

Оценка влияния нефтеразливов на состояние растительного покрова и приземного слоя атмосферы с использованием космических снимков

М.Н. Алексеева, Т.О. Перемитина, И.Г. Яценко*

*Институт химии нефти СО РАН
634021, г. Томск, пр. Академический, 3*

Поступила в редакцию 20.01.2011 г.

Вследствие труднодоступности и заболоченности северных территорий, находящихся в зоне воздействия предприятий нефтедобычи, наиболее перспективным подходом к оценке влияния нефтеразливов на состояние окружающей природной среды можно считать использование космических снимков (КС) и геоинформационных технологий. Путем дешифрирования КС определены площади нефтеразливов территории тестового участка и природно-антропогенная структура Самотлорского, Ватинского и Мамонтовского месторождений, расположенных в Ханты-Мансийском автономном округе. Выявлена динамика изменения площадей нефтеразливов во времени. Для оценки влияния нефтеразливов на состояние окружающей природной среды установлено распределение площади нефтеразливов по классификации растительного покрова и антропогенным объектам. На примере территории Самотлорского месторождения вычислена масса испарившихся углеводородов в атмосферу.

Ключевые слова: состояние окружающей среды, нефтеразливы, космические снимки, растительный покров, геоинформационные технологии; a state of environment, oil floods, space images, a vegetative cover, geoinformation technology.

Влияние нефтеразливов на окружающую среду определяется площадями разливов, свойствами аварийно разливаемой нефти и природными условиями территории. В настоящей статье для выявления нефтеразливов и оценки их площадей использовались разновременные космические снимки (КС) со спутника Landsat в 1999–2001 и 2005–2007 гг. в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра. Для выявления классов растительного покрова и антропогенных объектов использовались те же снимки, полученные в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне. Подбор каналов КС, соответствующих определенным диапазонам электромагнитного спектра, осуществлялся визуально и далее на основе заключения о приемлемом соответствии результатов дешифрирования литературным и картографическим данным, используемым в настоящей статье. Часто при решении поставленных задач, связанных, в частности, с оценкой площадей лесных пожаров и их раннего обнаружения из космоса, требуется проводить атмосферную коррекцию КС [1, 2]. В данной статье атмосферная коррекция, связанная с уменьшением влияния облачности на КС, не проводилась вследствие их приемлемого качества.

На рис. 1 представлена обобщенная схема анализа данных для оценки влияния нефтеразливов на состояние окружающей природной среды.

В статье для характеристики рельефа местности используются цифровые модели ASTER GDEM, которые доступны в сети Интернет, обладают приемлемой точностью и находятся в географической системе координат. Литературные данные в схеме на рис. 1 — это карты, рисунки, статистические данные и описания наземных исследований [3–5], которые могут применяться для выявления нефтеразливов и природно-антропогенной структуры территории на КС и определения достоверности результатов.

Классификация КС Landsat осуществляется с обучением решающего алгоритма программы на основе выбранных сигнатур нефтеразливов средствами пакета ERDAS Imagine. Пространственное совмещение в заданной проекции классифицированных космических снимков, карт, цифровой модели рельефа и литературных данных проводится с использованием средств ERDAS Imagine. Преобразование в векторный формат результата классификации космических снимков и карт осуществляется в геоинформационной системе ArcView. Геопространственный анализ с расчетом площадей нефтеразливов, их распределения по классификации ландшафтных выделов и по типам почв выполняется средствами ArcView и ArcGIS. Анализ направления растекания нефти на нефтеразливах проводится на основе ASTER GDEM средствами ArcGIS и специального программного обеспечения, включающего программы ContourElev_SK и Line_flip [6].

* Мария Николаевна Алексеева (amn@ipc.tsc.ru); Татьяна Олеговна Перемитина; Ирина Германовна Яценко.

