

УДК 504.064

Комплексный подход к оценке влияния антропогенных и природных факторов на окружающую среду нефтегазодобывающих территорий

Т.О. Перемитина, И.Г. Яценко*

*Институт химии нефти СО РАН
634021, г. Томск, пр. Академический, 4*

Поступила в редакцию 11.02.2015 г.

Разработан комплексный подход к оценке воздействия различных факторов на состояние окружающей среды нефтегазодобывающих территорий. Подход основан на применении данных дистанционного зондирования Земли. Проведена оценка состояния растительного покрова нефтедобывающих территорий Самотлорского, Ватинского, Вахского (Ханты-Мансийский автономный округ) и Советского (Томская область) нефтяных месторождений.

Ключевые слова: окружающая среда, космические снимки, геоинформационные системы, месторождения нефти; environment, satellite images, geoinformation systems, oil field.

Основной особенностью нефтедобывающих территорий является техногенная нагрузка нефтегазового комплекса на окружающую среду, связанная с разведкой, промышленной разработкой нефтяных и газовых месторождений, транспортировкой, переработкой, хранением нефти и нефтепродуктов [1]. Сотни тысяч скважин, десятки тысяч километров трубопроводов, подверженных коррозии, компрессорные станции и другие объекты являются потенциальными источниками загрязнения нефтепродуктами земельных ресурсов при аварийных ситуациях.

Для экологической оценки воздействия как антропогенных, так и природных факторов на природную среду разработан комплексный подход с использованием данных дистанционного зондирования Земли. В Научно-исследовательском информационном центре Института химии нефти СО РАН сформирована коллекция космических снимков (КС) и тематических продуктов MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer – сканирующий спектрорадиометр среднего разрешения) для исследуемой территории Западной Сибири за период 2000–2014 гг.

Тематические продукты созданы зарубежными специалистами по результатам обработки КС, полученных со спутника Terra сканером MODIS, и цифровых моделей рельефа. Материалы съемки MODIS имеют широкий спектр применения для исследования атмосферы, водных объектов и суши [2, 3]. Данные MODIS по всей поверхности Земли посту-

пают со спутника Terra каждые 2 дня в 36 спектральных зонах (в диапазоне 0,405–14,385 мкм) с разрешением 250–1000 м, что обеспечивает моделирование в глобальном и региональном масштабах. Предназначение системы MODIS состоит в сборе данных для калиброванных глобальных интерактивных моделей Земли как единой системы. В будущем предполагается применение интерактивных моделей для прогнозирования глобальных изменений окружающей природной среды в связи с антропогенными влияниями.

В предложенном подходе для экологической оценки воздействия различных факторов на природную среду используется продукт MOD13Q, обозначаемый далее MODIS NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), – это вегетационный индекс за 16-дневный период, рассчитанный зарубежными специалистами Goddard Distributed Active Archive Center (DAAC) на базе данных MODIS.

Подход к оценке нарушений нефтедобывающих территорий с использованием продукта NDVI MODIS состоит в расчете [4]:

1) средних значений NDVI по типам растительного покрова и антропогенным модификациям, выделенным на КС Landsat;

2) коэффициента энтропии.

Вегетационные индексы NDVI позволяют наглядно охарактеризовать состояние и изменение во времени растительного покрова нефтедобывающих территорий. Вегетационный индекс NDVI широко применяется для определения изменений состояния растительного покрова по разновременным снимкам. Значение индекса NDVI является отношением разности яркостей пикселя, определенных в инфра-

* Татьяна Олеговна Перемитина (pto@ipc.tsc.ru); Ирина Германовна Яценко (src@ipc.tsc.ru).

красном и красном диапазонах спектра, к их сумме и рассчитывается по формуле [4, 5]:

$$NDVI = \frac{P_{nir} - P_{red}}{P_{nir} + P_{red}},$$

где P_{nir} и P_{red} — значения яркости пикселя в ближнем инфракрасном и красном диапазонах соответственно.

В красной области спектра находится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а в инфракрасной области спектра — максимум отражения клеточными структурами листа (рис. 1).

