

ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ SENTINEL-2 ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ В ЗАПОЛЯРНОЙ АРКТИКЕ

Кирилл Алексеевич Кожанов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (993)031-20-83, e-mail: kirya.kozhanov@gmail.com

Екатерина Николаевна Кулик

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-08-66, e-mail: e.n.kulik@ssga.ru

В статье методами сравнительного анализа данных ресурсных спутниковых систем проводится оценка информативной емкости космических снимков Sentinel-2B. С помощью методов обработки и анализа данных дистанционного зондирования определяется пригодность данных Sentinel-2B для оценки состояния открытых почв, в том числе загрязненных нефтепродуктами.

Ключевые слова: Sentinel-2, дистанционное зондирование, вегетационные индексы, анализ состояния почв, разливы нефтепродуктов

ESTIMATION OF THE INFORMATION CAPACITY OF SENTINEL-2 REMOTE SENSING DATA FOR MONITORING SOIL POLLUTION WITH PETROLEUM PRODUCTS IN THE POLAR ARCTIC

Kirill A. Kozhanov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Photogrammetry and Remote Sensing, phone: (993)031-20-83, e-mail: kirya.kozhanov@gmail.com

Ekaterina N. Kulik

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph.D., Associate Professor, Department of Photogrammetry and Remote Sensing, phone: (383)361-08-66, e-mail: e.n.kulik@ssga.ru

The article uses the methods of comparative analysis of the data of resource satellite systems to evaluate the informative capacity of Sentinel-2B satellite images. Remote sensing data processing and analysis methods are used to determine the suitability of Sentinel-2B data for assessing the state of open soils, including those contaminated with petroleum products.

Keywords: Sentinel-2, remote sensing, vegetation indices, soil condition analysis, oil spills

Введение

Развитие топливно-энергетического комплекса влечет за собой рост техногенного воздействия на окружающую среду территориальных объектов, минимизация которого является одной из научных проблем, решаемых в рам-

ках проектов, связанных с освоением и эксплуатацией нефтяных месторождений [1].

Представляя собой смесь органических веществ, в состав которых входит большое количество химически активных элементов, способных изменить состав природных компонентов (почвы, атмосферного воздуха, поверхностных вод и т.д.), нефть и нефтепродукты являются одними из наиболее опасных видов загрязнения [2, 3].

В связи с растущими требованиями к осуществлению контроля, обеспечению безопасности нефтепроводов и оперативной оценке масштаба разлива нефти большое значение отводится разработке новых технологий исследования объектов нефтегазового комплекса. Для решения поставленных задач наиболее перспективным является использование аэрокосмических методов и технологий.

Аэрокосмические методы дистанционного зондирования Земли способны предоставить необходимую информацию об объектах добычи, разведки, транспортировки и переработки нефти и нефтепродуктов с высоким пространственным и временным разрешением. Внося существенный вклад в развитие экономики страны, дистанционное зондирование Земли является одной из наиболее перспективных сфер космической деятельности [4–6].

Целью работы является оценка информативной емкости космических снимков съемочной системы MSI с борта Sentinel-2В для мониторинга состояния открытых почв, в том числе загрязненных нефтепродуктами, на территории заполярной Арктики.

Исследование проводилось в районе Кайеркан города Норильск, где на территории ТЭЦ-3 29 мая 2020 года в результате разгерметизации резервуара произошла утечка 21 000 тонн дизельного топлива, из которых 6 000 тонн попали в почвы, а 15 000 тонн – в реку Далдыкан.

В ходе выполнения работы предстояло решить следующие задачи:

- методами сравнительного анализа данных ресурсных спутниковых систем оценить информативную емкость космических снимков Sentinel-2В;
- определить пригодность данных дистанционного зондирования Sentinel-2В для оценки состояния открытых почв, в том числе загрязненных нефтепродуктами.

