

УДК 504.064

Анализ вегетационного индекса растительности EVI в зонах различной удаленности от Мыльджинского месторождения Томской области

Т.О. Перемитина, И.Г. Яценко*

*Институт химии нефти СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 4*

Поступила в редакцию 30.01.2020 г.

Представлены результаты анализа состояния растительного покрова территории Мыльджинского нефтегазозоносного месторождения Томской обл. с использованием спутниковых данных. Все оценки основаны на серии изображений MODIS за вегетационные периоды с 2015 по 2019 г. Средствами геоинформационной системы ArcGis вокруг Мыльджинского месторождения построены круговые зоны радиусами 10, 20, 30 и 40 км, и для каждой проведен расчет средних значений индекса EVI. Анализ результатов показал, что во «внутренней» зоне месторождения (радиус 10 км) наблюдается специфическая сезонная цикличность EVI, проявляющаяся в сокращении периода вегетации растительных сообществ.

Ключевые слова: временные ряды, вегетационный период, спутниковые данные, вегетационный индекс, геоинформационные системы, растительный покров, нефтегазозоносное месторождение; time series, growing season, satellite data, vegetation index, geoinformation systems, vegetation cover, oil-producing field.

Введение

Согласно данным организации «Совместная инициатива по нефтяной статистике» (JODI), Россия стабильно входит в перечень лидеров по добыче нефти [1]. Процесс добычи и транспортировки углеводородов влияет на все компоненты окружающей среды. Разработка новых месторождений, сжигание попутного нефтяного газа, утечка нефти — сопутствующие негативные факторы, которые способствуют ухудшению экологической ситуации. Деятельность нефтегазового комплекса существенно видоизменяет литосферу, гидросферу, атмосферу, а также почвенный покров и естественную биоту. Важной задачей является разработка методологии количественной оценки состояния растительного покрова и анализа интегральной реакции экосистем на техногенное воздействие [2].

Современные методы экологического мониторинга все шире опираются на растущие возможности спутниковых данных, что делает актуальным их применение в задачах, связанных с изучением состояния растительного покрова. Использование данных спутникового дистанционного зондирования Земли позволяет обеспечить практически непрерывный мониторинг атмосферы, земной и водной поверхностей [3].

Цель настоящей работы — анализ состояния растительного покрова в зонах различной удаленности от источника техногенной нагрузки на примере территории Мыльджинского месторождения Каргасокского р-на Томской обл.

Объект исследования

На рис. 1 показано расположение исследуемой территории. В геоморфологическом отношении Каргасокский р-н представляет собой слабо расчлененную заболоченную равнину с развитой речной сетью. Большая часть территории водоразделов



Рис. 1. Положение Мыльджинского месторождения

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

залесена. Породы деревьев различны, преобладают хвойные (ель, сосна, пихта, кедр), изредка встречаются осина и береза.

Мыльджинское месторождение расположено на Васюганской равнине в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности. Климат региона континентальный с продолжительной холодной и снежной зимой. Зима длится с ноября по апрель (180–185 дней). Мыльджинское месторождение по своим запасам занимает одно из лидирующих мест в обеспечении Томской обл. газом.

Материалы и методы

Развитие методов дистанционного зондирования Земли повысило их востребованность в научных исследованиях, связанных с экологией, охраной природы и землеустройством [4]. В настоящее время для оценки состояния растительного покрова, классификации растительности используются различные вегетационные индексы, рассчитанные по спутниковым снимкам [5].

В нашей работе проанализированы данные спектрорадиометра MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), установленного на борту спутников Terra и Aqua [6]. Продукты MODIS являются результатом применения следующих корректировок и алгоритмов расчета: анализ орбитальных и механических различий между датчиками MODIS на борту Aqua/Terra; алгоритмы предварительной обработки, используемые для создания безоблачных мозаик (оригинальный алгоритм MODIS); алгоритмы постобработки, применяемые для оптимизации значений индекса растительности, полученных из временных последовательностей изображений. В настоящей работе использован продукт MOD13Q1, содержащий цифровые слои со значениями вегетационных индексов NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) и EVI (Enhanced Vegetation Index). Слои являются 16-дневными цифровыми композициями с пространственным разрешением 250 м [7].

