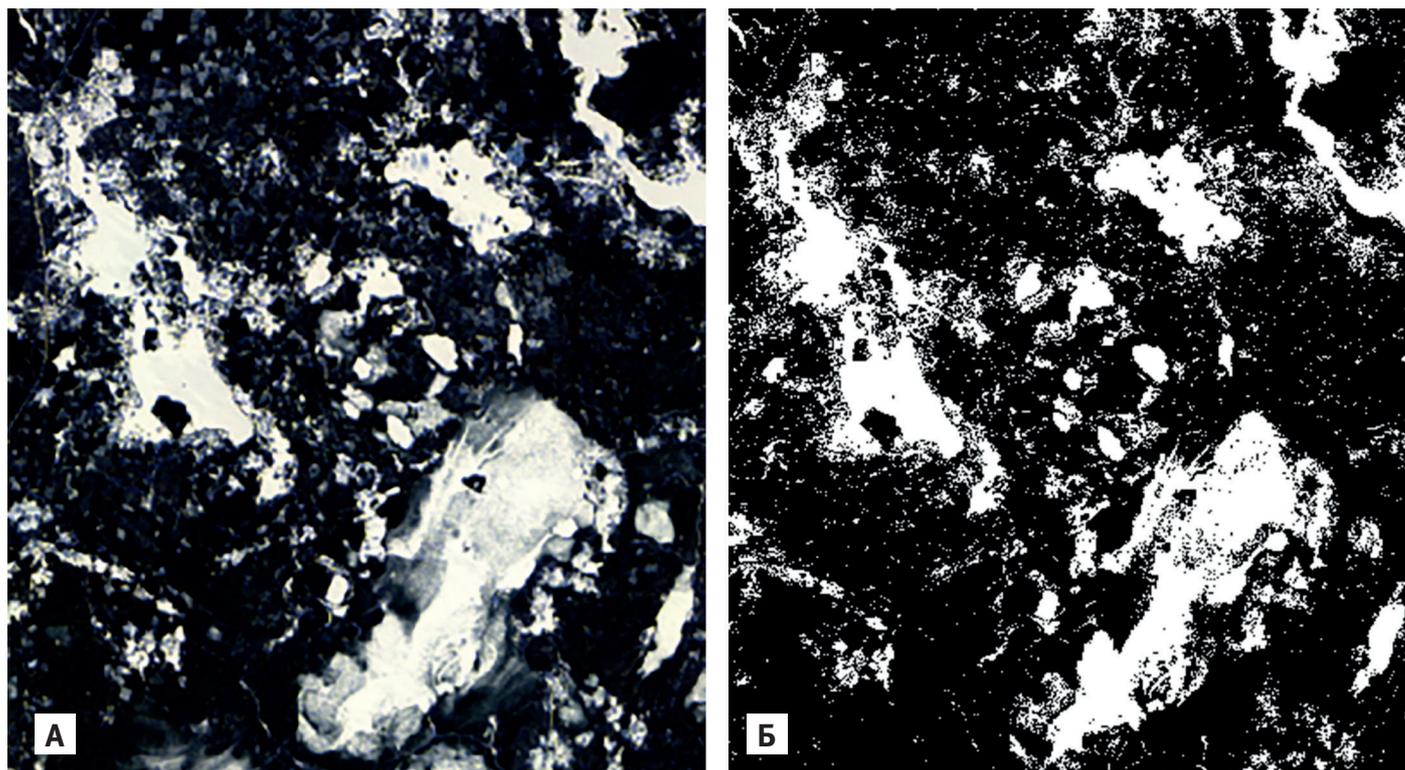


Рис. 1. ФОРМИРОВАНИЕ МАСКИ ЛЕСОПОКРЫТЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ИНДЕКСА NDVI ПО ДАННЫМ ЗИМНЕЙ СЪЕМКИ С СЕНСОРА SENTINEL-2: А – исходное изображение, В – маска лесопокрываемых земель, леса показаны черным цветом

продуктивности, классам бонитета и условиям произрастания насаждениями. Предварительный анализ взаимосвязей таксационных показателей насаждений с их спектральными характеристиками, полученными с сенсора Sentinel-2 (период съемки – январь–февраль) методом множественного факториального регрессионного анализа [13], позволил установить зависимости по основным таксационным показателям (табл. 1 и 2, рис. 2–4).

