

УДК 528.8:504(571.1)

DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-4-93-103

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ МУРАВЛЕНКОВСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ, ЯНАО) ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa-siberia.ru; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, профессор кафедры экологии и природопользования

Андрей Геннадьевич Шарикалов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: sharikalov.andrey@gmail.com

В статье анализируется состояние экосистем на территории Муравленковского нефтегазового месторождения, расположенного в Пуровском районе ЯНАО, в подзоне северной тайги Западно-Сибирской равнины. Исследование территории месторождения было проведено с использованием данных дистанционного зондирования Земли. В работе использовались космические снимки Landsat 5 TM 1987 г. и Landsat 7 ETM+ 2007 г. В результате проведенного анализа динамики экосистем на территории Муравленковского лицензионного участка установлено, что процесс освоения нефтегазового месторождения наиболее сильное влияние оказывает на лесные экосистемы, которые являются наиболее ранимыми. В результате разливов нефтепродуктов значительные площади на территории месторождения превращаются в антропогенные пустоши. Проведенное исследование показало, что использование данных дистанционного зондирования Земли дает возможность оперативно проводить геоэкологический мониторинг лицензионных участков добычи углеводородного сырья в таежной зоне Западной Сибири.

Ключевые слова: Западная Сибирь, Ямало-Ненецкий автономный округ, Пуровский район, Муравленковское месторождение, северная тайга, нефтегазодобыча, дистанционное зондирование Земли, экосистема, мониторинг.

Введение

В последние десятилетия проблема поиска надежных методов мониторинга таежных экосистем Западной Сибири приобретает все большую актуальность в связи активной деятельностью в регионе нефтегазодобывающих предприятий. Добыча нефти и газа на территории региона приводит к постоянному росту антропогенного воздействия на природные экосистемы по интенсивности и по площади. Воздействие нефтегазодобычи характеризуется значительным изменением ландшафтов в границах землеотвода и за его пределами [1–4].

Процесс сбора информации о территории, объекте или явлении без непосредственного контакта с ним называется дистанционным зондированием.

Качество материалов дистанционного зондирования Земли, объем и разнообразие этих материалов в последнее время существенно увеличились. К настоящему времени накопленный фонд космических снимков позволяет практически полностью покрыть всю поверхность Земли, при этом для большей части районов имеется возможность многократного перекрытия [5]. Исследование изменения экосистем в зоне воздействия объектов нефтегазового промысла с использованием данных дистанционного зондирования является очень перспективным мониторинговым направлением. Целью дистанционного зондирования в этом случае становится получение достоверной информации о состоянии природных и антропогенно-трансформированных экосистем в целях обеспечения безаварийного функционирования объекта, организация управления природными процессами для достижения оптимального режима природопользования на нарушенных участках, а также поддержка природоохранных мероприятий путем обеспечения территориальной привязки [6–11].

Цель данного исследования заключалась в анализе изменений экосистем на территории Муравленковского нефтегазового месторождения в Пуровском районе Ямало-Ненецкого автономного округа на протяжении 20-летнего периода освоения месторождения. Задачи работы: провести преобразование космических снимков Landsat 5 TM и Landsat 7 ETM+ на территорию Муравленковского месторождения, построить ландшафтно-экологические карты с отражением состояния экосистем в 1987 и 2007 гг.; для каждого класса экосистем на изученной территории определить общую площадь выдела и процент, занимаемый выделом на территории месторождения; проанализировать динамику изменения площадей отдельных выделов за 20 лет разработки Муравленковского лицензионного участка.

Методы и материалы

Муравленковское месторождение расположено к северной части Сургутского свода. Общая площадь месторождения 31 608,6 га. В орографическом отношении Пуровский район представляет собой залесенную равнину, изрезанную сетью долин многочисленных притоков рек Пурпе и Пякупур. При гидрографическом описании этой озерно-аллювиальной равнины отмечается высокая степень ее заболоченности. Абсолютные отметки высот составляют от 80 до 110 м над уровнем моря. Для резко континентального климата территории характерна суровая продолжительная зима и короткое лето. Температура января может опускаться до -55°C , а в летние месяцы подниматься до $+37^{\circ}\text{C}$. Общее количество осадков в год может достигать 500 мм, при глубине снежного покрова до 1 м. Грунты на открытых участках промерзают до глубины 3 м. В районе Муравленковского месторождения отмечено развитие многолетнемерзлых пород. Кровля этих пород залегает на глубине 190–217 м, а толщина достигает 125–170 м [12, 13].