Как правило, для густой растительности NDVI составляет 0,7, для разреженной растительности — 0,3–0,5, для открытой почвы — 0,025 и для искусственных материалов — -0,5 [6].

Апробация предложенного подхода проведена для техногенно нарушенных территорий Самотлорского, Ватинского, Вахского (Ханты-Мансийский автономный округ), Советского (Томская область) нефтяных месторождений.

Результаты показали, что наибольшие значения NDVI рассчитаны для темнохвойных и мелко-

лиственных лесов в июле 2000, 2001 и 2007 гг. (NDVI = 0,8, рис. 2, б точки 1 и 2), что означает хорошее (неугнетенное) состояние растительности.

Наименьшие значения NDVI наблюдаются в мае 2007 г. для пойменной растительности (NDVI = 0,2, рис. 2, а, точка 3), что можно объяснить фактом обводнения поймы р. Оби на Самотлорском и Советском месторождениях, а также в местах нахождения техногенных грунтов коридоров нефтепроводов.

В сентябре 2000 г. из-за природных (возможно и антропогенных) причин наблюдаются минимальные значения NDVI всех типов растительного покрова и механически нарушенных участков.

Вторым способом оценки механических нарушений нефтедобывающих территорий в зоне воздействия добычи и транспорта нефти с использованием продукта NDVI MODIS является расчет коэффициентов энтропии. Расчет коэффициента энтропии применяется для оценки степени однородности и упорядоченности картографического изображения и относится к методам математико-картографического моделирования [7].