Полученные результаты показывают достаточную достоверность метода множественного факториального регрессионного анализа для определения таксационных характеристик насаждения, а также доли участия основных лесобразующих пород в составе насаждения. Преимущество данного метода заключается также в учете взаимодействия между различными спектральными каналами. Регрессионные зависимости таксационных показателей насаждений от их спектрально-отражательных характеристик получены с использованием модуля Advanced Models, модели General liner, алгоритма Factorial

Regression программного продукта Statistica 12. Обработка данных спутниковой съемки осуществлялась в программе Envi 5.2 с помощью модуля Band Math.

Анализ зависимостей таксационных показателей со спектральными характеристиками однопорядковых насаждений с сенсора Канопус-В показал также достоверные связи по летним снимкам (июль–август) (табл. 3).

Апробация полученных моделей определения таксационных показателей с сенсора Канопус-В проведена на территории части массива Кулундинских ленточных боров. Полученное зонирование территории (рис. 5) показывает приемлемые результаты для определения основных таксационных характеристик чистых насаждений сосны.

Проведенные исследования позволили получить попиксельную характеристику лесных территорий с определением состава, класса бонитета, полноты, запаса насаждений. Чтобы использовать результаты исследований в практической работе при лесоустройстве, в дальнейшем

Таблица 1. Точность определения основных таксационных характеристик насаждений по данным сенсора SENTINEL-2

Показатель	Коэффициент множественной корреляции	Критерий Фишера (F)	Уровень значимости (p)
Класс бонитета	0,78	1,72	0,004
Запас	0,78	1,70	0,005
Возраст	0,78	1,76	0,003
Полнота	0,78	1,73	0,003

Таблица 2. Точность определения доли участия пород в составе насаждений по данным сенсора SENTINEL-2

Порода	Коэффициент множественной корреляции	Критерий Фишера (F)	Уровень значимости (p)
Сосна	0,88	3,62	0,00
Береза	0,85	2,90	0,00
Осина	0,84	2,69	0,00
Ель	0,83	2,41	0,00
Пихта	0,79	1,83	0,00
Липа	0,76	1,54	0,02
Ольха	0,85	2,85	0,00

Таблица 3. Точность определения основных таксационных характеристик насаждений по данным сенсора Канопус-В (съемка – август)

Показатель	Коэффициент множественной корреляции	Критерий Фишера (F)	Уровень значимости (p)
Класс бонитета	0,76	4,79	0,00
Возраст	0,67	2,89	0,01
Полнота	0,72	3,76	0,00
Запас	0,77	5,10	0,00

планируется разработать алгоритмы сегментации полученных данных с целью их повыведельного объединения. В представленном варианте результатов исследований, отражающих попиксельно таксацию, можно выделить насаждения с преобладанием разных лесобразующих пород, оценить их запас, полноту, возраст, осуществить планирование систем проведения лесохозяйственных мероприятий (см. рис. 2–5).

Оценка таксационных показателей насаждений в Кулундинских борах, произрастающих в экстремальных природных условиях, методами лесотаксационного дешифрирования с сенсора

Sentinel-2 проведена с использованием экспериментальных данных 60 пробных площадей, репрезентативно характеризующих разнообразие лесов исследуемой территории (см. рис. 4).