Согласно проведенным геологическим исследованиям, в районе Муравленковского месторождения обнаружены крупные запасы нефти и газа, нахо-

дящегося в верхней части сеноманского пласта. Пробная скважина, пробуренная в 1975 г., позволила добыть первую партию нефти и уточнить объемы запаса газа категории С1, которые, согласно оценке экспертов, исчисляются цифрой в 54,4 млрд м³. Муравленковское нефтяное месторождение было введено в разработку в 1982 г., а в 2010 г. здесь началась добыча газа. Разработкой месторождения занимается компания «Газпромнефть-Муравленко», входящая в структуру компании «Газпромнефть» [14, 15].

Исследование территории месторождения в настоящем исследовании было проведено по данным дистанционного зондирования Земли. В работе использовались космические снимки 1987 г. (Landsat 5 TM) и 2007 г. (Landsat 7 ETM+), полученные в рамках проекта Glovis [16]. Область исследования была ограничена зоной нефтенакопления (пространственным контуром месторождения).

Использованный в данной работе нормализованный относительный индекс растительности NDVI обычно называется плотностью растительности, или вегетационным индексом. Этот простой показатель количества фитомассы в фотосинтетически активном состоянии позволяет оценить плотность растительности в определенной точке изображения и рассчитывается по разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей. Также в работе использовалось преобразование Tasseled Cap [17].

NDVI рассчитывается исходя из того, что на красную область спектра с длинами волн 0,6–0,7 мкм приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а на инфракрасную область с длинами волн 0,7–1,0 мкм приходится область максимального отражения клеточных структур листа. Следовательно, чем больше фотосинтетическая активность, зависящая, как правило, от плотности растительного покрова, тем меньше отражение в красной области спектра и больше – в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет проводить анализ состояния растительности, четко отделяя растительные объекты от всех прочих природных объектов, отражаемых на космических снимках. При использовании нормализованной разности между максимумом и минимумом отражений (а не простого отношения) происходит увеличение точности измерения из-за уменьшения влияния различных явлений: дымки, различий в освещенности снимка, облачности, поглощения радиации атмосферой и некоторых других [18].

Природные объекты, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение NDVI из-за особенностей отражения в областях спектра, которые используются вегетационным индексом, что и позволяет использовать для идентификации растительности этот параметр. Преобразование Tasseled Cap проведено в целях выделения наиболее значимых спектральных признаков на множестве регистрируемых диапазонов, поскольку спектральные яркости отображенных объектов на снимках в различных диапазонах электромагнитного спектра сильно коррелированы, хотя и отличаются. Таким образом, система

измерений не образует ортогональный базис. Преобразование Tasseled Cap позволяет осуществить переход в пространство признаков, связанных со свойствами заданного класса объектов, из пространства измерений спектральных яркостей объектов [19].

Результаты и обсуждение

Базовые векторы были получены при выборе трех типов объектов: «зеленость» – Greenness, яркость – Brightness, влажность – Wetness. Усредненные измерения спектральных яркостей растительности, чистой почвы и водной поверхности использовались для определения расположения соответствующих векторов, характеризующих этих признаки. Коэффициент преобразования Tasseled Cap может быть определен при использовании метода главных компонент или метода Грамма – Шмидта, который дает аналогичный результат. Стандартные коэффициенты преобразования Tasseled Cap для спутниковых снимков Landsat 5 TM и Landsat 7 ETM+ в данном исследовании получены при использовании программного продукта ENVI 4.8. При классификации видов земельных угодий был использован первый и, частично, второй уровень детализации категорий угодий: застроенные земли, территории, лишенные растительного покрова, водные поверхности, лиственные и смешанные леса, хвойные леса, незаселенные заболоченные земли [20]. На рис. 1 и 2 приведены результаты преобразований космических снимков Landsat 5 TM и Landsat 7 ETM+ на территорию Муравленковского месторождения.