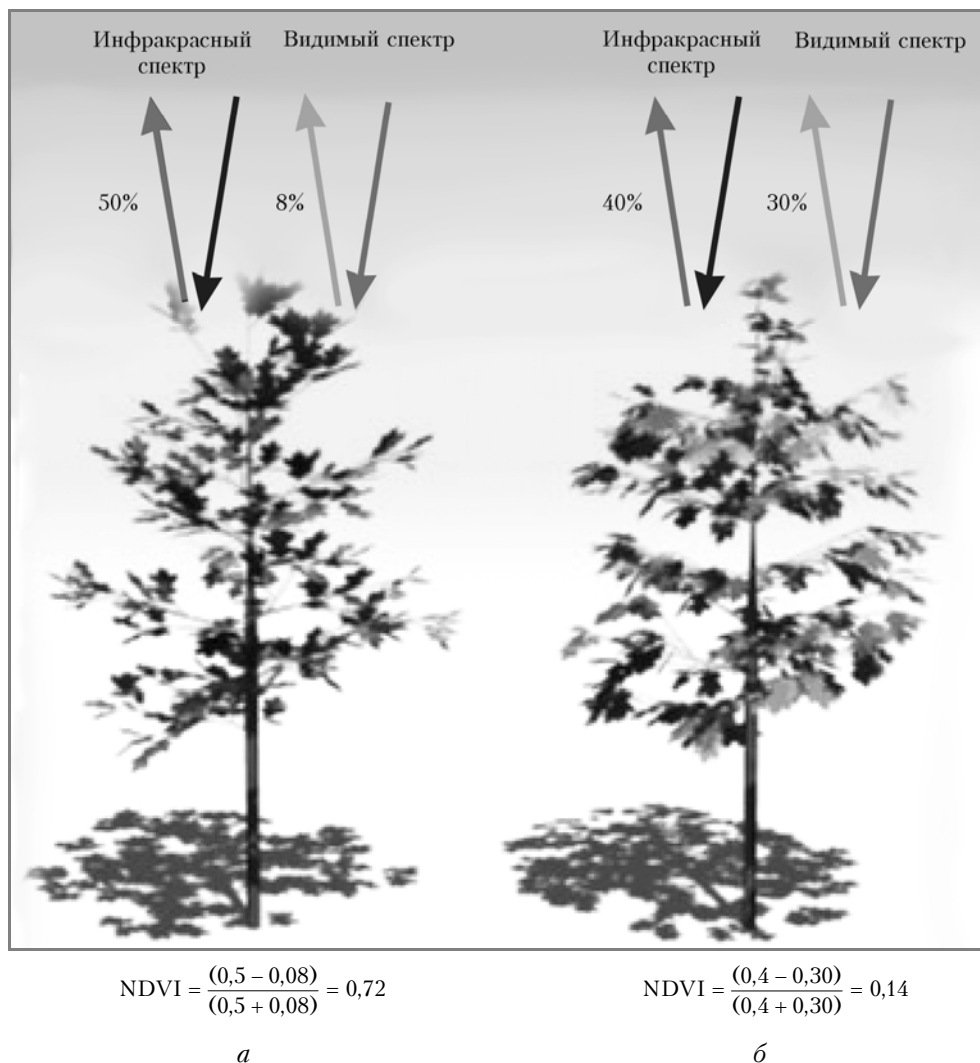


Рис. 1. Расчет нормализованного вегетационного индекса: густая растительность (а), угнетенная растительность (б)

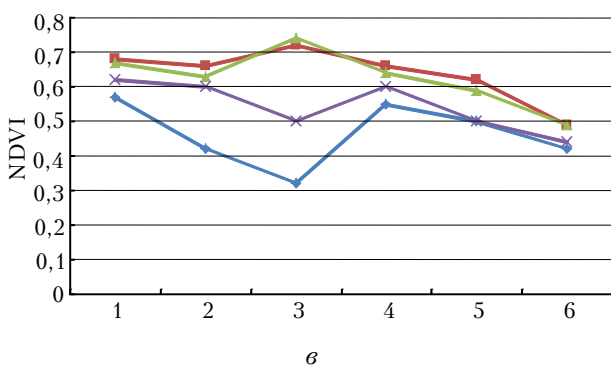
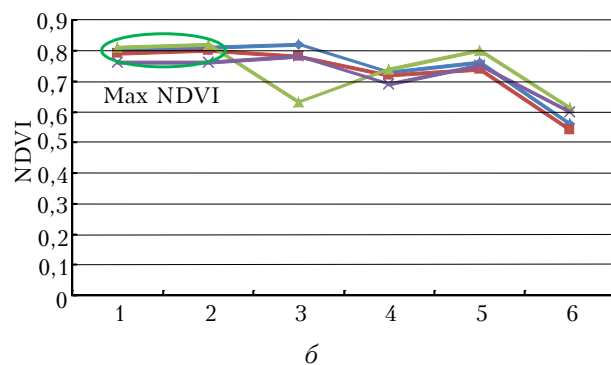
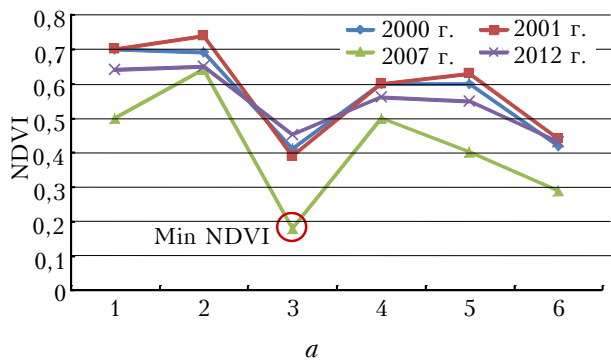


Рис. 2. Средние значения NDVI, полученные в мае (а), июле (б), сентябре (в) разных лет для типологических единиц растительного покрова и механически нарушенных участков: 1 – хвойный лес; 2 – мелколиственный лес; 3 – пойменные экосистемы; 4 – моховые и травяные болота; 5 – вторичная растительность на месте механических нарушений лесов и болот; 6 – техногенные грунты коридоров нефтепроводов

Известно [7], что чем территория однородней и упорядоченней, тем коэффициент энтропии ближе к единичному значению. При сильной неоднородности ландшафта и наличии множества контуров механически нарушенной растительности (газей, участков с дорогами, нефтепроводов, объектов нефтедобычи и населенных пунктов) коэффициент энтропии приближается к нулевому значению.