В результате исследований установлены регрессионные связи между значениями таксационных показателей лесов и их спектрально-отражательными характеристиками при зимней съемке. Коэффициент множественной линейной корреляции с запасом насаждений составляет 0,83, с полнотой – 0,79, с классом бонитета – 0,77, с возрастом насаждений – 0,7. По установленным статистически взаимосвязям

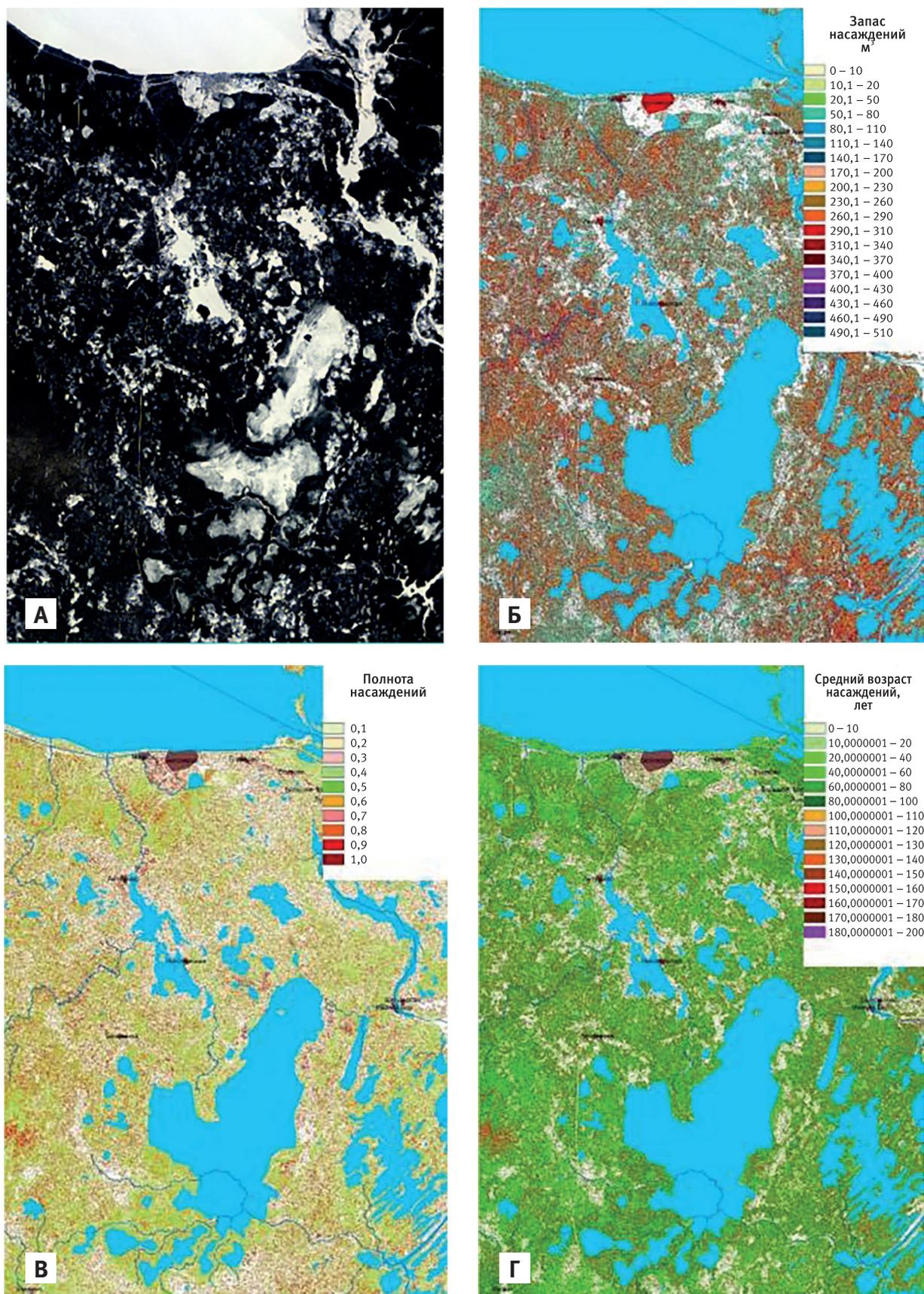


Рис. 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСАЖДЕНИЙ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ С СЕНСОРА SENTINEL-2: А – исходный снимок, Б – запас насаждения, В – полнота, Г – возраст, лет