Методы и материалы

Химическое загрязнение почв нефтью сказывается на их спектральной отражательной способности, т.е. приводит к уменьшению коэффициентов спектральной яркости в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. Поэтому для спектрального анализа природных компонентов в районах нефтедобычи используются вегетационные индексы, которые в ходе операций с различными спектральными диапазонами рассчитывают показатели, относящиеся к параметрам растительности, водной поверхности и почв в определенном пикселе изображения [7].

Для анализа состояния растительного покрова широкое применение получил нормализованный разностный вегетационный индекс – NDVI. Данный индекс рассчитывается по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

где RED и NIR – значения яркости в красном и ближнем инфракрасном спектральных каналах соответственно.

Также в данной работе был использован почвенно-скорректированный индекс растительности SAVI, вычисляемый по формуле:

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} \times (1 + L), \quad (2)$$

где RED и NIR – значения яркости в красном и ближнем инфракрасном спектральных каналах соответственно, L – коэффициент покрытия зеленой растительности.

Значение коэффициента L зависит от долевого соотношения открытых почв и областей, покрытых густой растительностью.

Результаты

При применении цветовой палитры в соответствии с дискретной шкалой NDVI (рис. 1) к индексным изображениям, созданным на основе космических снимков Landsat-8, PlanetScope и Sentinel-2 с использованием алгоритма NDVI, были получены тематические карты (рис. 2), характеризующие пространственное распределение NDVI на исследуемой территории [8].

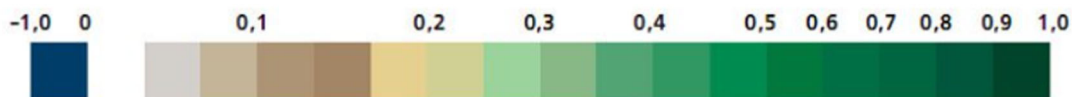


Рис. 1. Дискретная шкала NDVI

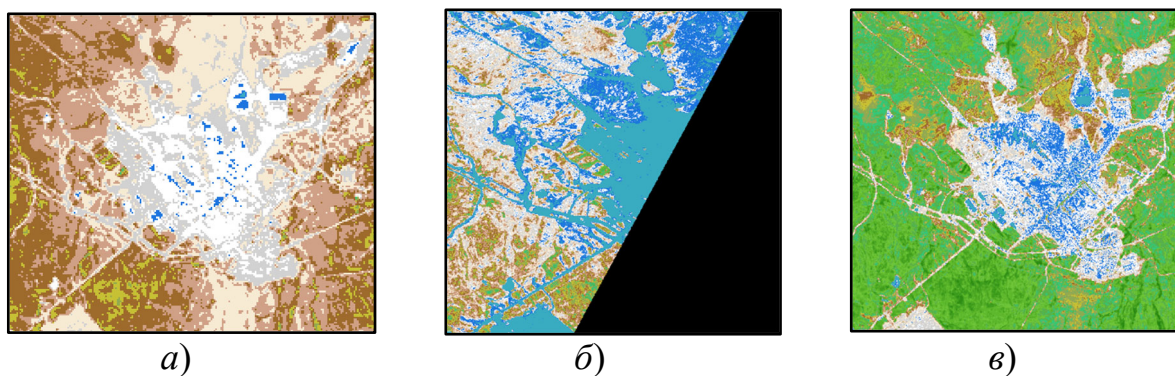


Рис. 2. Синтезированные изображения, полученные в результате применения индекса NDVI:

а) Landsat-8; б) PlanetScope; в) Sentinel-2

После псевдоцветного представления результатов применения индекса SAVI для каждой из указанных выше съемочных систем в диапазоне значений индекса от -0,75 до 0,75 было получено пространственное распределение SAVI (рис. 3).