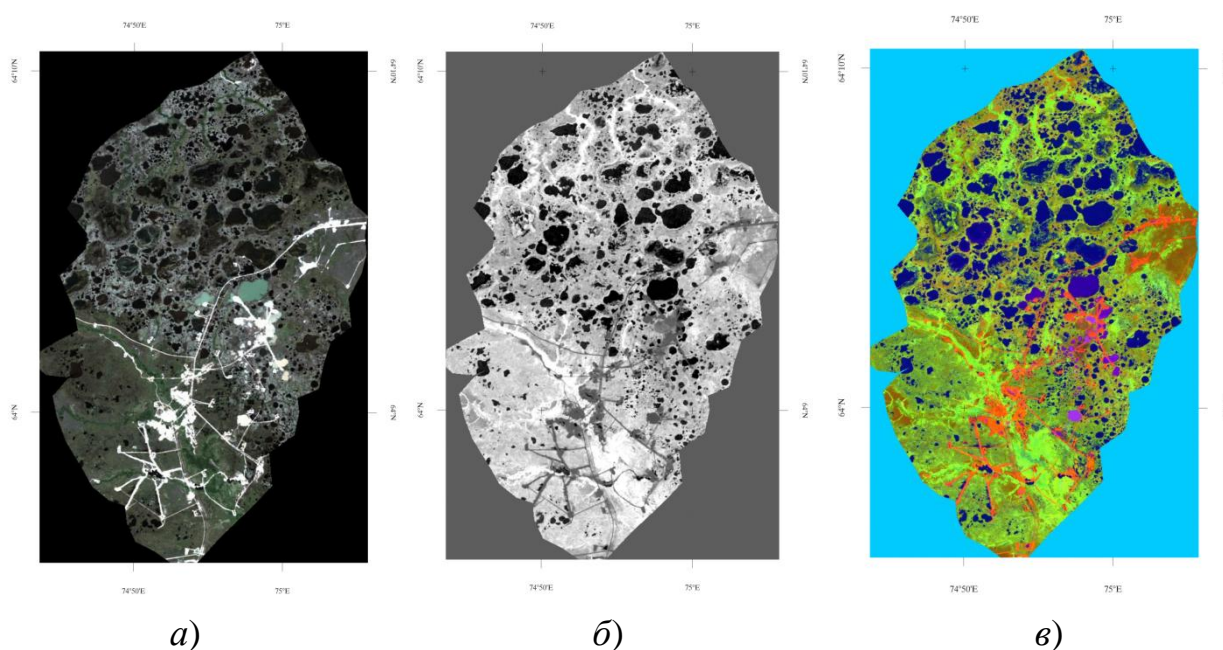


Рис. 1. Результат преобразования космического снимка Landsat 5 TM 1987 г. на территорию Муравленковского месторождения:
а) космоснимок; б) индекс NDVI; в) результат преобразования Tasseled Cap

Период вегетации, условия освещенности, ландшафтные особенности и некоторые другие параметры учитывались для каждого снимка индивидуально в целях более точного подбора пороговых значений критериев разделения типов угодий. Имеющиеся топографические карты на исследуемую территорию масштабов 1 : 500 000–1 : 100 000 использовались для визуального сравнения результата классификации. В случае необходимости проводилось редактирование критериев разделения типов угодий и повторный анализ [10, 21].