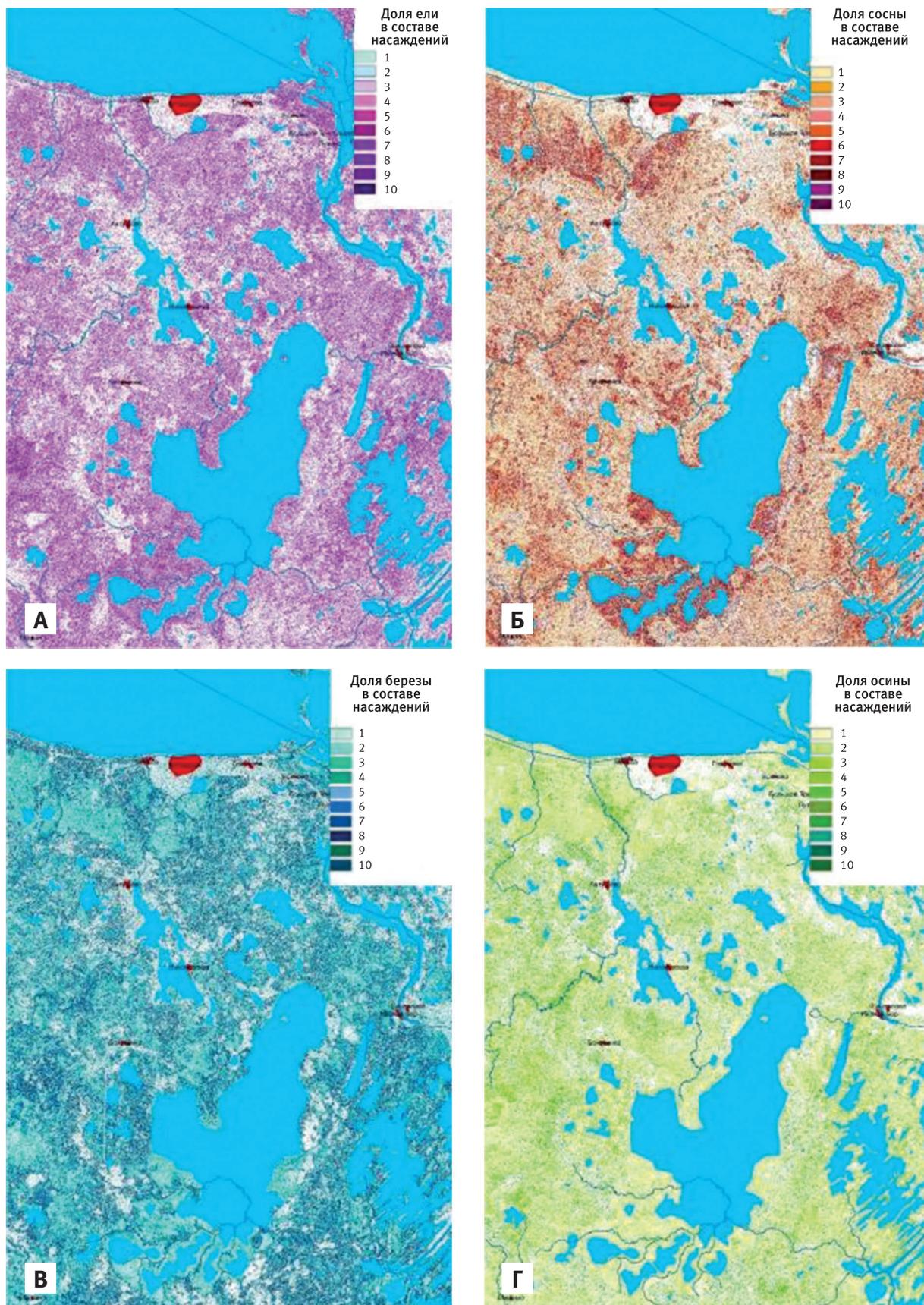


Рис. 3. Доля пород в составе насаждений, по данным спутниковой съемки с сенсора SENTINEL-2: А – ели, Б – сосны, В – березы, Г – осины



Рис. 4. Модель расчета полноты насаждений для части массива Кулундинских ленточных боров

составлены уравнения множественной линейной корреляции.

