

## **Аксёнов Д.Е. Оценка накопленного воздействия добычи нефти на окружающую среду с использованием материалов космической съёмки**

**Аксёнов Д.Е.**

НП «Прозрачный мир»

Вопросы оценки воздействия добычи нефти и газа на окружающую среду сегодня приобретают особое значение для компаний нефтегазового сектора, в немалой степени в связи с пристальным вниманием к экологическим вопросам со стороны государственных структур и общественности. Именно экологические вопросы становятся заметным, а иногда и ключевым аргументом в имущественных, по сути, спорах о правах на разработку тех или иных месторождений. Перед нефте- и газодобывающими предприятиями встают задачи:

- быстрой оценки реального уровня воздействия на окружающую среду применяемых технологий;
- разделения воздействия, образовавшегося в результате собственной деятельности компании и унаследованного от предыдущих хозяев месторождения (особенно актуально для месторождений, освоенных ещё в советское время и сменивших владельцев в 90-ых – начале 2000-ых гг.);
- расстановки приоритетов и оптимизация процесса рекультивации загрязнённых и нарушенных земель;
- выбора оптимальной технологии и партнёров для освоения новых месторождений;
- планирования коридоров для строительства продуктопроводов с учётом их воздействия на окружающую среду.

В 2006 году некоммерческое партнёрство «Прозрачный мир», совместно с американскими партнёрами, Институтом мировых ресурсов (World Resources Institute), и компанией ТНК-ВР начало осуществление проекта «Оценка накопленного воздействия добычи нефти и газа на природную среду в России».

**Особенности проекта:**

- использование только открытой информации. Нашей задачей является разработка таких методов измерения различных видов воздействий на окружающую среду, которые не требуют получения материалов и разрешений от разработчиков месторождений, а также не требуют использования закрытой корпоративной информации или информации с ограниченным доступом;
- обязательное признание результата авторитетными экспертами. При проекте создан и функционирует экспертный совет, включающий специалистов различных областей, представителей научных учреждений и общественных организаций. Все публикации по итогам проекта будут предварительно проходить обязательное рецензирование независимыми экспертами;
- в проекте принимают участие независимые экологические общественные организации, такие как Российское отделение Всемирного фонда дикой природы (WWF), Гринпис России, Международный социально-экологический союз;
- проект рассчитан на три года. В первый год мы занимались отработкой методики на примере пилотных участков. В качестве таковых были выбраны Покровское месторождение в Оренбургской области и Самотлорское месторождение в Ханты-Мансийском автономном округе (Югре);
- компания ТНК-ВР предоставляет финансовую поддержку и обеспечивает доступ участникам проекта на свои месторождения, выбранные в качестве пилотных участков.

## **Исходные материалы**

В силу упомянутых выше особенностей, именно материалы космической съёмки являются основным источником данных для оценки воздействия. Нами были использованы следующие основные типы снимков:

- Landsat 7 ETM+ за период 1999-2002 гг. — 6 спектральных каналов разрешением 30 метров, 1 панхроматический канал разрешением 15 метров, 2 тепловых (TIR) канала разрешением 60 метров;
- Landsat 5 TM за период 1988-1993 гг. — 6 спектральных каналов разрешением 30 метров, 2 тепловых (TIR) канала разрешением 120 метров;
- Terra ASTER за период 2002-2005 гг. — 3 спектральных канала разрешением 15 метров, 1 тепловой канал с разрешением 90 метров.

Вышеупомянутые данные являются общедоступными. Снимки Landsat до 2001-2002 гг. доступны бесплатно для скачивания с сайта Университета штата Мериленд (University of Maryland). Снимки ASTER тоже до недавнего времени были бесплатными. И хотя сегодня за них введена плата, цена является достаточно доступной даже для некоммерческих структур.

В то же время, все вышеупомянутые снимки охватывают лишь период до 2001-2002 гг., за исключением некоторых более поздних сцен Aster. Используя их, мы можем получить оценку воздействия по состоянию на начало века. Для оценки современного состояния необходимы актуальные снимки. Источником таких снимков для проекта является Инженерно-технический центр «СканЭкс», который принимает разнообразную спутниковую информацию на собственную сеть станций, охватывающую всю территорию России. В частности, нами были использованы следующие типы снимков:

- SPOT 2/4 HRV/HRVIR за период 2006 г. — 4 спектральных канала разрешением 20 метров и один панхроматический канал разрешением 10 метров;
- IRS-1C/1D LISS-3/PAN за период 2005-2006 гг. — 3 спектральных канала разрешением 23 метра и панхроматический канал разрешением 5,8 метра;
- EROS за период 2005-2006 гг. — панхроматические снимки разрешением около 2 метров;
- RADARSAT-1 за период 2004-2006 — радарные снимки с разрешением в стандартном режиме 25 метров.

