

## Исследование состояния объектов гидрографии в районе нефтеразработок по данным дистанционного зондирования Земли

*А. В. Ткач<sup>1</sup>\*, А. С. Гордиенко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
\*alena.tkach.98@mail.ru

**Аннотация.** В настоящее время происходят тысячи разливов нефтепродуктов и их составляющих, которые имеют различную концентрацию вредных веществ, поэтому одной из важнейших проблем, связанной с экологией, является загрязнение объектов гидрографии. Основным источником загрязнения акваторий являются аварийные разливы нефти, которые происходят в процессе добычи и транспортировки нефтепродуктов. Они представляют собой существенную угрозу загрязнения вод и уменьшения разнообразия морских обитателей. Данная проблема определяет актуальность в исследовании состояния объектов гидрографии в районе нефтеразработок по данным дистанционного зондирования Земли. Цель данной работы - выявление состояния рек Уса и Колва по разновременным космическим снимкам PlanetScope. Объектом исследования является река Уса и ее приток Колва, состояние которых, как показывают исследования, является весьма критичным.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, индексные изображения, дешифрирование, мониторинг, нефтеразлив, космические снимки PlanetScope

## Investigation of the state of hydrographic objects in the area of oil production according to remote sensing of the Earth

*A. V. Tkach<sup>1</sup>\*, A. S. Gordienko<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation,  
\* e-mail: alena.tkach.98@mail.ru

**Abstract.** Currently, there are thousands of spills of petroleum products and their components, which have different concentrations of harmful substances, therefore, one of the most important environmental problems is the pollution of hydrographic facilities. The main source of pollution of water areas are accidental oil spills that occur during the extraction and transportation of petroleum products. They are a significant threat to water pollution and the reduction of species of marine life. This problem determines the relevance in the study of the state of hydrographic objects in the area of oil production according to remote sensing of the Earth. Therefore, the purpose of this work is to identify the state of the Usa and Kolva rivers using PlanetScope space images taken at different times. The object of the study is the Usa River and its tributary Kolva, the state of which, as studies show, is very critical.

**Keywords:** remote sensing of the Earth, index images, recognize, monitoring, oil spill, PlanetScope satellite images

### *Введение*

Применение данных дистанционного зондирования Земли помогает своевременно обнаруживать аварийные разливы нефти. Эти данные способствуют достоверному описанию экологического состояния объектов гидрографии в нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих районах.

Мониторинг нефтедобычи и транспортировки обеспечивает:

- выявление факторов аварийного разлива углеводородов;
- выполнение работ по предотвращению или ликвидации аварийных случаев разлива нефтепродуктов;
- оценку последствий (экологических, экономических и т.д.), а также анализ возникших аварийных ситуаций [1–6].

Кроме того, исследование состояния объектов гидрографии в районе нефтеразработок заключается не только в выявлении разливов нефти и ее влияния на окружающую среду, но и наличие других загрязняющих веществ в воде [7, 8].

Таким образом, цель данного исследования – выявление состояния рек Уса и Колва по разновременным космическим снимкам PlanetScore.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить содержание железа в водоемах;
- выявить участки деградации растительного покрова, происходящей в районе нефтеразработок, а также по берегам загрязненных рек;
- сформулировать выводы и рекомендации.

### *Методы и материалы*

Объектом исследования является река Уса и ее приток Колва, состояние которых, как показывают исследования, является весьма критичным [9].

В качестве материалов были выбраны мультиспектральные космические снимки с пространственным разрешением 3 м. Снимки были получены с сайта «Planet Explorer» на примерно одинаковые даты: 1 августа 2018 года, 13 августа 2019 года, 20 августа 2020 года, также был использован снимок за 14 мая 2021 года. На выбранном участке расположена нефтеперерабатывающая станция «Уса».

Высокое развитие нефтяных промыслов на северо-востоке Европейской части России привело к созданию развитой инфраструктуры и резкому увеличению антропогенной нагрузки на экосистемы, в том числе и на водные. Один из центров экологического неблагополучия в этом регионе – бассейн р. Печора к которому и относится выбранный участок.

