

В. П. Ступин^{1}, Л. А. Пластинин¹*

Идентификация растительности по результатам ГИС-анализа данных ДЗЗ в интересах картографирования растительного покрова Сибири

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск,
Российская Федерация
*e-mail: Stupinigu@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты анализа возможностей использования космических данных открытого доступа для идентификации наличия, типа и состояния растительного покрова Восточной Сибири средствами ГИС в интересах их картографирования и мониторинга. Проанализированы дешифровочные возможности спектральных каналов и их композитов. Получены спектральные кривые разных типов растительности. Выполнена оценка возможностей карт вегетационных индексов для идентификации лесов.

Ключевые слова: ГИС-анализ, материалы ДЗЗ, картографирование лесов

V. P. Stupin^{1}, L. A. Plastinin¹*

Identification of vegetation based on the results of GIS-analysis of remote sensing data in the interest of mapping the vegetation cover of Siberia

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation
*e-mail: Stupinigu@mail.ru

Abstract. The results of the analysis of the possibilities of using open access space data to identify the presence, type and condition of the vegetation cover in Eastern Siberia using GIS tools for their mapping and monitoring are presented. The decoding possibilities of spectral channels and their composites are analyzed. Spectral curves of different types of vegetation were obtained. The possibilities of vegetation index maps for forest identification were evaluated.

Keywords: GIS-analysis, remote sensing data, mapping forest

Введение

Тематика и актуальность рассматриваемого исследования определяется необходимостью организации картографо-космического мониторинга растительного покрова обширных, труднодоступных и динамичных территорий Сибири. Наиболее эффективным методом получения региональной информации о состоянии растительности в настоящее время являются материалы дистанционного зондирования Земли из космоса, которые довольно давно применяются в области спутникового мониторинга и картографирования лесов и в других, тесно связанных с лесной тематикой областях [1 – 5].

Целью исследования является методико-технологическое обоснование идентификационных возможностей находящихся в свободном доступе снимков

Landsat-8 и Sentinel-2 в интересах информационного обеспечения концепции регионального дистанционного картографо-космического мониторинга лесов Сибирского федерального округа.

В связи с этим, основной задачей исследования стала отработка методики автоматизированного определения информационных возможностей космических снимков средствами ГИС для выявления и геоинформационного картографирования наличия, состояния и динамики растительного покрова, его нарушения лесными пожарами, вырубками, ветровалами, промышленной и строительной деятельностью.

Методы и материалы

В основу исследования положены методы геоинформационного моделирования, визуального и компьютерного дешифрирования, анализа и интерпретации исходных данных и материалов, а также производных от них промежуточных и итоговых ГИС-продуктов. Обработка данных в целях решения задач исследования выполнялась, в основном, с использованием открытой настольной ГИС SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) версии 9.0.1 (64 bit).

В процессе исследования были использованы следующие основные исходные и производные данные и материалы:

- спектрзональные снимки и метаданные, полученные КА Ландсат-8 (30 м/пиксель) и Sentinel-2 (10 м на пиксель) для визуального изучения, создания композитных и индексных изображений, а также ГИС-анализа в целях идентификации растительного покрова исследуемой территории;
- ЦМР SRTM и ASTER GDEM для топографической и атмосферной коррекции космических снимков, а также для оценки геоморфологической приуроченности и высотного положения исследуемых объектов;
- оцифрованные топографические карты масштаба 1:200 000 для определения топографической обусловленности распределения растительного покрова;
- ведомственные материалы Министерства лесного комплекса Иркутской области, Красноярского края и Республики Бурятия для получения сведений о местоположении, составе и состоянии лесов;
- тематические карты и атласы для соотнесения результатов ГИС-анализа с созданными ранее картами природных ландшафтов;
- интернет-ресурсы, картографические и геоинформационные сервисы, порталы и сайты;
- созданные по спектрзональным снимкам с КА Landsat-8 композитные изображения, спектральные кривые и карты вегетационных индексов.