Результаты исследований отражают региональную специфику сосновых формаций лесов в условиях лесостепи с преобладанием системы добровольно-выборочных и группово-выборочных рубок. Проверка данных в экспериментальных условиях выявила совпадение с расчетами данных по классу бонитета, запасу, полноте насаждений. По показателю возраста модели дают среднее значение по пикселям, что не позволяет в полной мере учесть условно-разновозрастную специфику насаждений в пределах пикселя, но

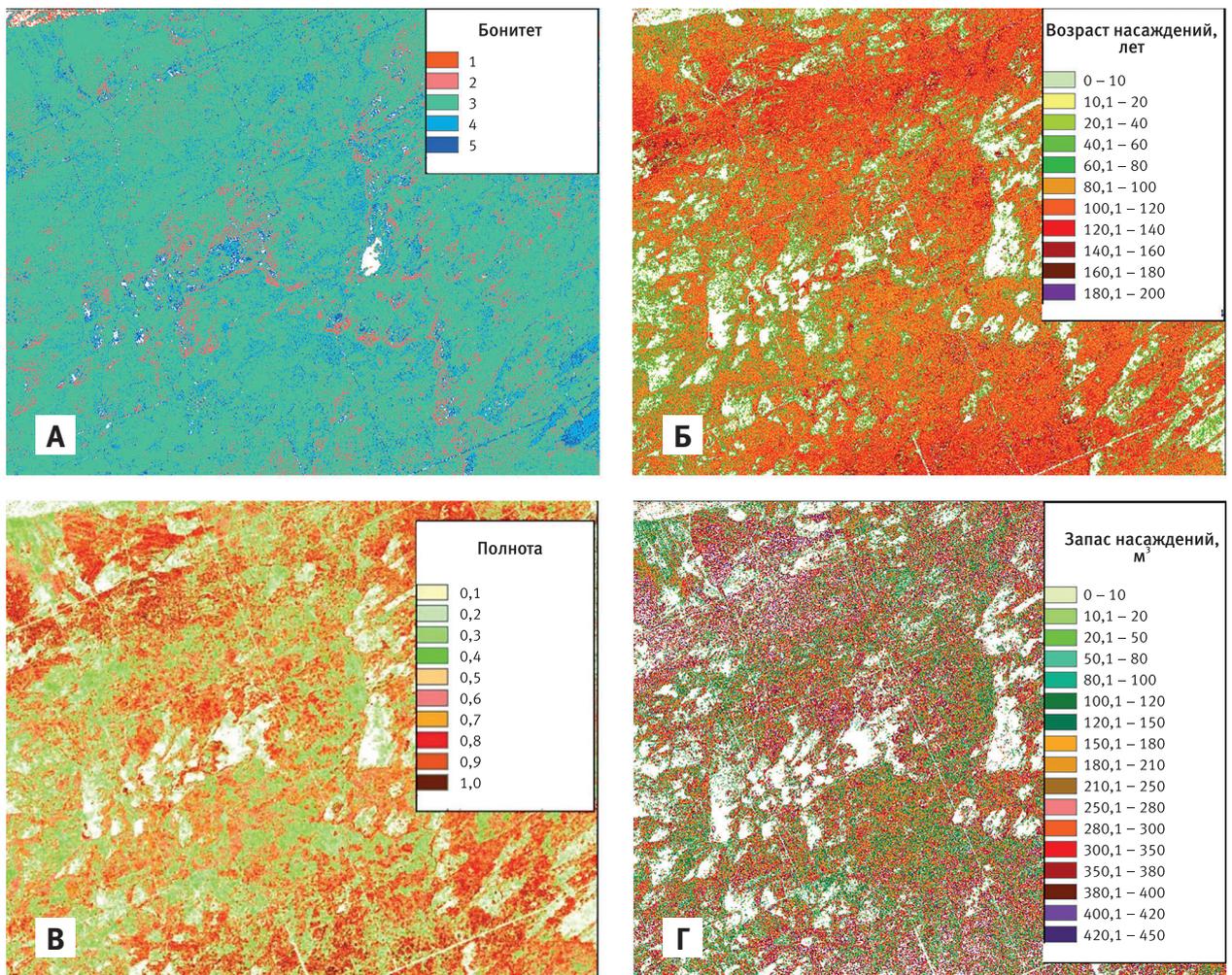


Рис. 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСАЖДЕНИЙ, ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ С СЕНСОРА КАНОПУС-В: А – класс бонитета, Б – возраст, В – полнота, Г – запас

показывает различие возрастных групп насаждений в границах выдела.

Таким образом, в результате исследований установлено, что для простых и сложных насаждений в разных лесорастительных условиях таксационные данные можно получить по общедоступной спутниковой съемке высокого разрешения. Возможность получения по данным спутниковой съемки показателей по запасу насаждений, полноте, классу бонитета, породному составу позволит в будущем осуществить разработку сервисов автоматизированной актуализации данных лесоустройства по дешифрированию спутниковой съемки. В данном направлении к ключевым факторам относится создание спектральных библиотек на основе пробных площадей, отражающих значительную совокупность всего спектра насаждений с учетом региональных особенностей их произрастания. Увеличение количества объектов будет способствовать

повышению точности определения таксационных показателей сложных насаждений.