Идентифицировать данные утечки можно путем анализа особенностей спектра отражения, так как различные поверхности по-разному поглощают или отражают солнечное излучение. Для водной поверхности актуально сильное поглощение в ближнем инфракрасном диапазоне. Вода, имеющая в своем составе примеси (взвеси, планктоны, соленость и другое), обладает значительным коэффициентом отражения в видимой области, нежели чистая. Данные особенности позволяют определить разливы нефти или промышленные стоки [7–9].

По данным о химическом составе воды из выбранных рек, изложенным в [9], следует, что предельно допустимая концентрация ряда микроэлементов (Al, Fe, Mn и Cu) и нефтепродуктов превышена в несколько раз.

Для оценки степени загрязнения поверхностных вод по космическим снимкам выполнялся расчет индекса AMWI (Acid Mine Water Index) по формуле:

$$AMWI = (RED - BLUE) / (RED + BLUE),$$

где *BLUE* – отражение объекта в синей зоне спектра;

*RED* – отражение объекта в красной зоне спектра.

Данный индекс применяется для оценки содержания железа в водоемах. Высокие значения индекса *AMWI* показывают значительную концентрацию железа в воде [10–11]. Анализ значений индекса выполнялся на разных участках рек Колва и Уса. Для выделения участков деградации растительного покрова, происходящей в районе нефтеразработок, а также по берегам загрязненных рек использован индекс *NDVI* (нормализованный разностный вегетационный индекс), который вычисляется по формуле

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где *NIR* – отражение объекта в ближней инфракрасной зоне спектра;

*RED* – отражение объекта в красной зоне спектра [12–15].

### Результаты

Значения индекса *AMWI*, полученные по разновременным снимкам PlanetScore, представлены в табл. 1. При выявлении участков деградации растительного покрова по разновременным снимкам выполнялся расчет разностных изображений по значениям индекса *NDVI*. Неизменными участками считались те, у которых разница индексов меньше или равна 0,15 по модулю. На рис. 1. представлен пример выявления изменений в растительности вдоль участка трубопровода, произошедших с 2018 по 2019 год.

Таблица 1

Значения индекса *AMWI*

Год	Значение индекса <i>AMWI</i>	
	Максимальное	Среднее
2018	0,48	0,22
2019	0,16	-0,06
2020	0,42	0,15
2021	0,32	0,22

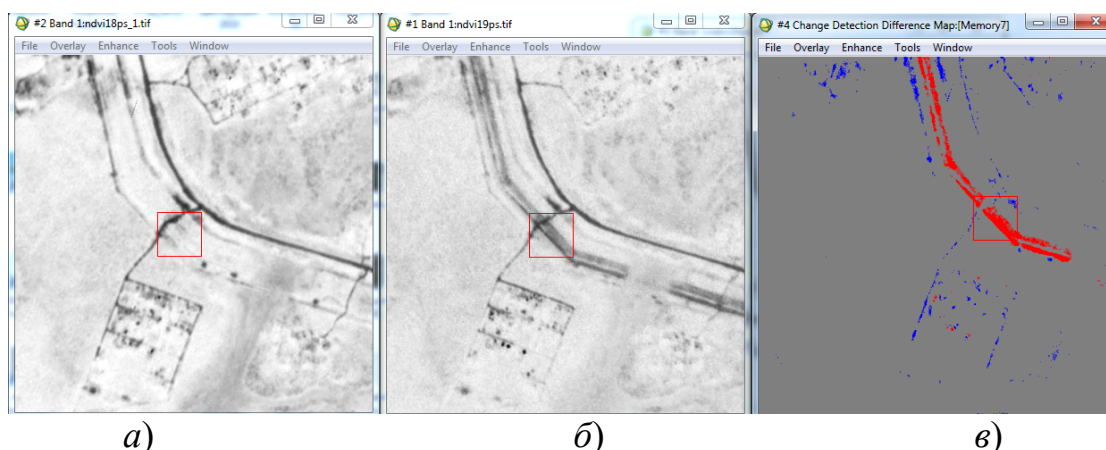


Рис. 1. Выявление изменений по разновременным индексным изображениям:

- а) индексное изображение за 2018 год; б) индексное изображение за 2019 год; в) разностное изображение

На рис. 2. представлен пример выявления деградации растительного покрова в районе нефтеразлива, произошедший с 2018 по 2020 год.

