УДК 502.3

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ И НАЗЕМНЫХ ДАННЫХ

–––––––

COMPLEX INVESTIGATION OF TECHNOGENIC LOAD WITH USE OF SATELLITE AND SURFACE DATA

Днепровская Виктория Петровна
младший научный сотрудник,
Институт химии нефти,
Сибирское отделение
Российской академии наук
vpi@ipc.tsc.ru

Ященко Ирина Германовна
кандидат геолого-минералогических наук,
заведующий лабораторией,
Институт химии нефти,
Сибирское отделение
Российской академии наук
sric@ipc.tsc.ru

Перемитина Татьяна Олеговна
кандидат технических наук,
научный сотрудник,
Институт химии нефти,
Сибирское отделение
Российской академии наук
pto@ipc.tsc.ru.

Аннотация. Предложена методика комплексной оценки совокупного воздействия природных и техногенных факторов на состояние окружающей среды с использованием наземных и спутниковых данных. Анализ болотных вод методом ИК-спектрометрии позволил определить уровень регионального фонового содержания углеводородов в объектах, удаленных на разное расстояние от источников антропогенного воздействия. Обработка спутниковых данных с применением ГИС-технологий позволила рассчитать значения вегетационного индекса NDVI и количественно охарактеризовать отклик растительных сообществ на внешние воздействия растительного покрова исследуемых территорий, а также изучить их динамику за 2013–2016 гг.

Ключевые слова: окружающая среда, техногенная нагрузка, попутный нефтяной газ, космические снимки, геоинформационные системы, месторождения нефти, вегетационный индекс, содержание углеводородов, влияние пожаров.

Dneprovskaya Victoria Petrovna
Junior researcher,
Institute of chemistry of oil,
Siberian office
Russian academy of sciences
vpi@ipc.tsc.ru

Yashchenko Irina Germanovna
Candidate of geological
and mineralogical sciences,
Head of the laboratory,
Institute of chemistry of oil,
Siberian office
Russian academy of sciences
sric@ipc.tsc.ru

Peremitina Tatyana Olegovna
Candidate of technical sciences,
Research associate,
Institute of chemistry of oil,
Siberian office
Russian academy of sciences
pto@ipc.tsc.ru.

Annotation. A technique for a comprehensive assessment of the combined effect of natural and man-made factors on the state of the environment using terrestrial and satellite data is proposed. The analysis of bog waters by the IR spectrometry method allowed to determine the level of regional background content of hydrocarbons in objects remote from different sources of anthropogenic impact. The processing of satellite data using GIS technology allowed calculating the values of the vegetative index NDVI and quantitatively characterizing the response of plant communities to the external effects of vegetation cover in the study areas, and also to study their dynamics for 2013–2016.

Keywords: environment, development pressure, associated petroleum gas, satellite images, geoinformation systems, oil fields, vegetation index, hydrocarbon content, impact of fires.

Введение

Нефтегазодобывающий комплекс представляет собой сложную систему взаимосвязанных производств, состоящую из эксплуатационных скважин, установок комплексной подготовки поступающего углеводородного сырья и других объектов, относящихся как непосредственно к добыче нефти и газа, так и к обеспечению жизнедеятельности населения. Воздействие нефтегазового комплекса на экологию окружающей среды настолько усилилось, что существующие наземные методы слежения за ее состоянием перестали удовлетворять современным требованиям учета ресурсов биосферы и управления ее развитием [1]. Аварийные ситуации на нефтепроводе и аэрозольное распространение продуктов сгорания попутного нефтяного газа в факелах создают высокий риск загрязнения обширных территорий. Использование данных спутникового дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) позволяет обеспечить практически непрерывный мониторинг атмосферы, земной и водной поверхностей, что, несомненно, является актуальной задачей. Целью настоящей работы является изучение

совместного применения наземных данных и данных спутниковых наблюдений LANDSAT, а также ГИС-технологий для оперативного мониторинга состояния окружающей среды нефтедобывающих территорий.

Современное состояния проблемы сжигания попутного нефтяного газа в мире

В последние время проблема утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) стала одной из значимых для мировой общественности как по экологическим, так и финансовым причинам. Сжигание попутного газа в факелах – это уничтожение ценных невосстанавливаемых природных ресурсов, а также при сжигании образуется около 1 % всех мировых выбросов парникового углекислого газа. В начале XXI века наиболее крупными регионами сжигания ПНГ являются Россия (в основном, Западная Сибирь), Западная Африка (прежде всего, Нигерия), страны Персидского залива, США и др. Так, по последним данным, суммарный показатель сжигания ПНГ на факельных установках по миру в 2010 г. составил 138 млрд м^3, а в 2011 г. – 140 млрд м^3. Такое повышение в большей мере явилось следствием возросшей добычи углеводородов в России и сланцевых нефти и газа в США [1].