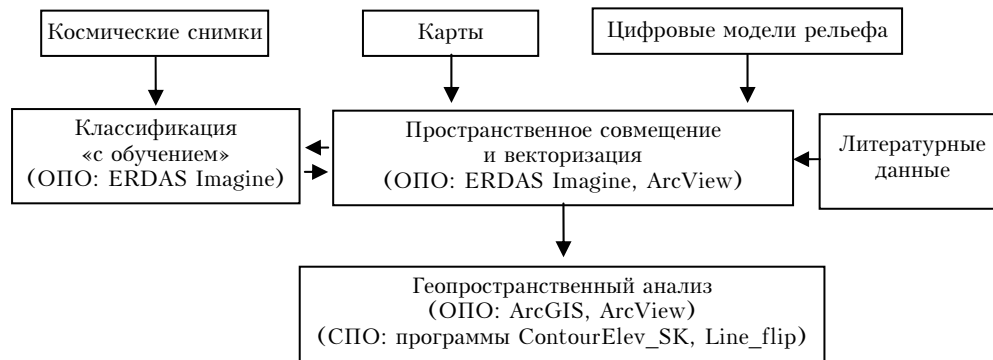


Рис. 1. Схема анализа данных: ОПО – общее программное обеспечение, СПО – специальное программное обеспечение

В настоящее время на территории Западной Сибири существует большое количество месторождений, на которых эксплуатируются устаревшие нефтепроводы 30–40-летней давности. Так, в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) ежегодные объемы аварийно разливаемой нефти составляют от 50 до 70 тыс. т. В 2007 г. количество аварий составило 5480 с площадью разливов нефти 890,9 га [7, 8]. Несмотря на многократное увеличение объемов рекультивационных работ, проблема нефтяного загрязнения в округе остается чрезвычайно острой. Выявление нефтеразливов и оценка их влияния на состояние окружающей природной среды с использованием КС проводились нами на примере территории тестового участка, расположенного на территории ХМАО (рис. 2).

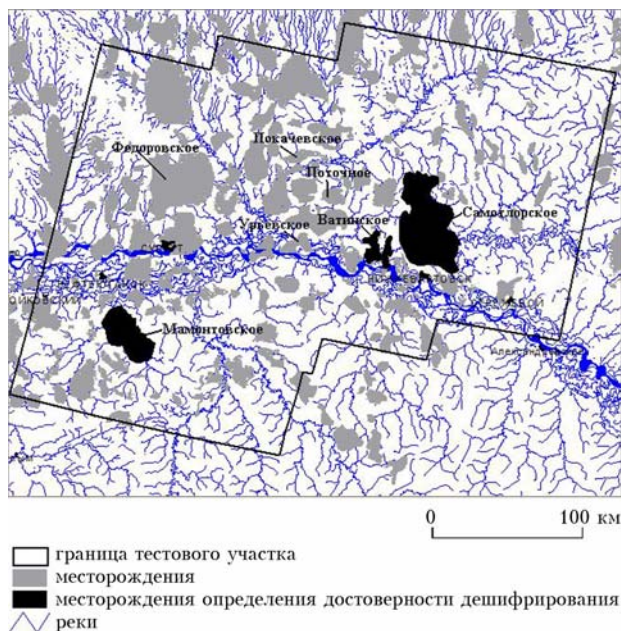


Рис. 2. Тестовый участок дешифрирования нефтеразливов

Тестовый участок охватывает территории следующих месторождений нефти: Самотлорского, Ватинского, Мамонтовского, Покачевского, Федоровского, Урьевского и Мыхпайского.

На основе дешифрирования КС Landsat 1999–2001 гг. определена общая площадь нефтяных разливов на территории тестового участка, которая составляет 24 км², из них 2,8 км² приходится на Мамонтовское месторождение и 11 км² на долю Самотлорского месторождения.