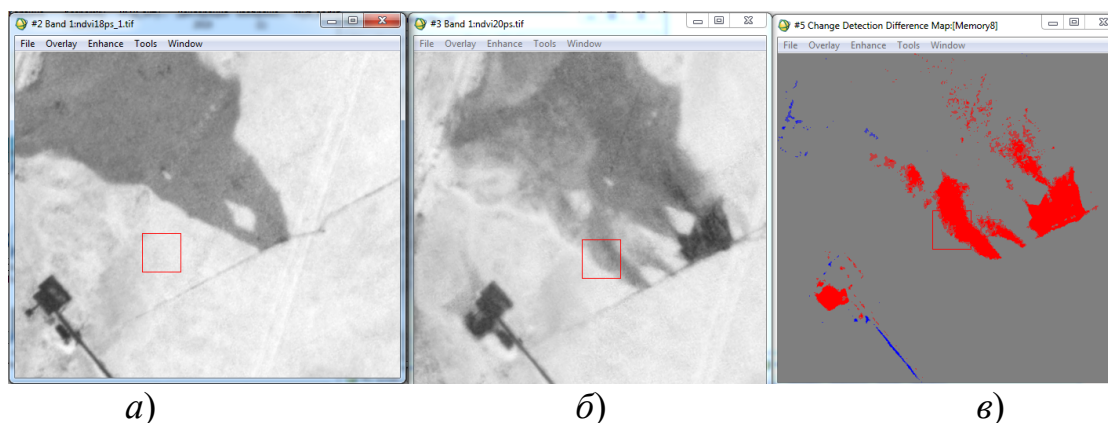


Рис. 2. Выявление деградации растительного покрова в районе нефтеразлива:  
а) индексное изображение за 2018 год; б) индексное изображение за 2020 год;  
в) разностное изображение

### ***Обсуждение***

Положительные значения индекса АМWІ говорят о высокой концентрации железа в реке – чем больше значение, тем больше количество взвешенных частиц в воде. Полученные значения подтверждают полевые исследования химического состава воды из рек Уса и Колва.

На рис. 1в и 2в показаны значения разности индекса NDVI, вычисленные по снимкам PlanetScore. Участкам деградированных земель соответствуют максимальные значения разности вегетационного индекса (от 0,15 и более). Но такие же значения характерны и для сплошных вырубок, которые ведутся на изучаемой территории. Таким образом, индекс NDVI не позволяет отделить участки нарушения лесного покрова вследствие загрязнения почвы нефтеразливами от других видов нарушений.

### ***Заключение***

К сожалению, на значение индекса АМWІ влияет не только содержание железа в воде, но и глубина водоема, наличие других взвешенных частиц в воде, а также водная растительность. Тем не менее, данный подход позволяет выявить загрязнение объектов гидрографии при ограниченном количестве спектральных каналов и наличии априорной информации об объекте исследования.

Применение индекса NDVI позволяет выявить нарушения растительного покрова вызванное как деградацией, так и рубками, а также участки с восстановленной растительностью. Но, чтобы их разделить, необходимо использовать дополнительные методы.