Разработанные методы и полученные зависимости позволяют значительно сократить количество работ по определению таксационных показателей труднодоступных лесов, повысить качество лесотаксационного дешифрирования. Совершенствование данных технологий на базе увеличивающегося объема экспериментальных данных позволит создать системы автоматизированного лесотаксационного дешифрирования. В современных условиях для отработки данных методов можно использовать сеть пробных площадей лесоустройства, государственной инвентаризации лесов, различных научно-исследовательских проектов. Объединение данных пробных площадей в единую базу данных значительно повысит точность моделей и ускорит отработку технологий лесотаксационного дешифрирования с учетом региональных факторов.

Список использованных источников

1. Самойлович, Г. Г. Полевая практика работы с аэроснимками при таксации леса / Г. Г. Самойлович. – Л. : ЛТА, 1967. – 73 с.
2. Седых, В. Н. Аэрокосмический мониторинг лесного покрова / В. Н. Седых. – Новосибирск : Наука, 1991. – 239 с.
3. Сухих, В. И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве : учеб. / В. И. Сухих. – Йошкар-Ола : Маргту, 2005. – 392 с.
4. Седых, В. Н. Лесообразовательный процесс : науч. изд. / В. Н. Седых. – Новосибирск : Наука, 2009. – 164 с.
5. Визуальные методы дешифрирования / Т. В. Верещака, А. Т. Зверев, С. А. Сладкопечев, С. С. Судакова. – М. : Недра, 1990. – 344 с.
6. Рожков, Ю. Ф. Оценка нарушенности лесных экосистем после пожаров с использованием дешифрирования космических снимков / Ю. Ф. Рожков, М. Ю. Кондакова // Fundamental Research. – 2014. – № 9. – С. 2018–2022.
7. Шовенгердт, Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р. А. Шовенгердт. – М. : Техносфера, 2010. – 560 с.
8. Спутниковое картографирование растительного покрова России / С. А. Барталев, В. А. Егоров, В. О. Жарко [и др.]. – М. : ИКИ РАН, 2016. – 208 с.
9. <http://www.lesproekt.org/>
10. <http://www.parma-gis.ru/>
11. <https://biint.ru/portfolio/sistema-operativnogo-monitoringa-lesoizmeneniy-kedr/>
12. <http://sci-vega.ru/>
13. Боровиков, В. П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA / В. П. Боровиков. – М. : Горячая линия-Телеком, 2013. – 288 с.