Была проведена проверка соответствия (валидация) полученных нами результатов оценки площадей нефтеразливов на территориях Самотлорского, Ватинского и Мамонтовского месторождений с опубликованными данными в [3–5]. На территории Самотлорского месторождения установлено полное соответствие выявленных нефтяных разливов с данными, полученными в результате дешифрирования космоснимков исследователями экологической организации Гринпис [3]. На территории Мамонтовского месторождения соответствие дешифрирования нефтяных разливов на КС составило 60% по отношению к полевым исследованиям [4].

В результате дешифрирования разновременных КС (1999–2001 и 2005–2007 гг.) была выявлена отрицательная динамика изменения площадей нефтеразливов на территории месторождений (рис. 3).

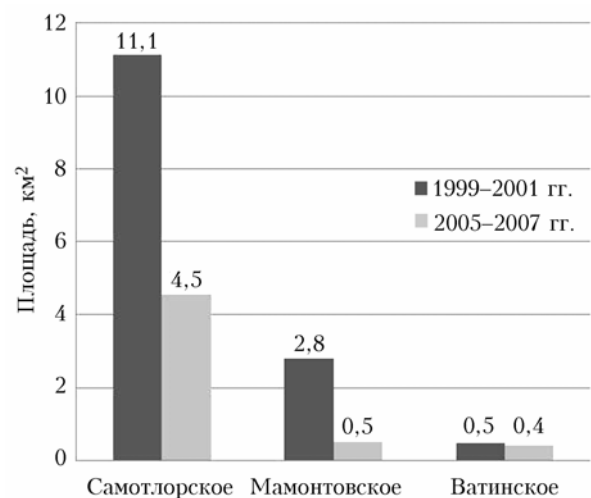


Рис. 3. Динамика изменения площадей нефтеразливов на территории Самотлорского, Ватинского и Мамонтовского месторождений

Так, в результате дешифрирования КС Landsat 2005 и 2007 гг. на территориях Самотлорского, Ватинского и Мамонтовского месторождений площади нефтеразливов составили 4,5; 0,5 и 0,4 км² соответственно, что меньше площадей разливов, определенных по КС 1999–2001 гг., примерно в 2,5 раза для территории Самотлорского месторождения и в 6 раз для территории Мамонтовского месторождения. Действительно, за последние годы на территории ХМАО отмечается уменьшение площади нефтезагрязненных земель как в результате проведенной рекультивации [7, 8], так и благодаря процессам самовосстановления.

Наибольший ущерб экосистемам при разведке, обустройстве и эксплуатации месторождений наносится за счет механических и химических нарушений растительного, почвенного покрова и подстилающих пород.

Известно, что разливы нефти оказывают отрицательное влияние на почвы [9, 10]. Естественные почвы на территории Средней Оби представлены глееземами, подзолами, светлоземами, подзолистыми, торфяными олиготрофными почвами [8]. Торфяные почвы и торфяники обладают наибольшей нефтеемкостью. На сфагново-осоковых болотах основное количество нефти находится в верхнем 5-сантиметровом слое, на сфагново-кустарничковых – в 10–

15-сантиметровом слое. При падении уровня грунтовых вод нефть оседает на поверхности болота и постепенно затвердевает, образуя битумообразную корку [9, 10].

Почвы, подвергшиеся техногенному воздействию, – это техногенные поверхностные образования, в основном представленные насыпными минеральными грунтами отвалов вскрытых пород из песка, супеси и суглинка [8]. На насыпных песчаных основаниях буровых площадок глубина нефтяного загрязнения достигает 0,5–1 м [9].

В результате химико-механических нарушений растительного покрова нефтедобывающих таежных территорий происходит: а) замещение мезоморфной растительности влаголюбивой (болотной и лугово-болотной); б) замещение лесной растительности группировками суходольных лугов с небольшим видовым разнообразием и сорными видами трав. КС наглядно отображают подстилающую поверхность ландшафтов, ее нарушения и изменения во времени.

На основе дешифрирования КС Landsat 1999, 2001, 2005 и 2007 гг. определено изменение площадей нефтеразливов для каждого класса растительного покрова и антропогенных объектов территориях Самотлорского, Ватинского и Мамонтовского месторождений (рис. 4).