Для повышения достоверности и согласованности данных Глобальное партнерство по сокращению объемов сжигания ПНГ (GGFR) под эгидой Всемирного Банка в сотрудничестве с Национальным управлением океанических и атмосферных исследований США (NOAA) проводит постоянный мониторинг сжигания ПНГ по спутниковым данным, результат которого представлен на рисунке 1 [2].

На территории России, согласно данным Минприроды РФ, в настоящее время существует более 1000 нефтегазоконденсатных месторождений, на которых добывается в сумме около 60 млрд м^3 попутного газа в год, где 26 % приходится на сжигание в факелах, 27 % направляется на переработку на ГПЗ, а 47 % используется на нужды промыслов или списывается на технологические потери [3].

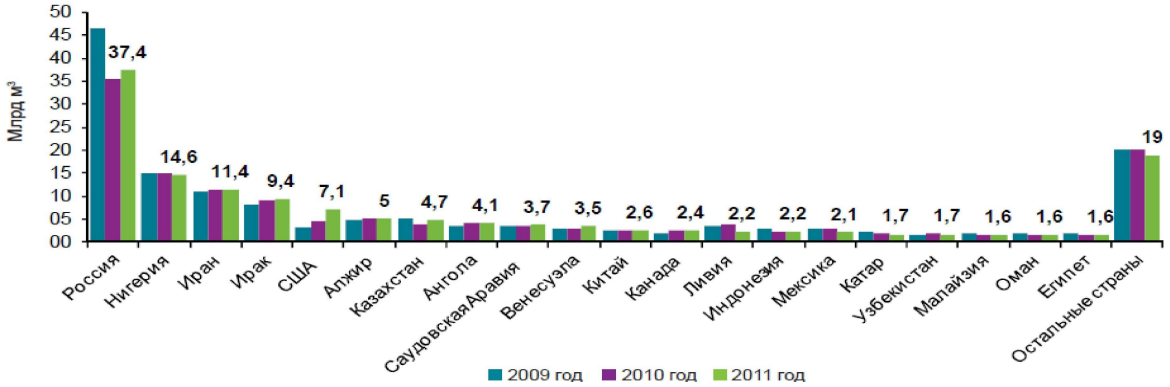

Рисунок 1 – Расчетные объемы сжигания ПНГ на основе спутниковых данных, 2009–2011 гг., млрд м^3

Однако Всемирным банком Государственно-частного партнерства в целях сокращения факельного сжигания газа (GGFR) была проведена оценка спутниковой информации, вследствие чего получили, что официальная статистика об объемах сжигаемого газа в России занижена – реальный объем сжигаемого ПНГ составляет около 50 млрд м^3, что ставит Россию на первое место по этому показателю [4].

С принятием в 2012 г. Постановления Правительства № 1148, согласно которому нефтедобывающие компании обязаны платить высокие штрафы за сверхнормативное сжигание – свыше 5 %-го уровня, ожидается снижение факельного сжигания по России, так и в отдельных компаниях [2], а именно, количество нефтегазовых компаний, достигших уровня 95 %-го использования ПНГ, в 2013 г. составило 5 – это Сургутнефтегаз, Татнефть, Газпром, Салым Петролеум, Сахалин Энерджи.

Целью настоящей работы является изучение возможности применения данных спутниковых наблюдений LANDSAT и ГИС-технологий для оперативного мониторинга состояния объектов окружающей среды нефтедобывающих территорий и сопоставление этих данных с результатами наземных исследований.

Объект исследования

На севере Новосибирской и на юге Томской, а также на северо-востоке Омской областей расположено уникальное по размерам и составу природных комплексов Большое Васюганское болото, протянувшееся с северо-запада на юго-восток более чем на 960 километров. Оно занимает большую часть главного Обь-Иртышского водораздела и по площади является самым крупным болотом в мире, образуя гигантскую болотную систему северного полушария планеты. Однако интенсивное хозяйственное освоение природных ресурсов Васюганья сопровождается нарушением естественных ландшафтов и ухудшением условий среды.

На Васюганское болото оказывает влияние целый набор отрицательных факторов – уничтожение древостоев (рубки), воздействие гусеничного транспорта, разливы нефти, горюче-смазочных материалов, буровых растворов, минерализованных подземных вод, загрязнение стройматериалами, бытовым мусором, металлоломом. Интенсивно развиваются процессы термокарста, термоэрозии,

водной эрозии, поскольку нарушенный растительный покров болот восстанавливается довольно медленно. В настоящее время эти виды природного и техногенного негативного воздействия рассматриваются как основные факторы нарушения ландшафтных комплексов Васюганья [5, 6]. В связи с тем, что речная сеть и болотные массивы имеют большое экологическое и хозяйственное значение, выполняя водорегулирующую функцию в ландшафтной системе, проведение комплексной оценки экологического состояния нефтедобывающих территорий Западной Сибири в настоящее время является одной из актуальных задач.