Мы анализируем значения вегетационного индекса EVI, так как известно, что он имеет преимущества перед NDVI в задачах мониторинга изменения состояния растительности, поскольку влияние почвы и атмосферы в значениях данного индекса минимизировано [3, 6].

Индекс EVI рассчитывается по формуле

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

где ρ_{blue} — спектральная яркость поверхности в синем диапазоне; L — поправочный коэффициент, учитывающий влияние почвы; C_1, C_2 — коэффициенты аэрозольной устойчивости, использующие синий канал для коррекции аэрозольного влияния в красном канале. Диапазон значений индекса от -1 до 1 ; для зеленой растительности — от $0,2$ до $0,8$.

Цифровые карты со значениями EVI были подобраны за каждый 16-дневный цикл на весь период вегетации с 2015 по 2019 г. (таблица). Продолжительность вегетационного периода в Томской обл. (15 мая — 15 октября) определена в Приказе Рослесхоза № 472 (ред. от 15.03.2018 г.) [8].

За исследуемый период 2015–2019 гг. было проанализировано по девять спутниковых изображений в год, т.е. 45 цифровых карт со значениями индекса EVI с целью получения количественной оценки состояния растительного покрова Мыльджинского углеводородного месторождения Томской обл. (таблица).

Анализ многолетней динамики EVI и оценка состояния растительного покрова на исследуемой территории проводились по следующей методике [10–12].

— На первом этапе выполняется построение зон с различной техногенной нагрузкой в зависимости от удаленности от источника воздействия. На рис. 2 показаны четыре радиальных зоны с Мыльджинским месторождением в центре. Первая (внутренняя зона): от 0 до 10 км; вторая от 10 до 20 км; третья от 20 до 30 км и четвертая от 30 до 40 км [2].

— Второй этап включает расчет средних значений EVI для каждой зоны по спутниковым данным и построение графиков сезонных циклов EVI этих зон.

— На третьем этапе проводятся интерпретация и анализ полученных значений индекса.

Такой подход позволяет наиболее детально охарактеризовать изменчивость индекса EVI, отслеживать наличие либо отсутствие зависимости его значений от расстояния до источника техногенной нагрузки [2, 10–12].

Перечень используемых спутниковых данных (2015–2019 гг.)

День года	Месяц	Спутниковые данные [9]
145	Май	MOD13Q1.A2015145.h22v03 — MOD13Q1.A2019145.h22v03
161	Июнь	MOD13Q1.A2015161.h22v03 — MOD13Q1.A2019161.h22v03
177		MOD13Q1.A2015177.h22v03 — MOD13Q1.A2019177.h22v03
193	Июль	MOD13Q1.A2015193.h22v03 — MOD13Q1.A2019193.h22v03
209		MOD13Q1.A2015209.h22v03 — MOD13Q1.A2019209.h22v03
225		MOD13Q1.A2015225.h22v03 — MOD13Q1.A2019225.h22v03
241	Август	MOD13Q1.A2015241.h22v03 — MOD13Q1.A2019241.h22v03
257	Сентябрь	MOD13Q1.A2015257.h22v03 — MOD13Q1.A2019257.h22v03
273		MOD13Q1.A2015273.h22v03 — MOD13Q1.A2019273.h22v03

