

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Татьяна Олеговна Перемитина

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт химии нефти сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН), 634055, Россия, Томск, пр. Академический, 4, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел: (382)249-22-27, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Ирина Германовна Яценко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, 634055, г. Томск, пр. Академический, 4, кандидат геолого-минерал. наук, зав. лаборатории, тел. (3822)-49-18-11, e-mail: sric@ipc.tsc.ru

В статье рассмотрены возможности применения спутниковых данных для решения задач мониторинга экологического состояния нефтедобывающих территорий Западной Сибири. В анализ включены спутниковые данные MODIS среднего пространственного разрешения, которые сочетают в себе преимущества свободного доступа к данным и приемлемое для обнаружения изменений состояния растительного покрова пространственное разрешение. Рассчитаны временные ряды значений вегетационного индекса EVI (Enhanced Vegetation Index) растительного покрова территорий углеводородных месторождений Томской области: Арчинского, Шингинского, Казанского, Южно-Табаганского и Западно-Останинского за вегетационные периоды с 2007 по 2019 гг. Анализ динамики изменения средних значений усовершенствованного индекса EVI позволил определить минимальные и максимальные значения индекса для исследуемых территорий, а также выявить тенденции увеличения его значений за 10 летний период.

Ключевые слова: спутниковые данные, вегетационный индекс, динамика изменения растительности, геоинформационные системы, месторождения нефти, окружающая среда.

REMOTE MONITORING OF ECOLOGICAL STATE OF OIL-PRODUCING AREAS OF TOMSK REGION

Tatiana O. Peremitina

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 4, Akademicheskoy Avenue, Tomsk, 634021, Russia, Ph.D., Senior Researcher, phone: (382)249-18-11, e-mail: pto@ipc.tsc.ru

Irina G. Yashchenko

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 4, Akademicheskoy Avenue, Tomsk, 634021, Russia, Ph.D., Head of the Laboratory, phone: (382) 249-18-11, e-mail: sric@ipc.tsc.ru

The article discusses the possibility of using satellite data to solve problems of monitoring the environmental status of oil producing territories in Western Siberia. The analysis includes MODIS satellite data of medium spatial resolution, which combine the advantages of free access to data and spatial resolution that is acceptable for detecting changes in the state of vegetation cover. The time series of the values of the vegetation index EVI (Enhanced Vegetation Index) of hydrocarbon deposits

vegetation cover in the Tomsk Region: Archinsky, Shinginsky, Kazan, South Tabagansky and West Ostaninsky for the growing periods from 2007 to 2019 were calculated. The analysis of the dynamics of changes in the average values of the advanced EVI index allowed determining the minimum and maximum values of the index for the studied territories, as well as to identify trends in the increase of its values over a 10-year period.

Key words: satellite data, vegetation index, vegetation dynamics, geoinformation systems, oil fields, environment.

Введение

Для оценки экологического состояния труднодоступных территорий, таких как Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция, перспективно и экономически оправданно использование спутниковых данных. Широкое применение спутниковых данных обусловлено их пространственным охватом, временным и спектральным разрешением изображений, актуальностью (своевременной доступностью) для исследователей и возможностью бесплатного использования. Состояние растительного покрова – индикатор уровня антропогенной нагрузки на природную среду. Характерным признаком состояния растительности является ее спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями в отражении излучения разных длин волн. Расчет вегетационных индексов по спутниковым данным позволяет анализировать состояние растительного покрова на протяжении всего вегетационного периода исследуемых территорий [1]. Загрязнение нефтью влияет на весь комплекс морфологических, физических, физико-химических, биологических свойств почвы, определяющих ее плодородные и экологические функции. Изменение свойств почвы при загрязнении нефтью, а так же процессы ее миграции, аккумуляции и метаболизма зависят от физико-химического состава и количества пролитой нефти, почвенно-климатических и ландшафтных условий, типа почвы, наличия тех или иных биохимических барьеров, каналов миграции и диффузии в почвенном профиле. Особому риску подвержены территории регионов, где располагаются месторождения, и ведется добыча нефти.