Алгоритм расчета коэффициента энтропии для некоторого картографического изображения А был программно реализован в среде геоинформационной системы ArcView и рассчитан по формуле [7]:

$$H(A) = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n \omega_i \log_2 \omega_i}{\log_2 n} \right),$$

где ω_i – отношение площади данного i -го контура к площади всех контуров на карте; n – количество контуров.

Из рис. 3 следует, что самая высокая неоднородность территории с коэффициентом энтропии $H = 0,19$ наблюдается в мае 2007 г. (см. рис. 2, а) и в сентябре 2000 г., где коэффициент энтропии составляет всего $H = 0,27$ (см. рис. 2, в), что объясняется наиболее низкими значениями NDVI из всех рассмотренных лет и их наибольшей вариативностью по типам растительного покрова и техногенно нарушенным участкам.

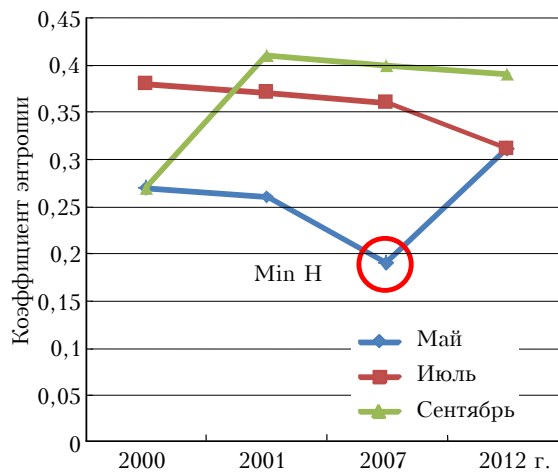


Рис. 3. Коэффициенты энтропии за вегетационный период 2000–2012 гг.

Полученные результаты показали, что предложенный подход позволяет проводить оценку воздействия на состояние растительного покрова исследуемых нефтедобывающих территорий Западной Сибири с учетом ее особенностей – заболоченность, труднодоступность и отсутствие возможностей проведения наземных исследований. Подход может быть использован для выявления экологических проблем труднодоступных территорий, анализа экологической обстановки и принятия соответствующих мер по ее улучшению.

1. *Экологический мониторинг: Доклад о состоянии и охране окружающей среды Томской области.* Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». Томск: Дельтаплан, 2013. 172 с.
2. *Афонин С.В., Белов В.В., Энгель М.В.* Анализ региональных спутниковых данных MODIS Products // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2005. Т. 2, № 2. С. 336–342.
3. *Афонин С.В.* К вопросу о применимости восстановленных из космоса метеоанализов MODIS для атмосферной коррекции спутниковых ИК-измерений // Оптика атмосф. и океана. 2010. Т. 23, № 8. С. 684–690.

4. *Алексеева М.Н., Перемитина Т.О., Яценко И.Г.* Оценка влияния нефтеразливов на состояние растительного покрова и приземного слоя атмосферы с использованием космических снимков // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 7. С. 606–610.
5. *Токарева О.С., Полищук Ю.М.* Оценка экологического риска воздействия атмосферного загрязнения на растительность // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 8. С. 717–721.
6. *Черепанов А.С., Дружинина Е.Г.* Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геомадика. 2009. № 3. С. 28–32.
7. *Берлянт А.М.* Картографический метод исследования. М.: Изд-во МГУ, 1978. 249 с.

T.O. Peremitina, I.G. Yashchenko. The complex approach to evaluation of the influence of anthropogenic and natural factors on oil and gas areas.

Monitoring of vegetation cover of oil-producing areas of Western Siberia for the period 2000–2012 using topical products MODIS is developed. A method for assessing the impact of various factors on the ecology of oil and gas production areas is based on the remote sensing of vegetation by the value of the coefficient of NDVI. Approbation of the proposed technique performed to technologically disturbed areas of Samotlorsky, Vatinskaya, Vahsky (Khanty-Mansiysk), Soviet (Tomsk region) oil deposits.