На сегодняшний момент существуют различные методики, обеспечивающие мониторинг экологического состояния нефтедобывающих территорий, которые различаются физическими принципами действия и чувствительностью.

Согласно данным [7], лесные земли и болота Томской области составляют 68,2 и 32 % ее площади соответственно, что характеризует территорию области как труднодоступную, со слабой заселенностью и неразвитой инфраструктурой.

Томская область, ввиду своих размеров объема нефтедобычи, занимает одно из лидирующих мест в Западной Сибири. Установлено, что наибольшая антропогенная нагрузка на атмосферный воздух в Томской области отмечается в районах, где находятся основные предприятия нефтегазодобывающей отрасли – это Каргасокский, Парабельский и Александровский районы районах (рис. 2 а). Здесь открыто 131 месторождение углеводородов, из которых 12 (Арчинское, Вартовское, Верхнесалатское, Грасимовское, Западно-Лугинецкое, Калиновое, Ломовое, Лугинецкое, Нижне-Табаганское, Северо-Останинское, Снежное и Урманское) обладают повышенным (более 200 $м^3$/т) содержанием попутного нефтяного газа, при сгорании которого в атмосферу выбрасывается огромное количество вредных веществ [8]. По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики, в 2015 г. в атмосферный воздух Томской области поступили выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников загрязнения с более 1200 промышленных площадок.

Как видно из рисунка 2 б, максимальная масса выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников зарегистрирована в 2011 г. В связи с реализацией программ по утилизации попутного нефтяного газа предприятиями нефтегазодобывающего комплекса, с 2012 г. отмечается уменьшение объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников на 56,3 тыс. т.

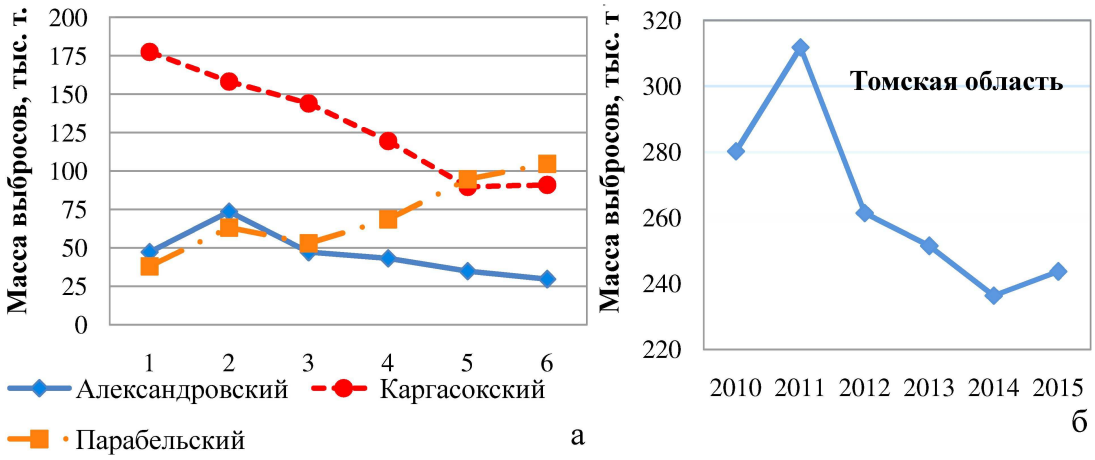

Рисунок 2 – Объемы выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников Томской области 2010-2015 гг.

По сравнению с данными 2014 г., где наблюдается минимальный объем выбросов, в настоящее время основное увеличение выбросов обусловлено повышением уровня добычи попутного нефтяного газа и объема его сжигания на факельных установках ОАО «Томскнефть» ВНК (рис. 2 а).

Материалы и методы исследования

В качестве наземных данных были взяты результаты химического анализа проб воды, которые осуществляли в июне-августе 2016 г., пункты пробоотбора приведены на рисунке 3, в этих же точках были произведены расчеты вегетационных индексов растительного покрова (NDVI) с применением космических снимков и геоинформационной системы ArcGis 10.2.2.

Определение массовой концентрации углеводородов (УВ), как природного, так и техногенного происхождения, в болотных водах проводили на ИК-Фурье спектрометре Nicolet 5700 (разрешение 4 см – 1, число сканов пробы – 64) в диапазоне 3100–2700 $см^{-1}$, в кюветах из NaCl с толщиной поглощающего слоя 10 мм. Экстракцию УВ из воды осуществляли четыреххлористым углеродом по методике [9].

В настоящее время при изучении отклика растительности на различные воздействия все более широкое применение получают данные дистанционного зондирования Земли. В таких исследованиях на космических снимках анализируются изменения вегетационных индексов – показателей, представляющих собой комбинацию из различных спектральных каналов излучения, отраженного от изучаемого объекта.