Результаты

Исследования проводились в пределах трех широтных лесных зон Восточной Сибири в разной степени подверженных антропогенной нагрузке:

- горно-таежной территории Путоранского государственного природного заповедника, расположенного в пределах плато Путорана в северо-западной части Среднесибирского плоскогорья;

– плоскогорной территории среднеангарской тайги в пределах Нижнеилимского района Иркутской области, в пределах которой ведется активная вырубка древесины и часто случаются лесные пожары;

– территории Тункинского национального парка, расположенного среди горно-котловинных ландшафтов гор юга Восточной Сибири.

На ключевые участки были созданы композиты космических снимков, полученных сенсорами OLI (Landsat-8) и MSI (Sentinel-2) в синем, зеленом, красном, ближнем и среднем инфракрасных диапазонах спектра (рис.1).

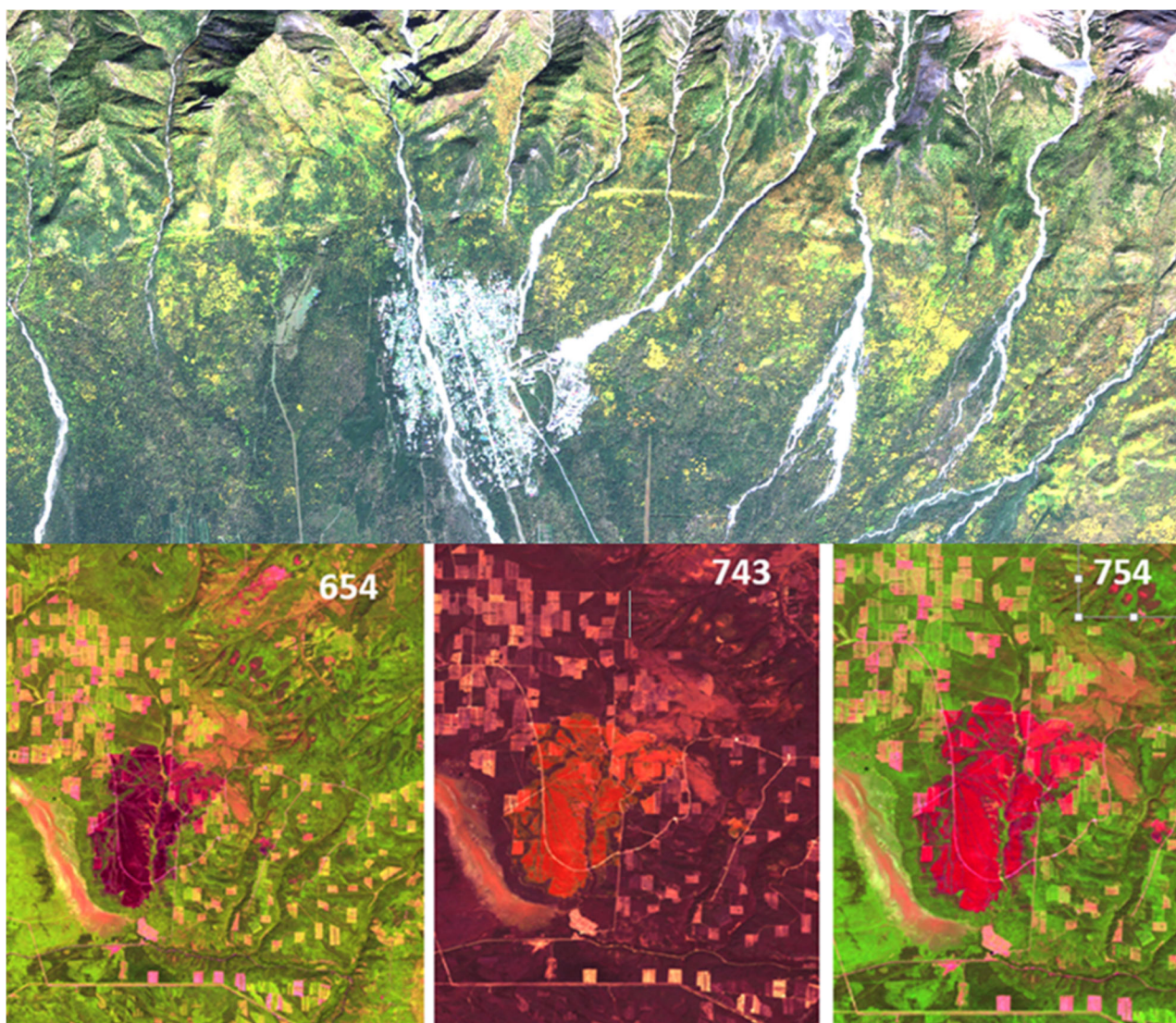