### ***Благодарности***

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема «Разработка теории и технологических решений контроля состояния за-

щитных сооружений при перекачке нефтепродуктов методами активного дистанционного зондирования», № 0807-2020-0002).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние антропогенных факторов на водные экосистемы / П. Я. Пукало, А. В. Базаева, А. В. Беспалый, М. А. Панчишный // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2020. – № 3(38). – С. 33-36.
2. Гордиенко, А. С. Перспективные методы мониторинга последствий разливов нефтепродуктов по данным дистанционного зондирования земли / А. С. Гордиенко // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2021. – № 1. – С. 239-245.
3. Наздрачев, П. И. Применение методов активного дистанционного зондирования для обнаружения разливов нефти / П. И. Наздрачев, А. Ю. Чермошенцев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. – Т. 6. – С. 213-218.
4. Митягина, О.Ю. Лаврова, Т.Ю. Спутниковый мониторинг нефтяных загрязнений морской поверхности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. – № 5. – С. 130–149.
5. Гулиев А. Ш., Хлебникова Т. А. Выявление мест нефтезагрязнений шельфовой зоны по материалам космических съемок (на примере акватории нефтяных камней (Каспий)) // Вестник СГУГиТ. – 2019. – № 3. – С. 52–64.
6. Chaturvedi S.K., Banerjee S. An assessment of oil spill detection using Sentinel 1 SAR-C images / Journal of Ocean Engineering and Science. – 2020. – №5. – С.116–135.
7. Опарин В. Н., Потапов В. П., Гиниятуллина О. Л., Андреева Н. В. Мониторинг загрязнений водного бассейна районов активной угледобычи с использованием данных дистанционного зондирования // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2012. — № 5. — С. 181—188.
8. Мазурова В. Е. Оценка экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного зондирования. — Автореферат уч. ст. канд. техн. наук. МГУ, Москва. — 2009. — 25с.
9. Даувальтер, В. А. Химический состав воды и донных отложений дельты реки Печоры / В. А. Даувальтер // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов : Материалы Всероссийской конференции с международным участием: в 2-х томах, Архангельск, 13–18 сентября 2004 года / Ответственный редактор: Ф.Н. Юдахин. – Архангельск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологических проблем Севера Уральского отделения Российской академии наук, 2004. – С. 225-228.
10. Березина О.А., Шихов А.Н., Абдуллин Р.К. Применение многолетних рядов данных космической съемки для оценки экологической ситуации в угледобывающих районах (на примере ликвидированного Кизеловского угольного бассейна) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.– 2018. – Т. 15. – № 2. – С. 1–15.
11. Тихонова С. А., Стручкова Г. П., Капитонова Т. А. Оценка антропогенного загрязнения водоемов Якутии по спектральным характеристикам космоснимков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 12-1. – С. 213–222. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_121\_0\_213.
12. Гордиенко, А. С. Мониторинг нефтеразливов по космическим снимкам / А. С. Гордиенко, К. Д. Дыбина // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: Материалы VIII Международной научной конференции; электронное научное издание, Красноярск, 14–17 сентября 2021 года Науч. редактор Е.А. Ваганов, отв. ред. Г.М. Цибульский. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2021. - С. 166–169.
13. Кулик, Е. Н. Анализ влияния разлива нефтепродуктов на состояние природных комплексов в условиях Восточной Сибири / Е. Н. Кулик, Д. А. Байкин // Региональные проблемы

дистанционного зондирования Земли : Материалы VIII Международной научной конференции; электронное научное издание, Красноярск, 14–17 сентября 2021 года / Науч. редактор Е.А. Ваганов, отв. ред. Г.М. Цибульский. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2021. – С. 191-194.

14. Байкин, Д. А. Анализ влияния разлива нефтепродуктов на состояние природных объектов по данным дистанционного зондирования Sentinel-2 в условиях Восточной Сибири / Д. А. Байкин, Е. Н. Кулик // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. – Т. 6. – С. 24-31. – DOI 10.33764/2618-981X-2021-6-24-31.

15. Гордиенко А. С. Исследование возможности выявления негативного воздействия разливов нефти на окружающую растительность по данным дистанционного зондирования Земли // Вестник СГУГиТ. – 2021. – № 6. – С. 48–55.

© А. В. Ткач, А. С. Гордиенко, 2022