Рисунок 3 – Пункты отбора проб воды

Самый распространенный и наиболее часто используемый вегетационный индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный разностный вегетационный индекс [7]. Эмпирически установлено, что NDVI имеет связь с различными характеристиками растительности на исследуемой территории – прослеживается согласованность в изменении NDVI и величины зеленой растительной биомассы. Поэтому данный индекс можно использовать для регионального картографирования и анализа различных типов ландшафтов, изучения динамики растительных сообществ. Современные системы дистанционного зондирования позволяют получать непрерывные временные ряды NDVI со всеми возможностями их статистического анализа. Рассчитанные значения NDVI позволяют количественно охарактеризовать отклик растительных сообществ на внешние воздействия, изучить их многолетнюю динамику.

LANDSAT 8 – американский спутник наблюдения за поверхностью Земли, запущенный в феврале 2013 г. и имеющий разрешение 30 м. LANDSAT 8 получает данные, используя два различных сенсора – Operational Land Imager (OLI) и Thermal Infrared Sensor (TIRS). Вместе эти инструменты собирают данные в девяти коротковолновых диапазонах и двух длинноволновых тепловых диапазонах. Целью спутника LANDSAT 8 является предоставление доступа к данным широкой общественности – они доступны для бесплатного скачивания. LANDSAT 8 снимает примерно 700 сцен в день, с повторным покрытием Земли каждые 16 дней [10].

Для комплексной оценки экологического состояния нефтедобывающих территорий Томской и Новосибирской областей (Васюганское болото) сформирована коллекция космических снимков LANDSAT 8 (рис. 4).

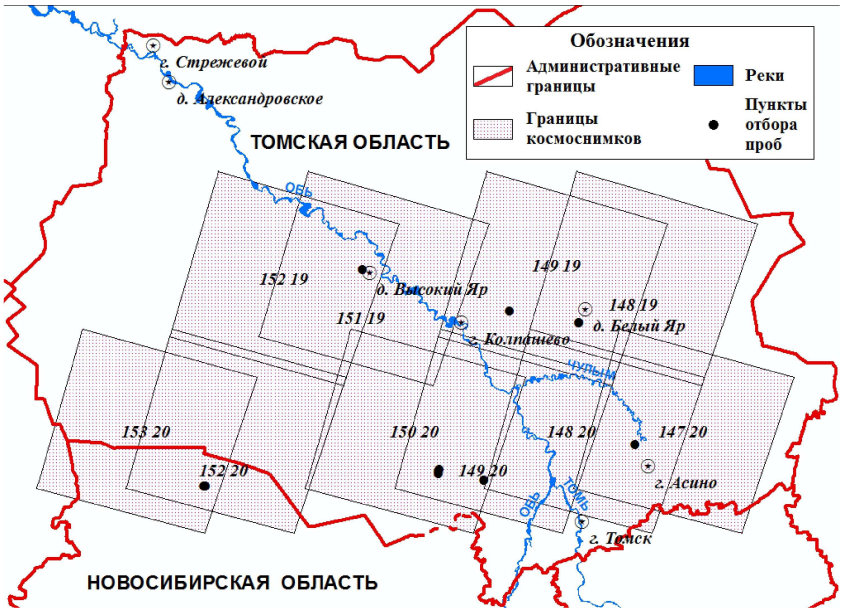

Рисунок 4 – Коллекция космических снимков LANDSAT 8 на исследуемую территорию

В данной работе значения вегетационного индекса растительного покрова NDVI рассчитаны средствами геоинформационной системы ArcGis10.2.2 по космическим снимкам LANDSAT 8 (рис. 4) за многолетний период 2013–2016 гг. с датами съемки 01.06.2013–31.08.2016 гг. Известно, что индекс NDVI умеренно чувствителен к изменениям почвенного и атмосферного фона, его расчет базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений: красной области спектра (4 канал LANDSAT 8, длина волны 0,630–0,680 мкм) – максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, и ближней инфракрасной области (5 канал LANDSAT 8, длина волны 0.845–0.885 мкм) – область максимального отражения клеточных структур листа, т.е. высокая фотосинтетическая активность ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. NDVI вычисляется как отношение измеренных значений спектральной яркости в красной (RED) и ближней инфракрасной (NIR) зонах спектра по формуле:

$$NDVI = (NIR – RED)/(NIR + RED).$$

Индекс NDVI рассчитывается как разность значений отражения в ближней инфракрасной и красной областях спектра, деленная на их сумму. В результате значения индекса NDVI изменяются в диапазоне от –1 до 1 (табл. 1).