Рис. 1. Вверху – композит Sentinel-2 (Тункинская долина, 19 сентября 2019 г), натуральные цвета, пожелтевший лиственный лес на фоне зеленого соснового. Внизу – композиты Landsat-8 (9 августа 2018 г.), отображающие вырубки и гари в среднеангарской тайге

По снимкам разных каналов были построены спектральные графики типичных представителей растительного покрова региона (рис. 2): хвойных лесов, лиственных лесов, вырубок, гарей, болот, открытой воды.

Совместно с созданием спектральных композитов на ключевые участки были составлены индексные изображения DVI, NDVI, RVI, NRVI, TVI, CTVI, RVI и SAVI и выполнен анализ этих изображений на предмет степени их применимости в интересах картографо-космического мониторинга и картографирования лесов исследуемого региона (рис. 3).

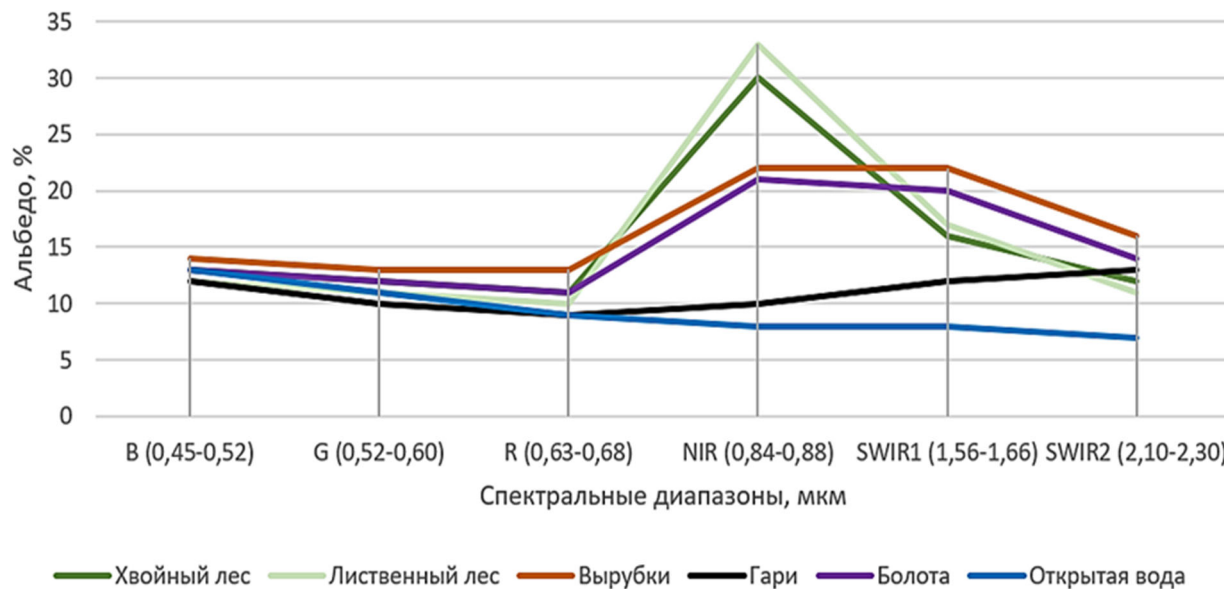


Рис. 2. Спектральные графики основных типов растительного покрова среднеангарской тайги, построенные по снимкам Landsat-8 (9 августа 2018 г.)