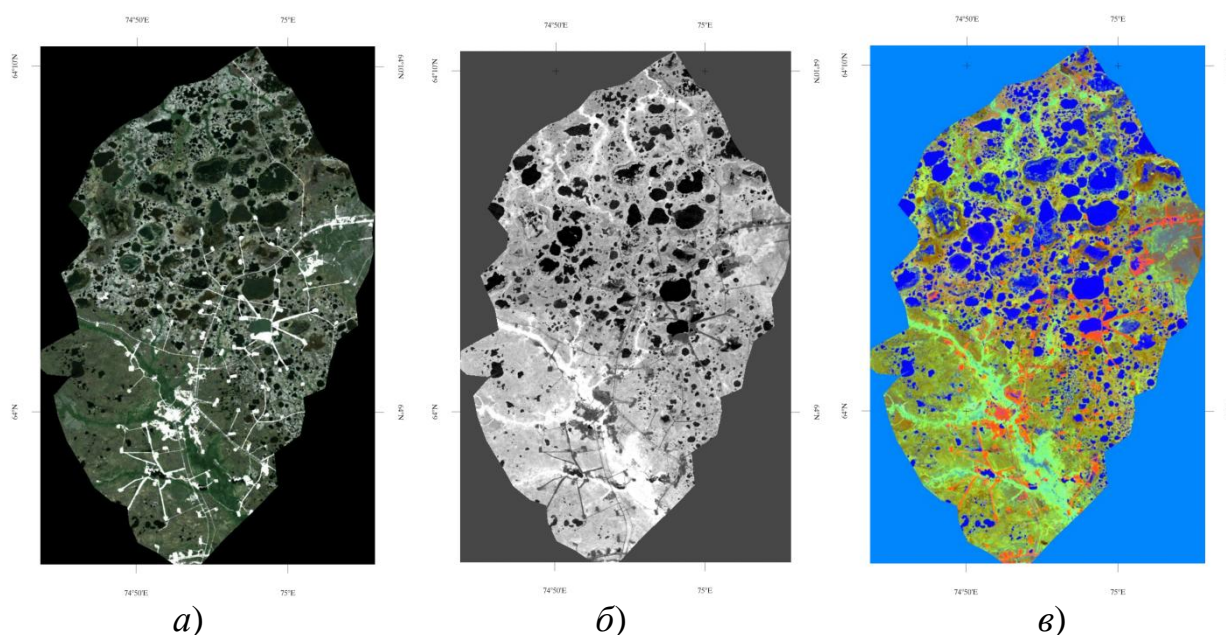


Рис. 2. Результат преобразования космического снимка Landsat 7 ETM+ 2007 г. на территорию Муравленковского месторождения:

а) космоснимок; б) индекс NDVI; в) результат преобразования Tasseled Cap

Состояние экосистем в 1987 и 2007 гг. на территории Муравленковского месторождения было определено на основании двух соответствующих ландшафтно-экологических карт, составленных по результатам работы. Для каждого класса экосистем на изученной территории определялись общая площадь выдела и процент от общей площади территории месторождения (таблица).

Как было показано ранее в наших исследованиях, на территориях месторождений в северной тайге Западной Сибири наиболее ценные и подлежащие охране хвойные леса занимают в среднем 19,8 % площади месторождения, а лиственные леса – 13,3 %. Уже на стадии освоения и подготовки к добыче на всех месторождениях площади хвойных и лиственных лесов снижаются в среднем на 0,48 %. К 10-летнему сроку эксплуатации месторождений площади, занятые хвойными лесами, уменьшаются в среднем на 0,73 %, лиственными лесами – на 0,52 % [22]. За 20 лет освоения Муравленковского нефтегазового месторождения произошло уменьшение доли территории, занятой преимущественно хвойными лесами, на 0,4 %, а смешанными и лиственными лесами –

на 0,2 %. За этот же период площадь водных объектов на территории месторождения практически не изменилась, а доля заболоченных земель увеличилась в общем на 0,8 %, что объясняется эффектом подтопления от отсыпных дорожных дамб, проложенных по заболоченной территории [2].

Площади (S) основных типов экосистем на территории Муравленковского месторождения по данным дистанционного зондирования

| Экосистемы | Характеристики используемой сцены Landsat: колонка 157, ряд 15 | | | | Изменение площади при антропогенном воздействии |
|-------------------------------|--|---------|----------|---------|---|
| | 1987 г. | | 2007 г. | | |
| | S , га | S , % | S , га | S , % | |
| Леса хвойные | 5 107,9 | 16,2 | 5 003,6 | 15,8 | -0,4 |
| Леса лиственные и смешанные | 1 969,2 | 6,2 | 1 902,9 | 6,0 | -0,2 |
| Водные объекты | 7 617,7 | 24,1 | 7 608,2 | 24,1 | 0 |
| Заболоченные земли | 12 646,6 | 40,0 | 12 880,5 | 40,8 | +0,8 |
| Объекты инфраструктуры | 875,6 | 2,8 | 1 014,6 | 3,2 | +0,4 |
| Территории без растительности | 3 391,6 | 10,7 | 3 198,8 | 10,1 | -0,6 |
| Общая площадь | 31 608,6 | 100 | 31 608,6 | 100 | - |

Площади территорий месторождения, находящихся под объектами инфраструктуры, за 20 лет увеличились на 0,4 %, и к 2007 г. электросети, трубопроводы, автомобильные дороги, подъездные дороги, установки компрессорного газлифта, компрессорные станции, кусты эксплуатационных скважин, кустовые и дожимные насосные станции, центральные пункты сбора и первичной подготовки нефти, базы производственного и материально-технического снабжения занимали 3,2 % территории Муравленковского месторождения.