Таблица 1 – Значения NDVI и соответствующие им типы объектов

Тип объекта	Коэффициент отражения в красной области спектра	Коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0,1	0,5	0,7
Разряженная растительность	0,1	0,3	0,5
Открытая почва	0,25	0,3	0,025
Облака	0,25	0,25	0
Снег и лед	0,375	0,35	–0,05
Вода	0,02	0,01	–0,25
Искусственные материалы	0,3	0,1	–0,5

Результаты и их обсуждение

Болота Бакчарское, Центральное, Тисанское, Самара, р. Ключ, а также участок, прилегающий к месторождению Малоичское-фон, достаточно удалены от зон антропогенного воздействия и отличаются слабым развитием транспортной инфраструктуры, тогда как остальные образцы отобраны на участках, в различной степени испытывающих воздействия природных и техногенных факторов.

Результаты определения массовой концентрации УВ в воде, приведенные в таблице 2 и на рисунке 5, показали, что в основном воды природного генезиса по классификации А.С. Шайна [11] соответствуют категории качества воды «чистая» (0.3–1 ПДК).

Таблица 2 – Содержание УВ в водах Томской и Новосибирской областей

Пункты отбора проб	Объект исследования	Концентрация УВ, мг/дм^3
1	Бакчарское болото	0,26 ± 0,09
2	Иксинское болото	2,23 ± 0,54
3	Центральное болото	0,33 ± 0,09
4	болото у д. Высокий Яр	0,34 ± 0,09
5	Тисанское болото	0,23 ± 0,09
6	болото Самара	0,25 ± 0,07
7	Малоичское (вода на нефтяном разливе на месторождении Малоичское)	36,20 ± 3,62
8	Малоичское-фон (вода в березовом лесу около месторождения Малоичское)	0,19 ± 0,08
9	р. Ключ	0,17 ± 0,07
10	болото Ишколь	0,07 ± 0,03
ПДК*		0,30

* *Предельно допустимые концентрации (ПДК) нефтепродуктов в воде для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования* [12]

Результаты анализа проб воды, взятой на Бакчарском болоте, Тисанском болоте, болоте Самара, р. Ключ и участке Малоичское-фон, показали минимальное содержание УВ до 0,3 мг/дм^3 и относятся к категории «очень чистые». Воды Центрального болота (концентрация УВ 0,33 ± 0,09 мг/дм^3) и болота у д. Высокий Яр (концентрация УВ 0,34 ± 0,09 мг/дм^3), которое находится в зоне влияния нефтегазодобывающего сектора Томской области и возможного аэрозольного загрязнения, характеризуются как «чистые» (0,3–1 ПДК). Вода, отобранная на Иксинском болоте, относится к «умеренно загрязненные» (1–3 ПДК), концентрация УВ составляет 2,23 ± 0,54 мг/дм^3. Следует отметить, что на этом болоте с 1998 г. по настоящее время регулярно возникают возгорания и пожары различного масштаба и происхождения. Вода, отобранная на территории нефтяного разлива на месторождении Малоичское, отличается максимальной концентрацией УВ и соответствует категории «грязная» (10–100 ПДК), концентрация УВ составляет 36,20 ± 3,62 мг/дм^3, что объясняется прорывом трубопровода и загрязнением близлежащих территорий в конце 2013 г.

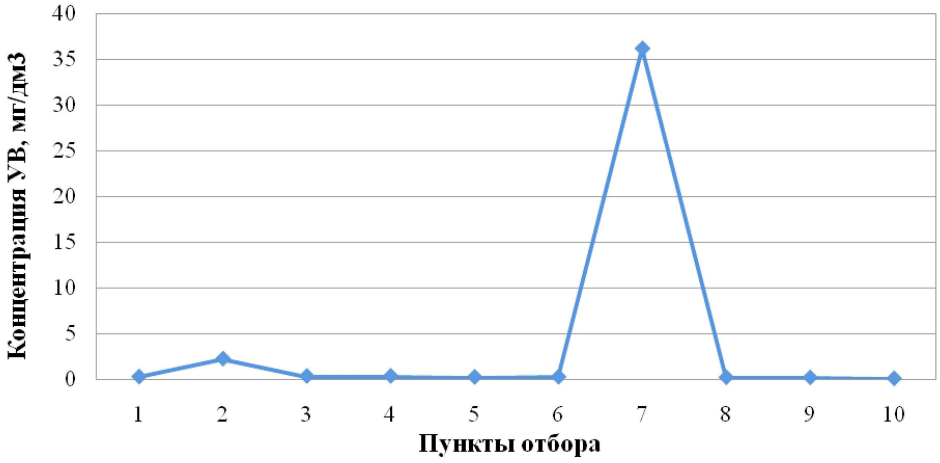

Рисунок 5 – Содержание углеводородов в водах Томской и Новосибирской областей

Для получения количественной оценки воздействия различных факторов на растительность и выявления зон загрязнения исследуемых территорий была применена разработанная ранее методика, основанная на расчете значений вегетационного индекса NDVI. На рисунке 6 показаны результаты расчетов индексов состояния растительности в десяти пунктах отбора проб воды по спутниковым данным с датами съемки июнь-август 2013–2016 гг.