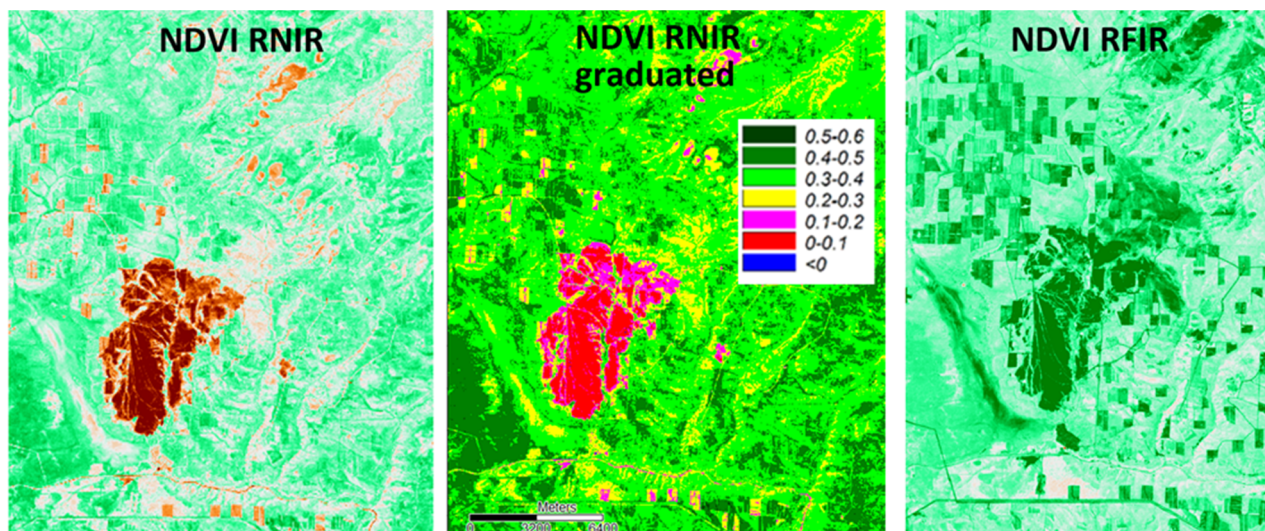


Рис. 3. Карты NDVI, созданные по снимкам Landsat-8 (9.08.2018) на гарь пожара 26.06.18 у п. Мамырь: слева – по каналам 4 и 5, в центре – то же с дискретной шкалой; справа – по каналам 4 и 6

Обсуждение

Визуальный и ГИС-анализ космических снимков в интересах идентификации распространения, состава и состояния лесов Сибири лучше всего выполнять

по композитам в ложных цветах (каналы 5-7 сенсора OLI Landsat-8), которые в силу специфики отображения компонентов растительного покрова (лесной растительности, вырубок, гарей) в разных диапазонах электромагнитного спектра информативнее изображений в натуральных цветах (каналы 2 – 4) (рис. 4).

Характер спектральных кривых для разных типов и состояний растительного покрова существенно изменяется в зависимости от длины волны. Отмечается тенденция уменьшению отражательной способности растительности в синем и красном диапазонах спектра и к увеличению в красном, и особенно в ближнем инфракрасном, диапазонах. Количественные показатели изменения полученных спектральных графиков позволяют выполнить идентификацию типов растительного покрова с учетом топографических и почвенных эффектов.