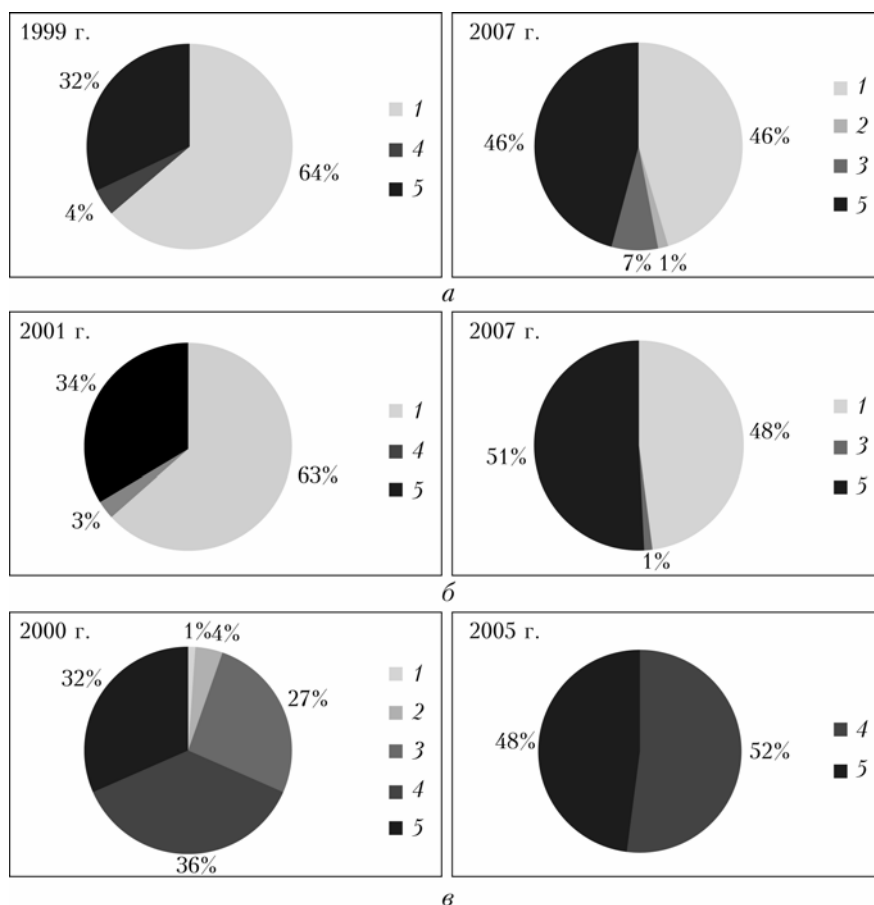


Рис. 4. Распределение площади нефтеразливов по классификации растительного покрова и антропогенным объектам территории: а – Самотлорского, б – Ватинского и в – Мамонтовского месторождений

В результате дешифрирования КС для оценки влияния нефтеразливов используется следующая классификация растительного покрова и антропогенных объектов: 1 – моховые и травяные болота; 2 – хвойный лес; 3 – мелколиственный лес; 4 – мохово-травяно-кустарничковая растительность на месте вырубок и отсыпном грунте болот; 5 – нефтепроводы и кустовые площадки.

Как видно из рис. 4, в 2005 и 2007 гг. за счет новых аварий увеличились доли площадей нефтеразливов в местах прохождения нефтепроводов и кустовых площадок и составили 46, 51 и 48% на территориях Самотлорского, Ватинского и Мамонтовского месторождений соответственно. На территориях Самотлорского и Ватинского месторождений в 1999 г. на моховые и травяные болота приходилось около 60% площадей нефтеразливов, а в 2007 г. площадь нефтеразливов на болотах уменьшилась и составила уже 46% на Самотлорском месторождении и 48% на Ватинском. В 1999 г. на территориях Самотлорского и Ватинского месторождений 4 и 3% от общих площадей нефтеразливов пришлось на мохово-травяно-кустарничковую растительность на месте вырубок и отсыпном грунте болот, а в 2007 г. 7 и 1% на мелколиственные леса.