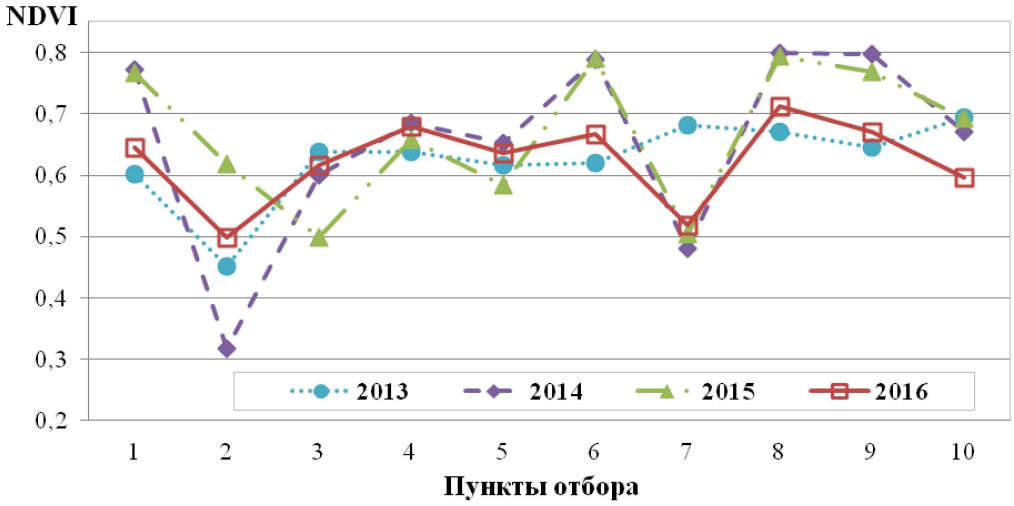

Рисунок 6 – Значения индекса NDVI в пунктах отбора проб 2013-2016 гг.

Известно, что самым опасным и наиболее часто повторяющимся антропогенным воздействием на экосистемы Васюганья являются пожары, уничтожающие все природные комплексы болот. Так, повышенное содержание УВ получено для воды Иксинского болота (пункт 2) после пожара, что подтверждается минимальными значениями индекса состояния растительности (NDVI = 0,316, рис. 6).

Максимальные значения индекса NDVI получены в 2014 г. для пунктов 8 – Малоичское-фон (NDVI = 0,798) и 9 – р. Ключ (NDVI = 0,796), а минимальное значение индекса в этом же году соответствуют пунктам отбора проб воды 2 – Иксинское болото (NDVI = 0,316) и 7 – Малоичское нефтяное загрязнение (NDVI = 0,481).

Сопоставление результатов расчета индекса NDVI по спутниковым данным (рис. 6) и анализ содержания УВ в отобранных пробах воды позволило определить максимальные флуктуации значений расчетов в пунктах 2 – Иксинское болото (NDVI от 0,316 до 0,618) и 7 – Малоичское (NDVI от 0,481 до 0,681). В связи с этим проведен анализ изменения значений индекса NDVI за все время наблюдений для пунктов 1 – Бакчарское болото и 2 – Иксинское болото (рис. 7 а), 7 – Малоичское и 8 – Малоичское-фон (рис. 7 б).

Рисунок 7 а показывает, как изменяется значения индекса NDVI на Иксинском болоте, на котором регулярно возникают пожары, в отличие от Бакчарского болота, которое по содержанию УВ характеризуется как «очень чистое».

Из рисунка 7 б следует, что значения индекса NDVI для пунктов 7 – Малоичское, 8 – Малоичское-фон в 2013 г. до загрязнения нефтепродуктами лежат в интервале 0,67–0,68. Состояние растительного покрова для пункта 7 – Малоичское резко ухудшилось с 2014 г., индекс NDVI снизился до 0,481 и далее в течение последних лет очень медленно восстанавливается, достигая в 2016 г. значения 0,518. При этом на территории фонового участка (пункт отбора 8) значение индекса NDVI с 2013 г. увеличилось с 0,681 до 0,711–0,793.