Цель настоящей работы заключается в оценке состояния растительного покрова углеводородных месторождений Томской области: Арчинского, Шингинского, Казанского, Южно-Табаганского и Западно-Останинского за вегетационные периоды с 2007 по 2019 гг. с использованием свободно распространяемых спутниковых данных.

Методы и материалы

Для исследования динамики изменений состояния растительного покрова территорий нефтедобычи исходными данными послужили спутниковые данные MODIS (продукт MOD13Q1), представленные растровыми 16-дневными композициями с пространственным разрешением 250 м [3]. Широкая полоса обзора обеспечивает возможность ретроспективного анализа состояния растительного покрова исследуемых территорий за многолетний период. В анализ включены

временные ряды значений вегетационного индекса EVI (Enhanced Vegetation Index), который имеет преимущества в задачах мониторинга изменения растительности, поскольку влияние почвы и атмосферы в значениях этого индекса минимизировано [1].

Данные значений индекса EVI рассчитываются по следующей формуле:

$$EVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{(\rho_{nir} + C_1) \cdot (\rho_{red} - C_2) \cdot (\rho_{blue} + L)} \cdot (1 + L),$$

где ρ_{blue} – спектральная яркость поверхности в синем диапазоне; L – поправочный коэффициент, учитывающий влияние почвы; C1, C2 – коэффициенты аэрозольной устойчивости, использующие синий канал для коррекции аэрозольного влияния в красном канале.

Диапазон значений индекса варьируется от минус 1 до 1; для зеленой растительности индекс принимает значения от 0,2 до 0,8 [1, 2].

Результаты

Рассчитаны значения индекса EVI для пяти углеводородных месторождений Томской области: Арчинского, Шингинского, Казанского, Южно-Табаганского и Западно-Останинского. Дополнительно для проверки корректности расчетов в анализ включена фоновая территория Государственного природного заказника областного значения «Оглатский» (Оглатский заказник) Каргасокского района Томской области. Площадь заказника составляет 100 тыс. га, доминируют смешанные леса.

Средствами геоинформационной системы ArcGis 10.2.2 созданы полигональные векторные слои территорий месторождений и фоновой территории. На рис. 1 показаны территории исследуемых нефтегазовых месторождений и фонового участка.

Анализ динамики значений индекса EVI был проведен для 209-го календарного дня в году (28 июля), т.е. в результате 16-дневного усреднения спутниковых данных с 13 по 28 июля для каждого года. Расчет индекса EVI проведен с 2007 по 2019 гг. за исключением данных 2015 г. из-за низкого качества спутниковых данных.

На рис. 2 показана динамика изменения средних значений индекса EVI для каждой исследуемой территории за 12 лет.

Расчет средних значений для каждой территории проводился с помощью инструмента «Зональная статистика» (Zonal Statistics) геоинформационной системы ArcGis 10.2.2.

Как видно из рис. 2, максимальное значение (0,5429) вегетационного индекса EVI соответствует состоянию растительности фоновой территории Оглатского заказника в 2009 г., что свидетельствует о корректности полученных значений индекса.