Более 10 % территории лицензионного участка лишено растительности. Это связано, на наш взгляд, с критическим износом оборудования и, как следствие, периодическими масштабными разливами нефти и шламовых растворов [23]. За 20 лет освоения месторождения площадь таких земель, по данным дистанционного зондирования, уменьшилась на 0,6 %, что может быть объяснено частичным зарастанием отдельных территорий, нарушенных на первом этапе освоения месторождения.

Заключение

Существуют различные подходы к анализу антропогенных нарушений таежных экосистем и почв [23–27]. Но, по сути, все техногенные воздействия на территории любого месторождения углеводородного сырья могут быть условно подразделены на разовые и длительные. Разовые воздействия происходят одно-

кратно в короткий отрезок времени (вырубка древостоя, минерализация почвы и создание антропогенных форм рельефа). К длительным техногенным воздействиям относятся: постоянная расчистка обочин дорог, тепловое и химическое воздействие факельных хозяйств, уничтожение почв и растительного покрова, нефтесолевое загрязнение, антропогенные пожары и т. д. [28].

Проведенное исследование показало, что использование данных дистанционного зондирования Земли дает возможность оперативного геоэкологического мониторинга лицензионных участков добычи углеводородного сырья в таежной зоне Западной Сибири, для оценки и разовых, и длительных техногенных воздействий. Современные фотограмметрические программные продукты позволяют максимально упростить этот процесс. В результате проведенного анализа динамики экосистем на территории Муравленковского нефтегазового месторождения установлено, что наиболее сильное влияние процессы освоения и добычи оказывают на экосистемы хвойных, смешанных и лиственных лесов, являющиеся наиболее ранимыми. Значительные по площади участки, диагностируемые как «территории без растительности», превращаются в антропогенные пустоши преимущественно в результате разливов нефтепродуктов и шламовых растворов.

Выводы

Использовавшийся программный продукт ENVI 4.8 при проведении преобразования Tasseled Cap для спутниковых снимков Landsat 5 TM и Landsat 7 ETM+ в данном исследовании позволил получить хорошие результаты.

Топографические карты масштабов 1 : 500 000–1 : 100 000, используемые для визуального сравнения результата классификации, дают возможность провести уточнение ландшафтно-экологических карт, построенных на территорию месторождения. Использование первого и частично второго уровней детализации категорий угодий обеспечивает эффективное определение общей площади выдела и процента, занимаемого выделом на территории месторождения.

При анализе динамики изменения площадей отдельных выделов за 20 лет разработки Муравленковского лицензионного участка было показано, что доли территорий, занятых хвойными и смешанными и лиственными лесами, уменьшились на 0,4 и на 0,2 % соответственно. Доля заболоченных земель и доля площадей, занятых объектами инфраструктуры, увеличилась на 0,8 и 0,4 % соответственно. Более 10 % территории лицензионного участка занято территориями, лишенными растительности, при этом за 20 лет освоения месторождения площадь таких земель, по данным дистанционного зондирования, уменьшилась на 0,6 %, что может быть объяснено частичным зарастанием отдельных территорий, нарушенных на первом этапе освоения месторождения.