Рис. 4. Фрагменты композитов участка берега братского водохранилища: слева – в естественных цветах (синтез 432), справа – в ложных цветах (синтез 754)

Slope-based вегетационные индексы наиболее просты в использовании и дают числовые результаты, которые легко интерпретировать. Наиболее предпочтительным из них является NDVI, поскольку он в наилучшей степени способен минимизировать топографические эффекты в процессе идентификации растительности [6]. В то же время следует отметить, что все slope-based индексы не способны свести к минимуму фоновые эффекты почвы. Несмотря на большое

количество вегетационных индексов, используемых в настоящее время, среди них пока нет ни одного универсального, который был бы одинаково хорош при применении в идентификации разных типов растительного покрова в разных географических условиях.

Интерпретация индексных карт выполнялась экспертным способом с опорой на описательные и картографические материалы полученные на территории эталонных участков (рис. 5, 6). При этом, в ряде случаев были получены неоднозначные результаты.

Неоднозначность интерпретации сходных по NDVI ареалов растительности разных типов возникает вследствие эффектов рельефа и почв, а также ограниченности диапазона градаций яркостей шкалы NDVI (от -1 до $+1$). Более тонкую градацию яркостей и, соответственно, более дробную градацию типов растительного покрова можно получить, применив, например, индекс DVI (NIR-R), который будучи безразмерным, может принимать практически любые значения в пределах 16-битного радиометрического диапазона снимков Landsat-8. В качестве дополнительного критерия идентификации служит приуроченность (локация) выявленных ареалов растительности к разным типам рельефа (рис. 7).