На территории Мамонтовского месторождения в 2000 г. в результате нефтеразливов отмечается загрязнение нефтью: мелколиственных лесов (27% площади нефтеразливов); мохово-травяно-кустарничковой растительности на месте вырубок и отсыпном грунте болот (36%) и мест расположения нефтепроводов и кустовых площадок (32%). В 2005 г. на территории Мамонтовского месторождения картина загрязнения изменилась, а именно: увеличились площади нефтеразливов на территории распространения мохово-травяно-кустарничковой растительности на вырубках и отсыпном грунте болот (52%) и в местах прохождения нефтепроводов и кустовых площадок (48%), но не подверглись загрязнению другие территории.

Наименее всего на месторождениях от нефтеразливов пострадали хвойные леса (см. рис. 4). Наблюдается их загрязнение при авариях на территории Самотлорского месторождения в 2007 г. (1% площади загрязнения) и Мамонтовского месторождения в 2000 г. (4% площади загрязнения).

Аварийные разливы нефти не только ухудшают состояние почвенного и растительного покровов, но и загрязняют атмосферный воздух. В летнее время с поверхности разливов испаряется от 20 до 40% легкой фракции нефти [10].

Степень загрязнения атмосферы вследствие аварийного разлива нефти определяется массой летучих низкомолекулярных углеводородов, испарившихся с покрытой нефтью поверхности земли или водоема. Масса углеводородов (т), испарившихся с поверхности земли, покрытой разлитой нефтью, определяется по формуле [11]:

$$M = qF \cdot 10^{-6},$$

где F – площадь нефтенасыщенного грунта, м²; q – удельная величина выбросов углеводородов в атмосферу с поверхности нефти, г/м². Величина

q зависит от плотности нефти, средней температуры поверхности испарения, толщины слоя нефти на дневной поверхности земли, продолжительности процесса испарения свободной нефти с дневной поверхности земли.

На примере территории Самотлорского месторождения рассмотрено влияние разливов нефти на атмосферу и вычислена масса испарившихся углеводородов. Отмечено [3], что нефтяные разливы, образовавшиеся в 1998–1999 гг. на Самотлорском месторождении, имели открытую нефтяную поверхность с глубиной нефтяного слоя, достигающего в отдельных местах нескольких десятков сантиметров.

Нефти Самотлорского месторождения легкие, маловязкие, малосмолистые, сернистые и парафинистые. Легкие фракции, вскипающие до 150 °С, составляют 17% от объема, плотность нефтей при 20 °С 0,85–0,86 г/см³ [12].

При расчете массы углеводородов, испарившихся с поверхности нефтеразливов на Самотлорском месторождении летом (с июня по август) 1998 г. и летом 1999 г., толщина нефтяного слоя была принята в среднем за 1–5 см, средняя температура поверхности испарения, рассчитанная на основе [13], составила 13 °С. Всего при площади нефтяных разливов 11 км² и удельной величине выбросов углеводородов в атмосферу с поверхности нефти 1763 г/м² с июня по август 1998 и 1999 гг. в атмосферу поступило 19393 т испарившихся углеводородов. Вследствие сокращения площадей нефтеразливов на Самотлорском месторождении (см. рис. 3) значительно меньше углеводородов поступило в атмосферу летом (с июня по август) 2006 г. и летом 2007 г. и составило 7933 т. С поверхности нефтеразливов наиболее быстро испаряются алканы, циклоалканы и некоторые ароматические углеводороды. Из испарившихся углеводородов канцерогенными для населения являются пентан, гексан, циклогексан и бензол [14].