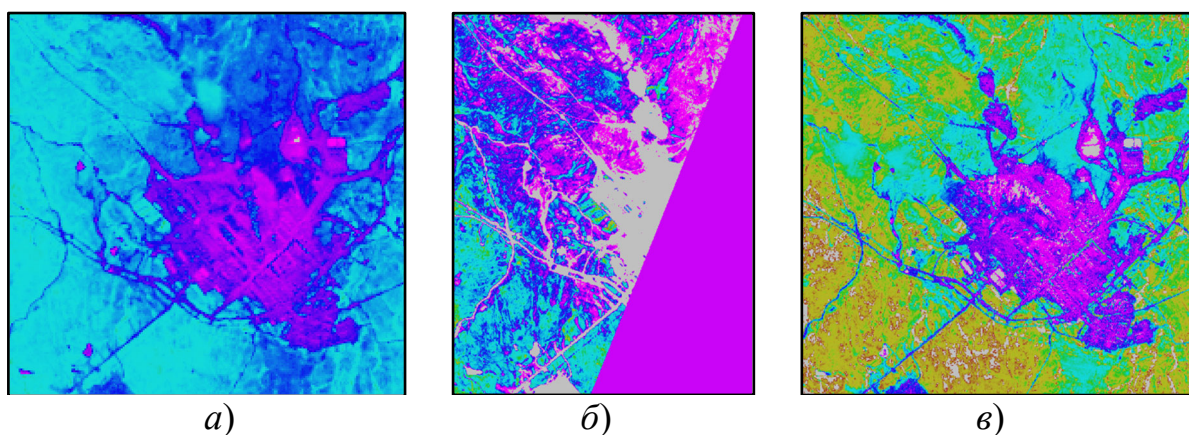


Рис. 3. Синтезированные изображения, полученные в результате применения индекса SAVI:

а) Landsat-8, б) PlanetScope, в) Sentinel-2

Для определения пригодности космических снимков Sentinel-2В на их основе был рассчитан вегетационный индекс SAVI на период июль 2019 г., май и август 2020 г.

С помощью расчета SAVI и псевдоцветного представления были получены синтезированные изображения, характеризующие динамику изменения значений индекса SAVI на период май-август 2020 г. (рис. 4) [9].

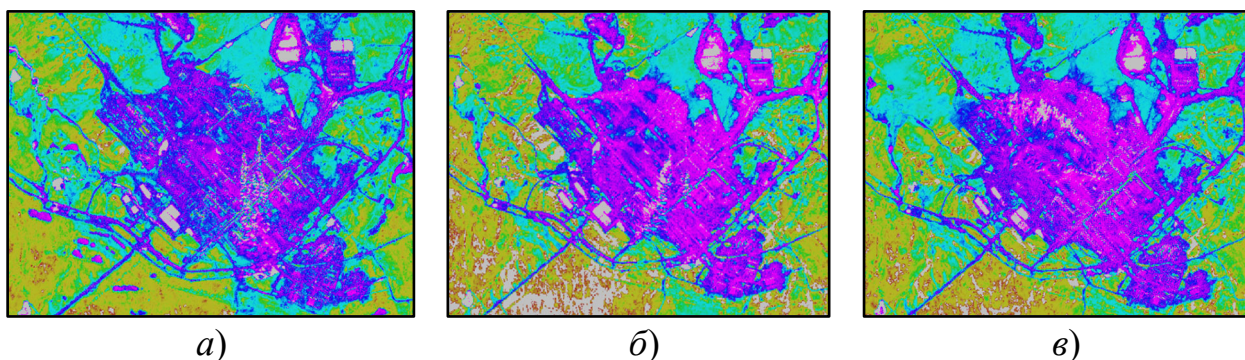


Рис. 4. Синтезированные на основе индекса SAVI изображения:

а) май, б) июль, в) август

Обсуждение

Основываясь на анализе результатов расчета вегетационного индекса NDVI, можно сделать вывод о том, что из всех рассмотренных съемочных систем данные Sentinel-2 наиболее предпочтительны для решения задач, связанных с мониторингом состояния открытых почв и растительных сообществ. Несмотря на вы-

сокое пространственное разрешение альтернативных данных PlanetScope, их относительно узкие спектральные диапазоны красного и инфракрасного каналов не позволили четко разделить объекты, относящиеся к классам гидрографии, и объекты антропогенного происхождения [10].