Рис. 1. Исследуемые территории

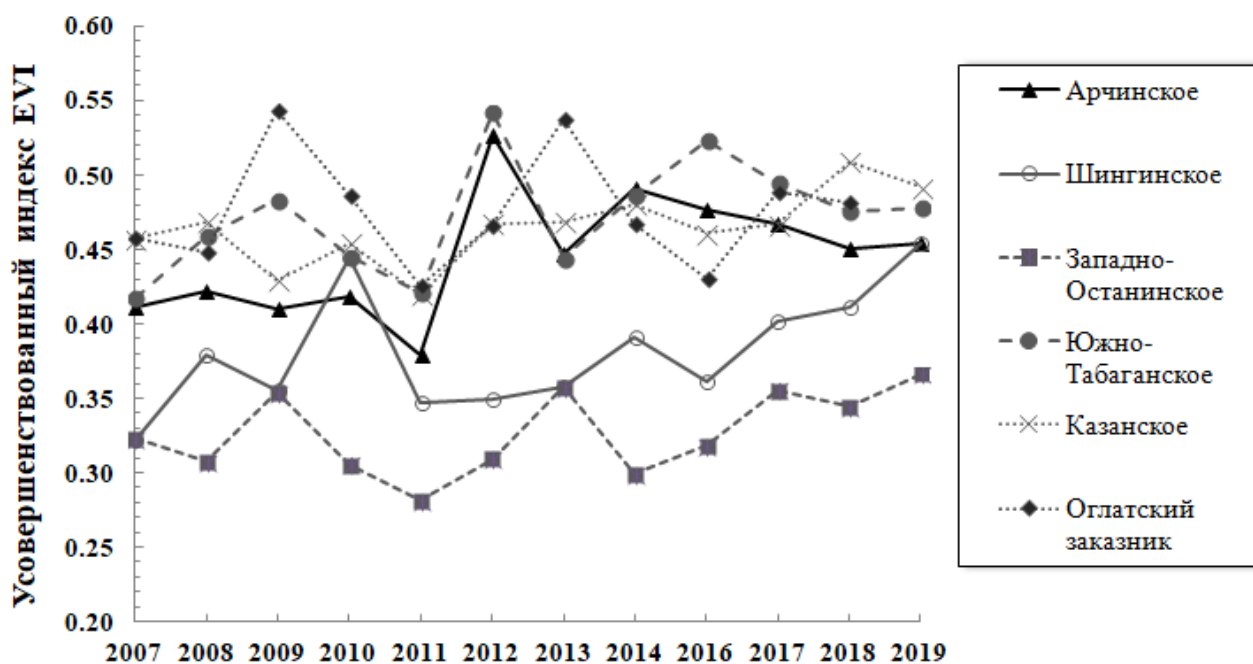


Рис. 2. Динамика изменения средних значений индекса EVI

Выявлены высокие значения индекса EVI Южно-Табаганского месторождения, причем значения индексов для данного месторождения превышают некоторые значения индекса фоновой территории Оглатского заказника в 2008, 2012, 2016 и 2017 гг. Низкие значения индекса EVI за 12-летний период соответствуют Западно-Останинскому месторождению в 2011 г. В большей мере этот факт

можно объяснить местоположением Западно-Останинского месторождения и особенностями его ландшафта, территория здесь сильно заболочена и имеет множество мелких озер, что способствует снижению значения индекса EVI.

Обсуждение

Для детального анализа полученных результатов значения индекса EVI были представлены в виде линейных трендов для Западно-Останинского (рис. 3, а) и Южно-Табаганского (рис. 3, б) месторождений. Максимальные значения EVI в 2012 г. с большой вероятностью связаны с высокими средними температурами для июля этого года, как и минимальные значения индекса в 2011 г., они могут быть объяснены самыми низкими средними температурами в июле (таблица). Влияние температуры на значения индекса EVI подтверждается результатами корреляционного анализа. Степень корреляционной связи среднемесячной температуры воздуха и значениями EVI указанных месторождений изменяется в пределах 0,27–0,51 и оценивается как средняя.

Влияние относительной влажности на значения индекса имеет более сложный характер. Для Шингинского месторождения установлена слабая прямая зависимость (коэффициент корреляции 0,13), а для остальных месторождений – обратная, значения коэффициента изменяются в диапазоне от минус 0,25 до минус 0,49. Анализ корреляции значения индекса EVI и параметров «число дней с осадками» и «атмосферные осадки» показал очень слабую связь между ними.