References

1. Samojlovich, G. G. Poleyaya praktika raboty s aerosnimkami pri taksacii lesa / G. G. Samojlovich. – L. : LTA, 1967. – 73 s.
2. Sedyh, V. N. Aerokosmicheskij monitoring lesnogo pokrova / V. N. Sedyh. – Novosibirsk : Nauka, 1991. – 239 s.
3. Suhij, V. I. Aerokosmicheskie metody v lesnom hozyajstve i landshaftnom stroitel'stve : ucheb. / V. I. Suhij. – Joshkar-Ola : Margtu, 2005. – 392 s.
4. Sedyh, V. N. Lesoobrazovatel'nyj process : nauch. izd. / V. N. Sedyh. – Novosibirsk : Nauka, 2009. – 164 s.
5. Vizual'nye metody deshifrirovaniya / T. V. Vereshchaka, A. T. Zverev, S. A. Sladkopevcev, S. S. Sudakova. – M. : Nedra, 1990. – 344 s.
6. Rozhkov, Yu. F. Ocenka narushennosti lesnyh ekosistem posle pozharov s ispol'zovaniem deshifrirovaniya kosmicheskikh snimkov / Yu. F. Rozhkov, M. YU. Kondakova // Fundamental Research. – 2014. – № 9. – S. 2018–2022.
7. Shovengerdt, R. A. Distancionnoe zondirovanie. Modeli i metody obrabotki izobrazhenij / R. A. Shovegerdt. – M. : Tekhnosfera, 2010. – 560 s.
8. Sputnikovoe kartografirovanie rastitel'nogo pokrova Rossii / S. A. Bartalev, V. A. Egorov, V. O. Zharko [i dr.]. – M. : IKI RAN, 2016. – 208 s.
9. <http://www.lesproekt.org/>
10. <http://www.parma-gis.ru/>
11. <https://biint.ru/portfolio/sistema-operativnogo-monitoringa-lesoizmeneniy-kedr/>

12. <http://sci-vega.ru/>
13. Borovikov, V. P. Populyarnoe vvedenie v sovremennyj analiz dannyh v sisteme STATISTICA / V. P. Borovikov. – М. : Goryachaya liniya-Telekom, 2013. – 288 s.

Modern Trends in Development of Satellite Imagery Interpretation

V. Sidorenkov

Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Deputy Director, Candidate of Agricultural Sciences, Pushkino, Moscow region, Russian Federation, lesvn@yandex.ru

V. Kositsin

Federal Forestry Agency, Deputy Director of Land Relations and Forest Management Board – Head of Government Forest Inventory Department, Candidate of Agricultural Sciences, Moscow, Russian Federation, lesoustr@rosleshoz.ru

V. Kalnin

Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Deputy Manager of Department, Manager of Data Analysis Sector, Candidate of Biological Sciences, Pushkino, Moscow region, Russian Federation, kalnin@vniilm.ru

O. Kushnyr

Research Center of Earth On-Line Monitoring, «Russian Space Systems», Deputy Manager of Earth Remote Sensing Data Processing Department, Candidate of Technical Sciences, Moscow, Russian Federation, kushnyr@ntsomz.ru

A. Rybkin

Research Center of Earth On-Line Monitoring, “Russian Space Systems”, Leading Engineer of Earth Remote Sensing Data Processing Department, Moscow, Russian Federation, a.rybkin@ntsomz.ru

Key words: stand valuation characteristic, satellite survey, Sentinel 2, sample plots, stand spectral characteristics, satellite imagery processing procedure, NDVI (normalized difference vegetation index).

Development of forest inventory interpretation modern procedures shapes scientific background to get reliable information on forest stands. Previous study results proved an opportunity to interpret high and medium resolution satellite imagery forest valuation characteristics however considerable part of experimental work in this area is based on regional studies that does not enable universal methodology development. Solution to these issues is addressed in this paper that covers 3 year studies under the government Rosleshoz target “Development of forest taxation and inventory modern procedures based on Earth remote sensing (ERS) data analysis”. The study findings showed an opportunity to address forest inventory interpretation target with multidimensional regression analysis procedures and computer-assisted learning as its application enabled identification of sample plot stand taxation indicators and its spectral reflectory characteristics interactions.