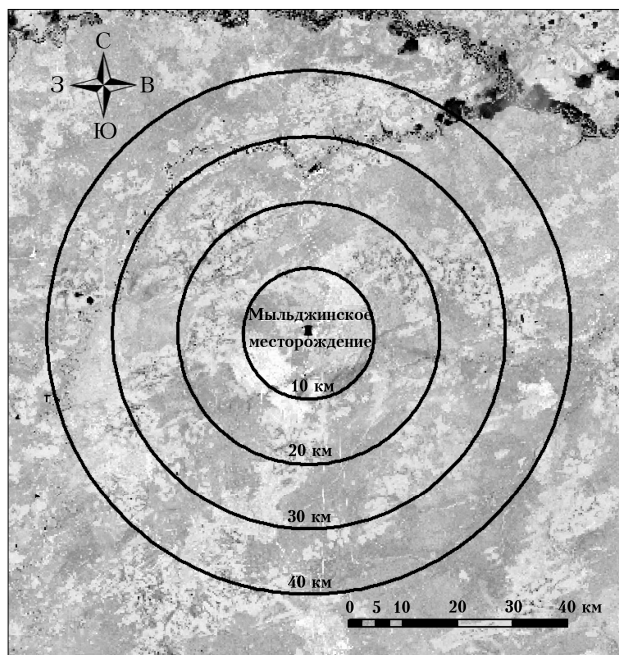


Рис. 2. Фрагмент цифровой карты района Мыльджинского месторождения

Результаты исследования

Исследована сезонная динамика EVI за периоды вегетации в 2015–2019 гг. с 25 мая (145-й день года) по 30 сентября (273-й день года). В таблице приведен перечень используемых спутниковых данных, по которым проводился расчет значений EVI для четырех кольцевых зон (рис. 2) вокруг углеводородного месторождения. Вычисления проведены с помощью инструмента «Зональная статистика» геоинформационной системы ArcGis 10.2.2.

На рис. 3 представлена динамика изменения средних значений индекса EVI за исследуемый пятилетний период. Установлено, что на фоне ожидаемых низких значений индекса в начале и конце вегетационных периодов максимальная амплитуда изменений EVI наблюдается во «внутренней» (10 км) зоне Мыльджинского месторождения.

Как видно на рис. 3, *a*, наименьшее значение индекса EVI = 0,1985 соответствует 257 дню (14 сентября) в 2017 г., а максимальное EVI = 0,4906 – 193 дню (12 июля) в 2016 г.

Характерные черты сезонных циклов EVI всех исследуемых зон – низкие значения индекса в начале