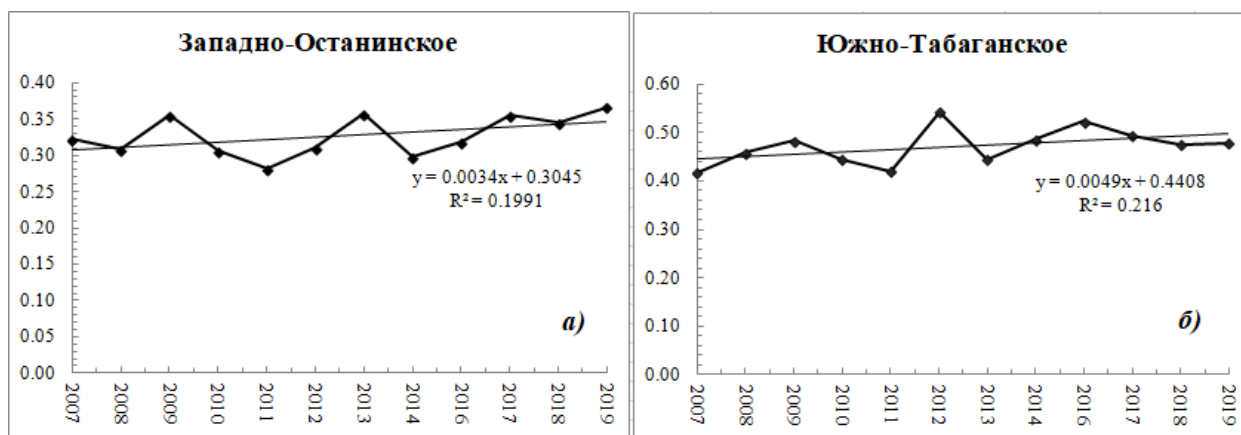


Рис. 3. Динамика изменения средних значений индекса EVI на Западно-Останинском (а) и Южно-Табаганском (б) месторождениях

Полученные результаты позволили установить, что для большинства исследуемых территорий тенденция изменения значений индекса EVI однотипна – высокие значения в 2009 и 2012 гг. и минимальные значения в 2011 г. В целом можно заключить, что наблюдаются положительные тенденции увеличения значения индекса EVI указанных месторождений за рассмотренный период мониторинговых исследований.

Некоторые метеорологические параметры по данным метеостанции Пудино

Год	Среднемесячная температура, °С	Число дней с осадками	Атмосферные осадки, мм	Относительная влажность воздуха, %
2007	19,6	10	82,6	75,9
2008	19,0	12	90,0	75,3
2009	17,7	14	-	77,2
2010	15,9	10	79,3	75,9
2011	14,5	10	96,4	76,8
2012	20,9	3	28,6	71,8
2013	18,7	10	38,9	71,3
2014	16,7	12	83,6	76,1
2016	19,0	10	189,7	76,8
2017	16,7	13	132,2	75,5
2018	17,5	6	40,5	62,0

Заключение

С применением спутниковых данных проведена диагностика состояния растительности труднодоступных территорий Томской области без проведения дорогостоящих исследований на местности. Анализ динамики изменения средних значений усовершенствованного индекса EVI позволил определить минимальные и максимальные значения индекса для исследуемых территорий, а также выявить тенденции увеличения его значений за 10 летний период, что свидетельствует о процессе восстановления растительного покрова, его неугнетенном состоянии и улучшении экологической обстановки нефтедобывающих территорий. Установлена зависимость значений EVI от метеоданных (температуры и относительной влажности), но связь имеет сложный и неустойчивый характер, что требует продолжения мониторинговых исследований.

Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук (проект V.46.1.2), финансируемого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mengue V. P., Fontana D.C., Silva T.S., Zanotta D., Scotta F. C. Methodology for classification of land use and vegetation cover using MODIS-EVI data // Bras. Eng. Agríc. Ambiental. – 2019. – V. 23. – № 11. – P. 812-818.
2. Трофимова Н.В., Сухинин А.И., Дубровская О.А. Применение данных MODIS для оценки пожарных эмиссий // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск : СГГА, 2008. Т. 3, ч. 2. – с. 254–258.
3. Zhang, M. Friedl, C. Schaaf [and etc.] Monitoring vegetation phenology using MODIS // Remote sensing of environment. – 2003. – V. 84. – Issue 3. – P. 471-475.

© Т. О. Перемитина, И. Г. Яценко, 2020