Благодарности

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН (финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панов Г. Е., Петряшин Л. Ф., Лысяный Г. Н. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. – М. : Недра, 1986. – 244 с.
2. Васильев С. В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. – Новосибирск : Наука, 1998. – 136 с.
3. Чижов Б. Е. Лес и нефть Ханты-Мансийского автономного округа. – Тюмень : Мандрика, 1998. – 144 с.
4. Зеркаль О. В. Эволюция биосферы прилегающих территорий под влиянием нефтегазового комплекса // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1999. – № 6. – С. 30–32.
5. Чандра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – М. : Техносфера, 2008. – 312 с.
6. Седых А. Д. Экологические проблемы газовой промышленности. – М. : Нефть и газ, 1996. – 25 с.
7. Souza C. M., Roberts D. A., Cochrane M. A. Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires // Remote Sensing of Environment. – 2005. – Vol. 98. – P. 329–343.
8. Kennedy R. E., Yang Z., Cohen W. B. Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr-Temporal segmentation algorithms // Remote Sensing of Environment. – 2010. – Vol. 114. – P. 2897–2910.
9. Zhu Z., Woodcock C. E., Olofsson P. Continuous monitoring of forest disturbance using all available Landsat imagery // Remote sensing of environment. – 2012. – Vol. 122. – 75–91.
10. Якутин М. В., Ван А. В., Шарикалов А. Г. Динамика площадей экосистем на территории Мамонтовского месторождения нефти (Западная Сибирь) // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 167–170.
11. Шарикалов А. Г., Якутин М. В. Анализ состояния таежных экосистем с использованием методики автоматического дешифрирования // Известия Алтайского государственного университета. – 2014. – № 3/1. – С. 123–127.
12. Петрова В. П. Административно-территориальное деление Тюменской области (XVII–XX вв.). – Тюмень : ТюменНИИГипрогаз, 2003. – 304 с.
13. Дудников Н. Ф. Пуровский вариант: книга, посвященная 65-летию Пуровского района. – М. : Виллад, 1996. – 158 с.
14. Муравленковское месторождение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mklogistic.ru/muravlenkovskoe_mestorojdenie.
15. Клещев К. А., Шеин В. С. Нефтяные и газовые месторождения России: справочник. В 2 кн. Кн. 2. Азиатская часть России. – М. : ВНИГНИ, 2010. – 711 с.
16. Achieving sup-pixel geolocation accuracy in support of MODIS land science / R. E. Wolfe, M. Nishihama, A. J. Fleig, J. A. Kuiper, D. P. Roy, J. C. Storey, F. S. Patt // Remote Sensing of Environment. – 2002. – Vol. 83. – P. 31–49.
17. Asner G. P., Hicke J. A., Lobell D. B. Per-pixel analysis of forest structure. Vegetation indices, spectral mixture analysis and canopy reflectance modeling // Remote Sensing of Forest Environments. Concepts and Case Studies. – Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2003. – P. 209–254.
18. Gis-Lab: NDVI. Теория и практика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>.
19. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М. : Техносфера, 2006. – 1072 с.
20. Трифонова Т. А., Мищенко Н. В., Краснощеков А. Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях : учеб. пособие для вузов. – М. : Академический Проект, 2005. – 352 с.

21. Шарикалов А. Г., Якутин М. В. Геоэкологический анализ состояния антропогенных экосистем // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 95–100.
22. Шарикалов А. Г., Якутин М. В. Динамика лесных экосистем на территориях месторождений углеводородного сырья в подзоне северной тайги Западной Сибири // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 2. – С. 61–66.
23. Солнцева Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. – М. : Изд-во МГУ, 1998. – 376 с.
24. Бакланов А. В., Медведев А. Ю., Исмагилов Т. Р. Геоинформационное моделирование, экологического состояния территорий нефтяных месторождений // Криосфера Земли. – 1998. – Т. 2, № 3. – С. 61–69.
25. Бузмаков С. А., Костарев С. М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. – Пермь : Изд-во Пермского университета, 2003. – 171 с.
26. Ермилов О. М., Грива Г. И., Москвин В. И. Воздействие объектов газовой промышленности на северные экосистемы и экологическая стабильность геотехнических комплексов в криолитозоне. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. – 148 с.
27. Московченко Д. В. Нефтегазодобыча и окружающая среда: эколого-геохимический анализ Тюменской области. – Новосибирск : Наука, 1998. – 112 с.
28. Соромотин А. В. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири. – Тюмень : Изд-во Тюменского государственного университета, 2010. – 320 с.