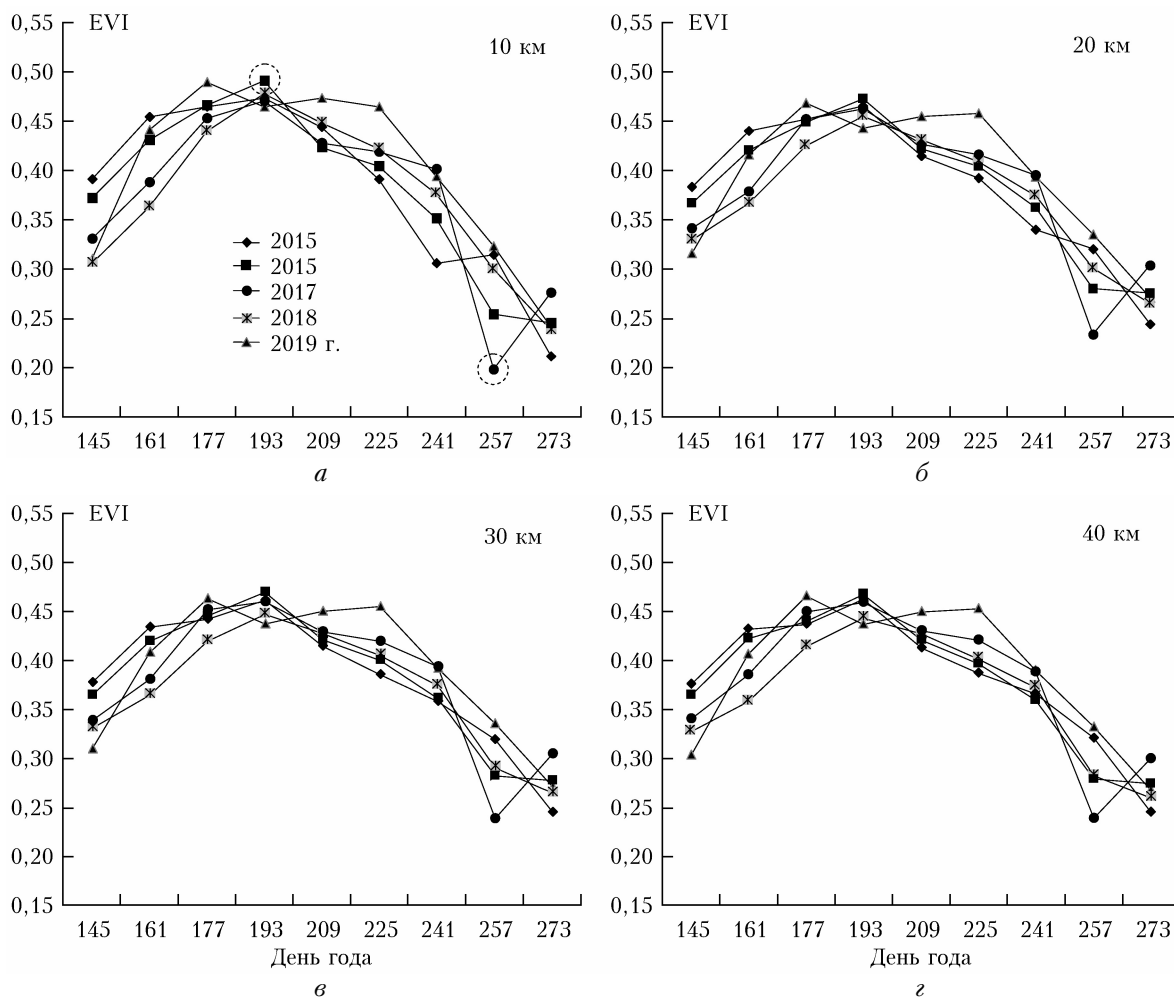


Рис. 3. Сезонный цикл EVI исследуемых зон территории месторождения

вегетации (145-й день года) и высокие – в конце вегетации (273-й день года).

Анализ сезонных циклов изменчивости EVI (рис. 3, б–г) показал, что для растительного покрова рассматриваемых зон с различным радиусом наблюдается одновременное начало развития вегетации, а для растительного покрова зоны 10 км (см. рис. 2) – наиболее раннее завершение вегетационного периода для каждого рассматриваемого года. Таким образом, можно предположить, что воздействие углеводородного месторождения проявляется в сокращении вегетационного периода растительных сообществ.

На рис. 4 приведен график изменения среднегодовых значений EVI за вегетационные периоды для зон с различным радиусом; в период с 2016 по 2018 г. отмечается значительное снижение индекса для исследуемых зон. Однако в 2019 г. наблюдается увеличение EVI, причем максимальное среднегодовое значение соответствует зоне радиусом 10 км, а минимальное – 40 км. Следует отметить однотипную динамику изменения EVI для зон с различным радиусом относительно территории месторождения, за исключением 2017 г. (рис. 4).

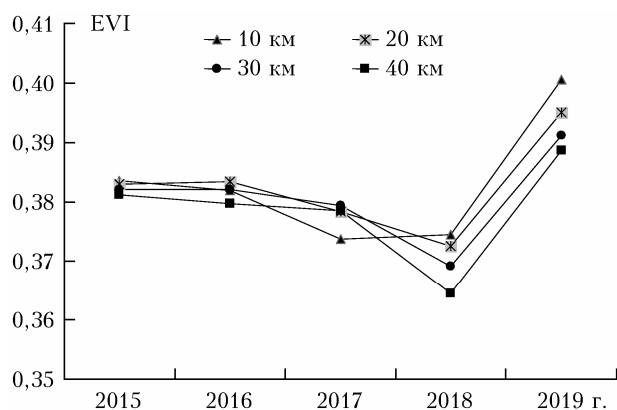


Рис. 4. Изменения среднегодовых значений EVI за вегетационные периоды в исследуемых зонах

Разброс значений EVI в 2018 и 2019 гг. больше по сравнению с предыдущими годами, и выявленные минимальные (зона 40 км) и максимальные (зона 10 км) значения свидетельствуют о том, что влияние Мыльдинского месторождения на величину EVI и, следовательно, на состояние растительного покрова носит сложный характер и требует продолжения мониторинговых исследований.