При дешифрировании нефтяных пятен с использованием снимков Landsat в большинстве случаев используют комбинацию спектральных каналов «естественные цвета». Однако, невысокое пространственное разрешение спутниковых снимков, полученных с борта Landsat (30 метров) не позволяет распознать мелкие по площади нефтезагрязнения или четко выделить границы более крупного участка. Этой же особенностью объясняется значительное смещение откликов объектов, относящихся к разным классам, при расчете индексов NDVI и SAVI [11].

Заключение

В ходе выполнения данной работы было установлено, что индексные изображения SAVI, полученные на основе снимков съемочной системы MSI с борта Sentinel-2B, имеют достаточно большой диапазон значений, соответствующий объектам, принадлежащим к классу открытых почв, и объектам антропогенного происхождения, что при дальнейшем более детальном исследовании позволит выполнить мониторинг состояния природных экосистем, подвергшихся негативному влиянию разливов нефтепродуктов и достоверно оценить степень их повреждения.

Помимо рассмотренных вегетационных индексов перспективным является использование их модификаций, учитывающих климатические/природные особенности региона (сезонность, температурный режим, гидрологический режим бассейновых стоков, криогенный характер почв, особенности полярной растительности и т.п.).

Для проведения более детального мониторинга нефтеразливов и верификации его результатов необходимо иметь информационную базу, содержащую данные полевого обследования и данные детальной съемки (например, с БПЛА) высокого спектрального/пространственного разрешения.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема «Разработка теории и технологических решений контроля состояния защитных сооружений при перекачке нефтепродуктов методами активного дистанционного зондирования», № 0807-2020-0002).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондур В. Г. Аэрокосмические методы и технологии мониторинга нефтегазоносных территорий и объектов комплекса // Исследование Земли из космоса. – 2010. – № 6. – С. 351–362.
2. Ерофеевская Л. А. Мониторинг загрязнений в природных экосистемах после аварийных разливов нефти // Природно-техногенные комплексы: рекультивация и устойчивое функционирование. – 2013. – № 11. – С. 293–295.
3. Алексеева М. Н., Перемитина Т. О. Оценка негативного воздействия аварийных разливов нефти на окружающую природную среду на основе космических снимков // Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 2. – С. 12–17.

4. Беликов В. А., Галянин В. В. Анализ данных дистанционного зондирования Земли для обнаружения нефтяных разливов // Вестник Самарского государственного технического университета. – 2017. – № 2. – С. 7–12.
5. Алексеева М. Н., Перемитина Т. О. Оценка экологических рисков аварийных разливов нефти с использованием спутниковых данных // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – № 6. – С. 525–530.
6. Ульянова Е. А., Пархоменко Н. А. Использование методов дистанционного зондирования при мониторинге земель, загрязненных нефтепродуктами // Актуальные проблемы геодезии, землеустройства и кадастра глазами молодежи. – 2019. – № 3. – С. 268–270.
7. Бондур В. Г. Аэрокосмические методы и технологии мониторинга нефтегазоносных территорий и объектов комплекса // Исследование Земли из космоса. – 2010. – № 6. – С. 395–409.
8. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений: монография. – М : Техносфера, 2010. – 560 с.
9. Филина Н. А., Мазуркин П. М. Мониторинг аварийных разливов нефти // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 3. – С. 62–67.
10. Кирсанов А. А., Перцов А. В. Современное состояние применения данных дистанционного зондирования при геологических и геоэкологических исследованиях // Обзорная информация. Общая и региональная геология, геология морей и океанов, геологическое картирование. – 2000. – № 3 – 77 с.
11. Чистяков Д. А., Нечаева О. А. Экологический мониторинг разливов нефти и нефтепродуктов с использованием летательных аппаратов // Новая наука: проблемы и перспективы. – 2016. – № 3. – С. 18–23.

© К. А. Кожанов, Е. Н. Кулик, 2021