Таким образом, в работе путем дешифрирования КС определены площади нефтеразливов и природно-антропогенная структура территорий Самотлорского, Ватинского и Мамонтовского месторождений. Выявлена динамика изменения площадей нефтеразливов во времени, которая показывает их уменьшение с 1999 по 2007 г. Установлено распределение площади нефтеразливов по классификации растительного покрова и антропогенным объектам. Показано, что значительная площадь загрязнения приходится на болота, которые имеют низкую устойчивость к механическому и химическому воздействиям. Нефтеразливы в летнее время загрязняют атмосферный воздух путем испарения, что показано на примере Самотлорского месторождения.

1. Афонин С.В. К вопросу об атмосферной коррекции спутниковых данных в задаче мониторинга из космоса малоразмерных очагов лесных пожаров // Оптика атмосф. и океана. 2005. Т. 18, № 4. С. 331–334.

2. Афонин С.В., Белов В.В., Соломатов Д.В. Решение задач температурного мониторинга земной поверх-

- ности из космоса на основе RTM-метода // Оптика атмосф. и океана. 2008. Т. 21, № 12. С. 1056–1063.
3. Михайлов С., Таргулян О. Нефтяные разливы – вид из космоса // ArcReview. 2001. № 2. С. 6.
 4. Казанцева М.Н., Казанцев А.П., Гашев С.Н. Характеристика нефтяного загрязнения территории Мамонтовского месторождения нефти // Вестн. экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2001. Вып. 2. С. 86–90.
 5. Сивоконь И.С., Шор Е.Л. Анализ современного состояния природной среды в районе Ватинского нефтяного месторождения // Биологические ресурсы и природопользование. Нижневартовск: Нижневарт. пед. ин-т, 1997. С. 99–113.
 6. ArcScripts Home – ESRI Support [Электронный ресурс]: программы. Режим доступа: <http://arcscripsts.esri.com/>
 7. Информационный бюллетень «О состоянии окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 2006–2007 годах». Ханты-Мансийск: Мониторинг, 2008. 117 с.
 8. Состояние окружающей среды и природных ресурсов в городе Нижневартовске и Нижневартовском районе в 2006 г. Нижневартовск: Югорский, 2006. 82 с.
 9. Чижов Б.Е., Черкашина М.В. Экологические последствия нефтегазодобычи в Ханты-Мансийском автономном округе // Проблемы топливно-энергетического комплекса Западной Сибири. Тюмень: Тюмен. отделение РАН, 2009. С. 402–417.
 10. Гриценко А.И., Акопова Г.С., Максимов В.М. Экология, нефть и газ. М.: Наука, 1997. 598 с.
 11. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах (утв. Минтопэнерго РФ 1 ноября 1995 г.) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ecoguild.ru/docs/usherblarn.doc>, свободный.
 12. Сравнительная физико-химическая характеристика нефтей пластов БВ₇ и БВ₈ Самотлорского месторождения // Вестн. недропользователя [Электронный ресурс]: журнал, 2002. Режим доступа: <http://www.oilnews.ru/magazine/2002-09-11.html>, свободный.
 13. Азьмука Т.И. Климат почв Среднего Приобья. Новосибирск: Наука, 1986. 119 с.
 14. Гигиенический норматив «Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» [Электронный ресурс]: ГОСТ, 2003. Режим доступа: <http://libgost.ru/>, свободный.

M.N. Alekseeva, T.O. Peremitina, I.G. Yashchenko. Estimation of influence of oil floods on the state of environment by space images.

Remote and boggy northern territories of Western Siberia are in a zone of influence of oil extracting enterprises. To estimate influence of oil floods on the state of environment, space images and geoinformation technology were used. From the processing of space images the sites of oil floods at the territory of test areas and natural-anthropogenous structure of the deposits located in Khanty-Mansiysk region are defined. Dynamics of change of the areas of oil floods in time is revealed. For estimation of influence of oil floods on the environment, the distribution of the area with oil floods by the vegetative cover and anthropogenous objects is established. As an example of territory of Samotlorsk deposit the mass of the evaporated hydrocarbons in atmosphere is calculated.