Получено 06.06.2019

© М. В. Якутин, А. Г. Шарикалов, 2019

ECOLOGICAL SITUATION ON THE TERRITORY OF MURAVLENKO OIL FIELD (WESTERN SIBERIA, YNAO) BASED ON REMOTE SENSING DATA

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 8/26 Academician Lavrentiev Avenue, Novosibirsk, 630090, Russia, D. Sc., Assistant Professor, Leading Researcher, Laboratory of Biogeocenology, phone: (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa-siberia.ru; Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Professor, Department of Ecology and Environmental Management

Andrei G. Sharikalov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D. Student, Department of Ecology and Environmental Management, phone: (383)361-08-86, e-mail: sharikalov.andrey@gmail.com

The article analyzes the state of ecosystems on the territory of Muravlenkovsky oil and gas field, located in the Purovsky district of YNAO, in the Northern taiga subzone of the West Siberian plain. The study of the field was carried out using remote sensing data of the Earth. The work used satellite images of Landsat 5 TM in 1987 and Landsat 7 ETM+ in 2007. As a result of the analysis of the ecosystem dynamics on the territory of the Muravlenkov license area, it was found that the process of oil and gas field development has the strongest impact on forest ecosystems, which are the most vulnerable. As a result of oil spills, large areas of the field are turned into man-made wastelands. The study showed that the use

of remote sensing Data makes it possible to conduct geocological monitoring of license areas of hydrocarbon production in the taiga zone of Western Siberia.

Key words: Western Siberia, Yamal-Nenets Autonomous district, PU-rovsky district, Muravlenkovskoye oil and gaz field, Northern taiga, oil and gas reserves, remote sensing of the Earth, ecosystem, monitoring.

REFERENCES

1. Panov, G. E., Petryashin, L. F., & Lisyanyi, G. N. (1986). *Okhrana okruzhayushchey sredy na predpriyatiyakh neftyanoy i gazovoy promyshlennosti [Environmental protection at the enterprises of the oil and gas industry]*. Moscow: Nedra Publ., 244 p. [in Russian].
2. Vasiljev, S. V. (1998). *Vozdeystvie neftegazodobyvayushchey promyshlennosti na lesnye i bolotnye ekosistemy [Impact of oil and gas industry on forest and swamp ecosystems]*. Novosibirsk: Nauka Publ., 136 p. [in Russian].
3. Chizhov, B. E. (1998). *Les i neft' Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga [Forest and oil in the Khanty-Mansi Autonomous district]*. Tyumen: "Mandrika" Publ., 144 p. [in Russian].
4. Zerkal', O. V. (1999). Evolution of the biosphere of adjacent territories under the influence of the oil and gas complex. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin]*, 6, 30–32 [in Russian].
5. Chandra, A. M., & Ghosh, S. K. (2008). *Dstantsionnoe zondirovanie i geograficheskie informatsionnye sistemy [Remote sensing and geographical information system]*. Moscow: Tekhnosfera Publ., 312 p. [in Russian].
6. Sedih, A. D. (1996). *Ekologicheskie problemy gazovoy promyshlennosti [The environmental problems of the gas industry]*. Moscow: Neft' i gaz Publ., 25 p. [in Russian].
7. Souza, C. M., Roberts, D. A., & Cochrane, M. A. (2005). Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires. *Remote Sensing of Environment*, 98, 329–343.
8. Kennedy, R. E., Yang, Z., & Cohen, W. B. (2010). Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr-Temporal segmentation algorithms. *Remote Sensing of Environment*, 114, 2897–2910.
9. Zhu, Z., Woodcock, C. E., & Olofsson, P. (2012). Continuous monitoring of forest disturbance using all available Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 122, 75–91.
10. Yakutin, V. M., Van, A. V., & Sharikalov, A. G. (2013). Dynamics of the areas ecosystems on the territory of Mamontov oil field (West Siberia). *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 4/S, 167–170 [in Russian].
11. Sharikalov, A. G., & Yakutin, M. V. (2014). Analysis of the state of taiga ecosystems using the methodology of automatic decoding. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta [News of Altai State University]*, 3/1, 123–127 [in Russian].
12. Petrov, V. P. (2003). *Administrativno-territorial'noe delenie Tyumenskoy oblasti (XVII–XX vv.) [Administrative and territorial division of the Tyumen region (XVII–XX centuries)]*. Tyumen: TyumenNIIGiprogaz, 304 p. [in Russian].
13. Dudnikov, N. F. (1996). *Purovskiy variant: kniga, posvyashchennaya 65-letiyu Purovskogo rayona [Purovsky version: a book dedicated to the 65th anniversary of the Purovsky district]*. Moscow: Vilad Publ., 158 p. [in Russian].
14. Muravlenko field (n. d.). Retrieved from http://mklogistic.ru/muravlenkovskoe_mestorojdenie [in Russian].
15. Kleshchev, K. A., & Shein, V. S. (2010). *Neftyanye i gazovye mestorozhdeniya Rossii: spravochnik: Kn. 2, Aziatskaya chast' Rossii [Oil and gas fields of Russia: Vol. 2, Asian part of Russia]*. Moscow: VNIGNI Publ., 711 p. [in Russian].