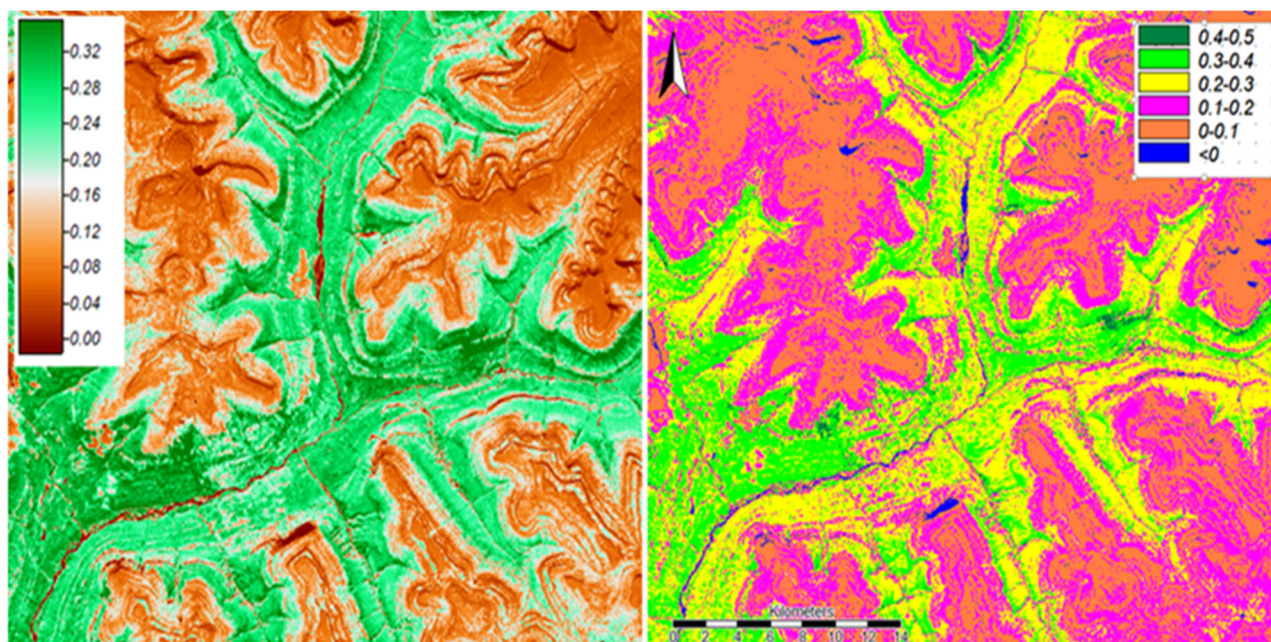


Рис. 5. Интерпретация карт NDVI на участок плато Путорана. Landsat-8 (17.08.2022). Значения NDVI: < 0 – водотоки, наледи, снежники-перелетки на склонах северной экспозиции; $0 - 0,1$ – среднегорная тундра с накипными лишайниками, редкими пятнами мха и отдельными кустарничками; $0,1 - 0,2$ – травяная, кустарничковая и мохово-лишайниковая среднегорная тундра; $0,2 - 0,3$ – мохово-лишайниковые склоновые заросли кустарниковой ольхи и карликовой березы с рединой угнетенной лиственницы; $0,3 - 0,5$ – угнетенные лиственничные леса с редким подлеском из ив и карликовой березки, $0,4 - 0,5$ – среднегорные лиственничные леса с елью и березой по склонам южной экспозиции

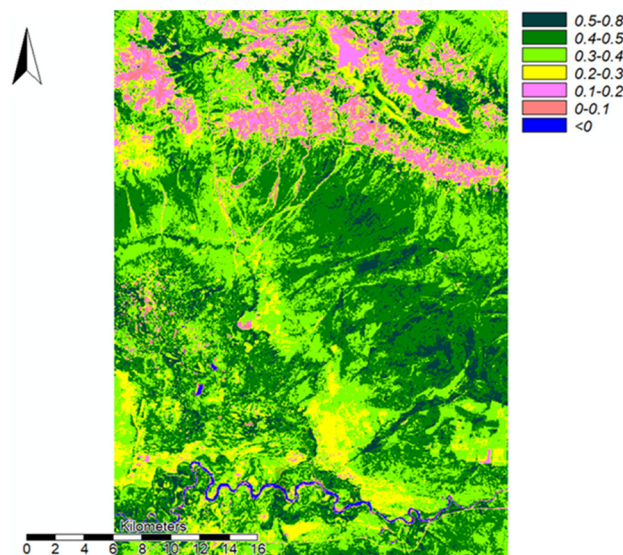


Рис. 6. Интерпретация карт NDVI на участок плато Тункинской котловины и Тункинских гольцов. Снимок Landsat-8 (06.08.2020). Значения NDVI: < 0 – водотоки, озера; $0 - 0,1$ – высокогорная тундра с накипными лишайниками; $0,1 - 0,2$ – неоднозначная интерпретация в зависимости от локации: травяная, кустарничково-травяная тундра южных склонов Тункинского хребта; конуса выносов аршанских селей 2014 г.; селитебные территории; пашни в котловине; $0,2 - 0,3$ – неоднозначная интерпретация в зависимости от локации: степная растительность; альпийские луга; поросль осины и березы на конусах выноса; $0,3 - 0,4$ – неоднозначная интерпретация в зависимости от локации: лесостепь; болота, $0,4 - 0,5$ – неоднозначная интерпретация в зависимости от локации: склоновые темнохвойные лиственнично-кедровые леса; сосновые, лиственничные, березовые леса в котловине; $0,5 - 0,8$ – сосновые боры на песчаных массивах