Заключение

С применением спутниковых данных проведен анализ сезонных циклов значений вегетационного индекса EVI, получены количественные оценки состояния растительного покрова в зонах различной удаленности от Мыльдинского углеводородного месторождения Томской обл. Установлены тенден-

ции увеличения индекса в 2019 г. Анализ изменения среднегодовых значений EVI за вегетационные периоды показал, что во «внутренней» зоне месторождения (радиус 10 км) наблюдается специфичная сезонная цикличность EVI, проявляющаяся в сокращении периода вегетации растительных сообществ.

Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии нефти СО РАН (проект V.46.1.2), финансируемого Министерством науки и высшего образования РФ.

1. Joint Organisations Data Initiative: The JODI Oil World Database [Electronic resource]. URL: <https://www.jodidata.org/oil/> (last access: 20.01.2020).
2. Кришук С.Г., Горный В.И., Калабин Г.В., Латыпов И.Ш. Закономерности сезонных циклов вегетационного индекса экосистем в районе Сорского горно-металлургического комплекса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 1. С. 228–237.
3. Перемитина Т.О., Яценко И.Г. Оценка динамики растительности территории нефтегазоносных месторождений Томской области с применением спутниковых данных // Оптика атмосф. и океана. 2019. Т. 32, № 11. С. 920–924.
4. Zhu Z., Piao S., Myneni R.B., Huang M., Zeng Z., Canadell J.G., Ciais P., Sitch S., Friedlingstein P., Arneeth A., Cao C., Cheng L., Kato E., Koven C., Li Y., Lian X., Liu Y., Liu R., Mao J., Pan Y., Peng S., Pielou J., Poulter B., Pugh T.A., Stocker B.D., Viovy N., Wang X., Wang Y., Xiao Z., Yang H., Zaehle S., Zeng N. Greening of the Earth and its drivers // Nat. Clim. Chang. 2016. V. 6. P. 791–795.
5. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геомашика. 2009. № 3. С. 2–28.
6. Официальный сайт радиометра MODIS: описание системы TERRA и сканера MODIS [Электронный ресурс]. URL: <http://modis.gsfc.nasa.gov> (дата обращения: 20.01.2020).
7. MODIS Overview: MODIS Vegetation Indices [Electronic resource]. URL: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v006/> (last access: 5.05.2020).
8. Приказ Рослесхоза № 472: «Об утверждении методических рекомендаций по проведению государственной инвентаризации лесов» [Электронный ресурс]. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Rosleshoza-ot-10.11.2011-N-472/> (дата обращения: 20.01.2020).
9. Earth Data: Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System Distributed Active Archive Center [Electronic resource]. URL: <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/archive/allData/> (last access: 20.01.2020).
10. Перемитина Т.О., Несветайло В.Д., Полищук Ю.М. Ретроспективный мониторинг радиоактивного загрязнения в зонах воздействия предприятий атомной промышленности // Радиационная биология. Радиоэкология. 2007. Т. 47, № 4. С. 444–450.
11. Полищук Ю.М., Кокорина Н.В., Кочергин Г.А., Перемитина Т.О., Токарева О.С. Методология оценки экологического риска воздействия точечных источников химического загрязнения на растительный покров // Проблемы анализа риска. 2011. Т. 8, № 4. С. 46–57.

12. Лобанов Г.В., Зайцева А.Ф., Полякова А.В., Тришкин Б.В., Михеев К.Ю. Пространственно-временная динамика вегетационного индекса EVI в разных типах

ландшафтов Брянской области // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований. 2012. № 3. С. 2–46.

T.O. Peremitina, I.G. Yashchenko. The analysis of long-term dynamics of vegetation index for the oil-producing territories in the Tomsk region.

Analysis of vegetation dynamics of the Myldzhinsky oil-producing territory in the Tomsk region using time series of satellite data is performed. All estimates are based on annual time series of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) imagery for growing season from 2015 to 2019. By means of geoinformation system ArcGis, circular zones around the Myldzhinskoye field with radii of 10, 20, 30, and 40 km were built. Average values of the Enhanced Vegetation Index (EVI) were calculated for each of the constructed zones. Analysis of the results showed specific seasonal cyclicity of EVI, in the “inner” zone (10 km diameter) of Myldzhinsky field, which manifests itself in the reduction of the growing season plant communities.