16. Wolfe, R. E., Nishihama, M., Fleig, A. J., Kuypers, J. A., Roy, D. P., Storey, J. C., & Patt, F. S. (2002). Achieving sup-pixel geolocation accuracy in support of MODIS land science. *Remote Sensing of Environment*, 83, 31–49.
17. Asner, G. P., Hicke, J. A., & Lobell D. B. (2003). Per-pixel analysis of forest structure. Vegetation indices, spectral mixture analysis and canopy reflection modeling. In *Remote Sensing of Forest Environments. Concepts and Case Studies* (pp. 209–254). Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers.
18. Gis-Lab: NDVI. Theory and practice (n. d.). Retrieved from <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>.
19. Gonzalez, R., & Woods, R. (2006). *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy [Digital image processing]*. Moscow: Tekhnosfera Publ., 1072 p. [in Russian].
20. Trifonova, T. A., Mishchenko, N. V., & Krasnoshchekov, A. N. (2005). *Geoinformatsionnye sistemy i distantsionnoe zondirovanie v ekologicheskikh issledovaniyakh [Geographic information systems and remote sensing in environmental studies: textbook for universities]*. Moscow: Academic Project, 352 p. [in Russian].
21. Sharikalov, A. G., & Yakutin, M. V. (2011). Geoecological analysis of the state of anthropogenic ecosystems. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 3(16), 95–100 [in Russian].
22. Sharikalov, A. G., & Yakutin, M. V. (2012). Dynamics of forest ecosystems in the territories of hydrocarbon deposits in the subzone of the Northern taiga of Western Siberia. In *Sbornik materialov Interexpo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2. Distantsionnye metody zondirovaniya Zemli i fotogrammetriya, monitoring okruzhayushchey sredy, geoekologiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2012: International Scientific Conference: Vol. 2. Remote Sensing Methods and Photogrammetry, Environmental Monitoring, Geoecology]* (pp. 61–66). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
23. Solntseva, N. P. (1998). *Dobycha nefi i geokhimiya prirodnykh landshaftov [Oil extraction and geochemistry of natural landscapes]*. Moscow: MSU Publ., 376 p. [in Russian].
24. Baklanov, A. V., Medvedev, A. Yu., & Ismagilov, T. R. (1998). Geoinformation modeling of the ecological state of the territories of oil deposits. *Kriosfera Zemli [Cryosphere of the Earth]*, 2(3), 61–69 [in Russian].
25. Buzmakov, S. A., & Kostarev, S. M. (2003). *Tekhnogennye izmeneniya komponentov prirodnoy sredy v nefte dobyvayushchikh rayonakh Permskoy oblasti [Technogenic changes in the components of the natural environment in the oil-producing areas of the Perm region]*. Permian: Permian University Publ., 171 p. [in Russian].
26. Ermilov, O. M., Griva, G. I., & Moskvina, V. I. (2002). *Vozdeystvie ob'ektov gazovoy promyshlennosti na severnye ekosistemy i ekologicheskaya stabil'nost' geotekhnicheskikh kompleksov v kriolitozone [The impact of the gas industry in Northern ecosystems and the ecological stability of geotechnical systems in cryolithozone]*. Novosibirsk: SB RAS Publ., 148 p. [in Russian].
27. Moskovchenko, D. V. (1998). *Neftegazodobycha i okruzhayushchaya sreda: ekologo-geokhimicheskiy analiz Tyumenskoj oblasti [Oil and gas production and environment: ecological and geochemical analysis of the Tyumen region]*. Novosibirsk: Nauka Publ., 112 p. [in Russian].
28. Soromotin, A. V. (2010). *Vozdeystvie dobychi nefi na taezhnye ekosistemy Zapadnoy Sibiri [Impact of oil production on the taiga ecosystems of Western Siberia]*. Tyumen: Tyumen State University Publ., 320 p. [in Russian].

Received 06.06.2019

© M. V. Yakutin, A. G. Sharykalov, 2019