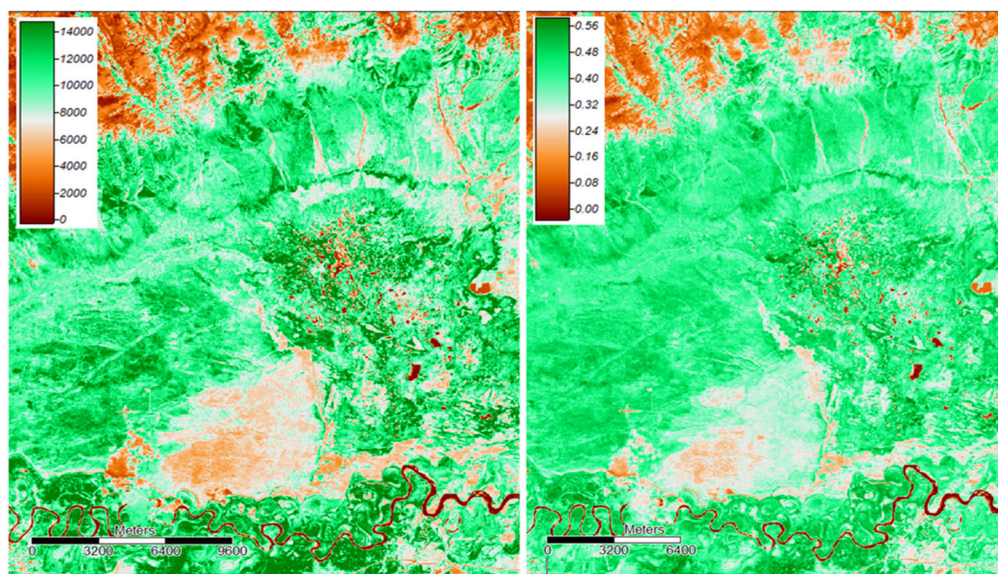


Рис. 7. Детальность индексных карт DVI (слева) и NDVI (справа), построенных на территорию Койморских болот и урочища Бадары Тункинской котловины по каналам NIR и R снимка Landsat-8 (06.08.2020)

Заключение

Проведенный анализ исходных и полученных данных и материалов дистанционного зондирования Земли из космоса показал, что они позволяют создать систему идентификационных признаков для разных типов растительного покрова в интересах регионального картографо-космического мониторинга и картографирования лесов Восточной Сибири. Качество полученных результатов существенно повышается при опоре на надежные данные по ключевым участкам (эталонам) дешифрирования и другую дополнительную информацию.

Дальнейшие направления и перспективы исследования видятся в анализе разносезонных изображений, в частности для разделения хвойных и лиственных лесов, изучении многолетних рядов снимков для выявления динамики нарушения и восстановления растительных сообществ (вырубок, гарей, ветровалов, болезней, зарастания и т.д.), изучении закономерностей оптической генерализации снимков, а также в получении количественных показателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. – М.: ИКИ РАН, 2016. – 208 с.
2. Пластинин Л.А. Ващук В.Н., Клевцов Е.В. Ступин В.П., Торосян П.Р. Новая космическая информация в оценке лесосырьевой базы Усть-Илимского ЛПК // Современные проблемы геодезии и оптики. – Новосибирск: СГГА, 2001. – С.86-87.
3. Пластинин Л.А. Ващук В.Н., Клевцов Е.В. Котельникова Н.В., Ступин В.П., Торосян П.Р. Картографирование лесов Сибири с использованием новых материалов спутниковых радарных съемок. // География на рубеже веков. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. – С.221-222.
4. Пластинин Л.А., Клевцов Е.В., Ступин В.П. Данные дистанционного зондирования (ДЗЗ) в картографировании и мониторинге таежных лесов Сибири. – Воронеж: Изд-во ВЛГН, 2002.
5. Пластинин Л.А., Бардаш А.В., Батуев А.Р., Кириченко Ю.А., Клевцов Е.В., Котельникова Н.В., Плюснин В.М., Ступин В.П., Торосян П.Р. Дистанционное зондирование и экологическое картографирование в космическом мониторинге таежных экосистем Прибайкалья // География и окружающая среда. – СПб.: Наука, 2003. – С.659-668.
6. Silleos, Nikolaos G., Alexandridis, Thomas K., Gitas, Ioannis Z. and Perakis, Konstantinos (2006) Vegetation Indices: Advances Made in Biomass Estimation and Vegetation Monitoring in the Last 30 Years', Geocarto International, 21:4, 21-28.

© В. П. Ступин, Л. А. Пластинин, 2023