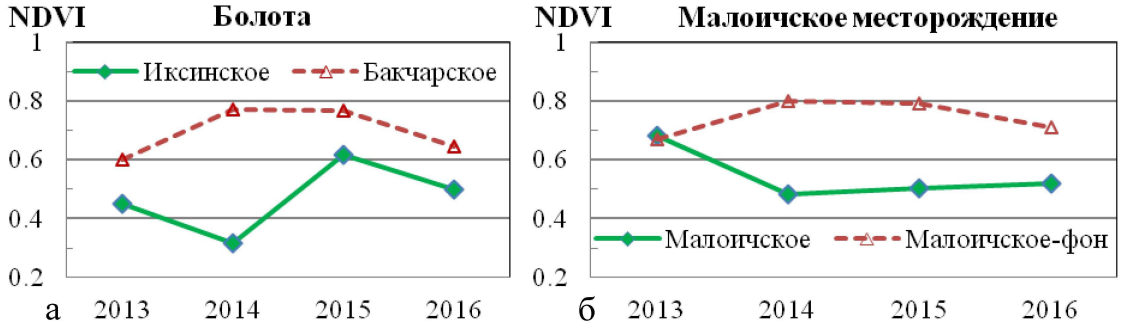

Рисунок 7 – Значения индекса NDVI в пунктах отбора проб воды Иксинское, Бакчарское и Малоичское за 2013–2016 гг.

Сравнительный анализ (рис. 8) концентраций УВ в водах Томской и Новосибирской областей и значений индекса NDVI, полученных с помощью обработки космических снимков LANDSAT 8, выявил статистически значимую отрицательную связь между данными параметрами: наибольшему значению индекса NDVI соответствует минимальная концентрация УВ (рис. 5 и рис. 6). Рассчитанный коэффициент корреляции равен значению –0,57, что свидетельствует о взаимозависимости между этими показателями (рис. 8).

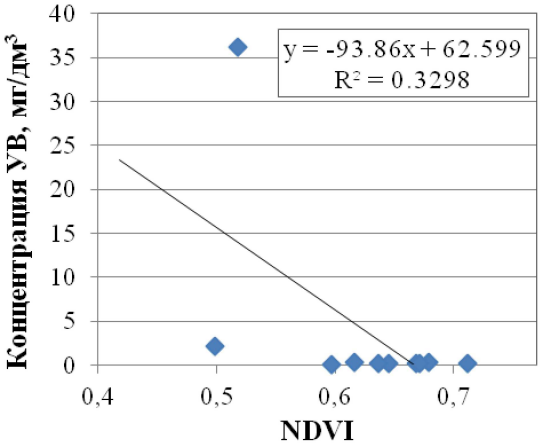

Рисунок 8 – Корреляционная зависимость данных спутниковых и наземных исследований

Заключение

Предложена методика комплексной оценки совокупного воздействия природных и техногенных факторов на состояние окружающей среды с использованием наземных и спутниковых данных. Анализ болотных вод методом ИК-спектрометрии позволил определить уровень регионального фонового содержания углеводородов в объектах, удаленных на разное расстояние от источников антропогенного воздействия. Обработка спутниковых данных с применением ГИС-технологий позволила рассчитать значения вегетационного индекса NDVI и количественно охарактеризовать отклик растительных сообществ на внешние воздействия растительного покрова исследуемых территорий, а также изучить их динамику за 2013–2016 гг.

Минимальное значение индекса NDVI установлено на территории болота Иксинское в 2014 г., максимальные – получены для пунктов Малоичское-фон и р. Ключ в том же году. Сравнительный анализ концентраций УВ и значений индекса NDVI в соответствующих пунктах отбора воды на территории Томской и Новосибирской областей показал наличие обратной корреляционной связи между состоянием растительного покрова и содержанием УВ. Таким образом, разработанная методика комплексной оценки воздействия природных и техногенных факторов на окружающую среду с использованием наземных и спутниковых данных позволяет получать достоверную информацию о состоянии труднодоступных нефтегазодобывающих территориях, что оказывает значительную помощь в своевременной оценке экологической ситуации и принятии решений в устранении и профилактике загрязнения природных объектов.

Литература:

1. Солодовников А.Ю. Устойчивость и экологический риск в процедуре оценки воздействия нефтегазовых объектов на окружающую среду: теоретический аспект // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – Тюмень : ИПОС, 2002. – Вып. 3. – С. 33–42.
2. Кутепова Е., Книжников А., Кочи К. Проблемы и перспективы использования попутного нефтяного газа в России : ежегодный обзор. – М. : WWF России, КПМГ, 2012. – Вып. 4. – 35 с. – URL : http://netess.ru/3knigi/1214358-1-problemi-perspektivi-ispolzovaniya-poputnogo-neftyanogo-gaza-rossii-ezhegodniy-obzor-vipusk-moskva-2012-kutepova-knizhni.php#1
3. Аксенов А., Широков Ю. Регулирование рынка ПНГ: уточнить терминологию, добавить меры стимулирования и ответственности // Нефтегазовая Вертикаль. – 2008. – № 20. – С.38–39.
4. Жарова Т.Ю. Анализ экономической эффективности внедрения на месторождения технологий по утилизации попутного нефтяного газа (в условиях Томской области). – Информационно-аналитическое агентство «Нефтегаз». – URL : http://lib.convdocs.org/docs/index-249203.html
5. Савченко Н.В. Геоэкологические проблемы Западно-Сибирской тайги // Окружающая природная среда и экологическое образование и воспитание / материалы II Всероссийской научно-практической конф. (7–8 февраля 2002 г). – Пенза, 2002. – С. 11–13.
6. Савченко Н.В. Антропогенное воздействие на экосистемы Васюганья и необходимость их охраны // Охрана природы и образование. На пути к устойчивому развитию / материалы научно-практич. конф. «Проблемы и перспективы охраны природы в Новосибирской области и сопредельных регионах» (3–4 декабря 2008 г.). – Новосибирск, 2009. – С. 19–21.
7. Перемитина Т.О. Применение данных спутниковых наблюдений TERRA-MODIS для мониторинга состояния окружающей среды нефтедобывающих территорий Западной Сибири / Т.О. Перемитина, И.Г. Ященко // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – №12. – С. 42–48.
8. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2015 году» / глав. ред. С.Я. Трапезников, ред. кол.: Ю.В. Лунева, Н.А. Чатурова; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». – Томск : Дельтаплан, 2016. – 156 с.
9. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в природных и сточных водах методом ИК спектрометрии. ПНД Ф 14.1:2.5-95. – М. : Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации, 2004. – 15 с.
10. Как загрузить данные Landsat 8 : О Landsat 8. – URL : http://www.esti-map.ru/articles/Download-Landsat-8-Data
11. Шайн А.С. Комплексные оценки качества поверхностных вод. – Л. : Гидрометеоиздат, 1984. – С. 24–33.
12. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды / под ред. Исаева Л.К. – СПб., эколого-аналитический информационный центр «Союз», 1998. – 896 с.

References:

1. Solodovnikov A.Yu. Stability and environmental risk in assessment procedure of impact of oil and gas objects on the environment: theoretical aspect // Messenger of ecology, maintaining woods and l maintaining landscape. – Tyumen : IPOS, 2002. – Issue 3. – P. 33–42.
2. Kutepova E., Knizhnikov A., Kochi K. Problems and the prospects of use of associated petroleum gas in Russia: annual review. – M. : WWF of Russia, KPMG, 2012. – Issue 4. – 35 p. – URL : http://netess.ru/3knigi/1214358-1-problemi-perspektivi-ispolzovaniya-poputnogo-neftyanogo-gaza-rossii-ezhegodniy-obzor-vipusk-moskva-2012-kutepova-knizhni.php#1
3. Aksenov A., Shirokov Yu. APG market regulation: to specify terminology, to add a measure of stimulation and responsibility // the Oil and gas Vertical. – 2008. – No. 20. – P. 38–39.
4. Zharova T.Yu. The analysis of economic efficiency of introduction on fields of technologies for utilization of associated petroleum gas (in the conditions of the Tomsk region). – Information and analytical agency «Neftegaz». – URL : http://lib.convdocs.org/docs/index-249203.html
5. Savchenko N.V. Geo ecological of a problem of the West Siberian taiga // Surrounding environment and ecological education and education / materials of the II All-Russian scientific and practical conference (on February 7–8, 2002). – Penza, 2002. – P. 11–13.
6. Savchenko N.V. Anthropogenous impact on ecosystems of Vasyugan Plain and need of their protection // Conservation and education. On the way to sustainable development / materials scientific and practical conference Problems and the prospects of conservation in the Novosibirsk region and adjacent regions, on December 3–4, 2008. – Novosibirsk, 2009. – P. 19–21.

7. Peremitina T.O. Application of these satellite observations of TERRA-MODIS for monitoring of state of environment of oil-extracting territories of Western Siberia / T.O. Peremitina, I.G. Yashchenko // Health and safety. – 2015. – No. 12. – P. 42–48.

8. The state report «About a state to the and protection of the environment of the Tomsk region in 2015» / heads. edition S.Ya. Trapeznikov, general edition: Yu.V. Luneva, N.A. Chaturov; Department of natural resources and environmental protection of the Tomsk region, Regional State Budgetary Institution «Oblkompriroda». – Tomsk : Deltaplan, 2016. – 156 p.

9. A technique of performance of measurements of mass concentration of oil products in natural and sewage by the spectrometry IK method. PND F 14.1:2.5-95. – M. : Ministry of environmental protection and natural resources of the Russian Federation, 2004. – 15 p.

10. How to load data of Landsat 8 : About Landsat 8. – URL : http://www.esti-map.ru/articles/Download-Landsat-8-Data

11. Shayn A.S. Complex estimates of quality of a surface water. – L. : Gidrometeoizdat, 1984. – P. 24–33.

12. Control of chemical and biological parameters of the environment / under the editorship of Isaev L.K. – SPb., ekologo-analytical information center «Soyuz», 1998. – 896 p.