Перспективными для дальнейшего использования являются также снимки Landsat 5 TM, которые также принимаются сегодня на собственные станции ИТЦ «СканЭкс».

## **Основные результаты первого года проекта по пилотным территориям**

Используя доступные сегодня космические снимки, нам удалось в ходе пилотной фазы проекта непосредственно выделить следующие категории территорий/объектов, появившихся в результате освоения нефтяных месторождений:

1. Территории, на которых исходные экосистемы полностью уничтожены в результате строительства объектов инфраструктуры:

- кустовые площадки;
- отдельные буровые площадки / скважины (преимущественно разведочные);
- дороги;
- трубопроводные коридоры / ЛЭП;
- факельное хозяйство;
- карьеры и песчаные отвалы (в результате гидронамыва);
- промышленные площадки (насосные станции и пр.);
- территории населённых пунктов;
- заброшенные объекты инфраструктуры, на которых восстанавливается

вторичная лесная растительность.

Дешифрируемость этих объектов инфраструктуры оказалась различной для разных пилотных участков. Так, для Самотлорского месторождения (и, видимо, для большинства других месторождений Западной Сибири) все объекты инфраструктуры имеют достаточно чёткие дешифровочные признаки и легко выявляются даже по снимкам среднего разрешения, таких как Landsat. Сравнение с данными ТНК-ВР показало почти полное совпадение с данными, полученными при обработке космических снимков. Определённые сложности возникают лишь при разделении трубопроводных коридоров, трасс ЛЭП и просёлочных дорог в местах их высокой плотности.

Использование для таких территорий снимков с разрешением 15-30 метров позволяет нанести объекты инфраструктуры с точностью, соответствующей картам масштабов 1:100 000–1:200 000. Использование панхроматических снимков IRS PAN с разрешением 5,8 метра позволяет достичь точности, достаточной для построения карт масштаба 1:25 000, и может являться более привлекательной по цене альтернативой аэрофотосъёмке.

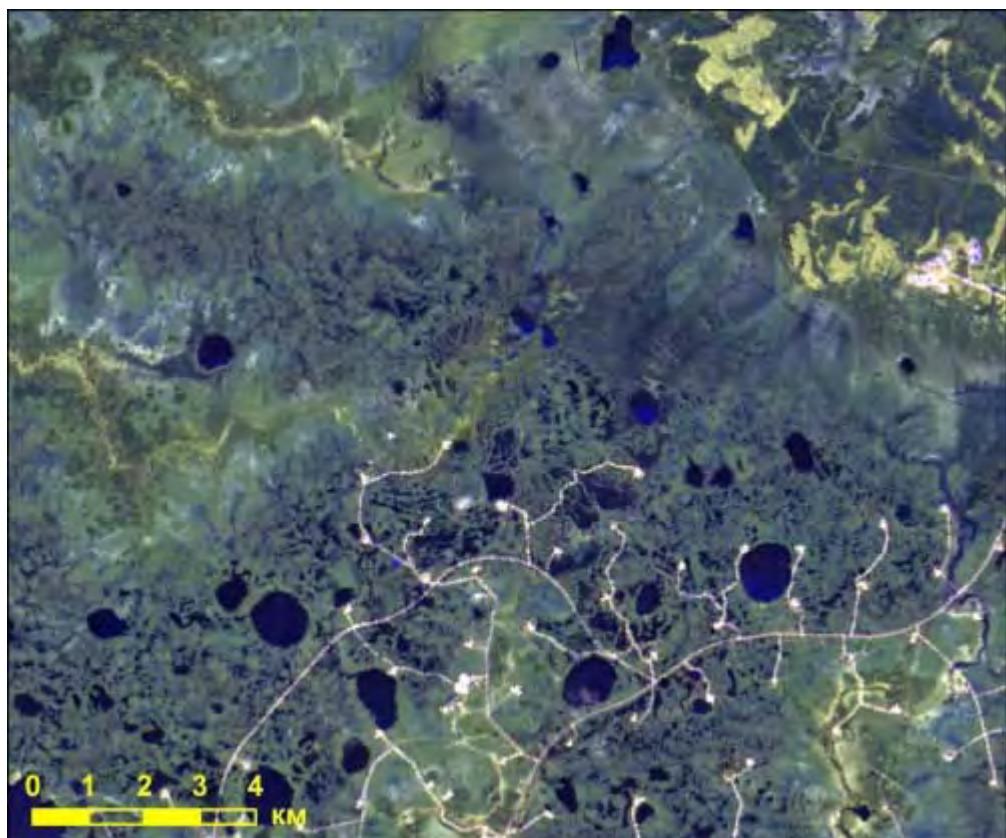


Рис. 1. Снимок Landsat-5 TM. Пространственное разрешение 30 м. Дата съемки 22 мая 1988 г.

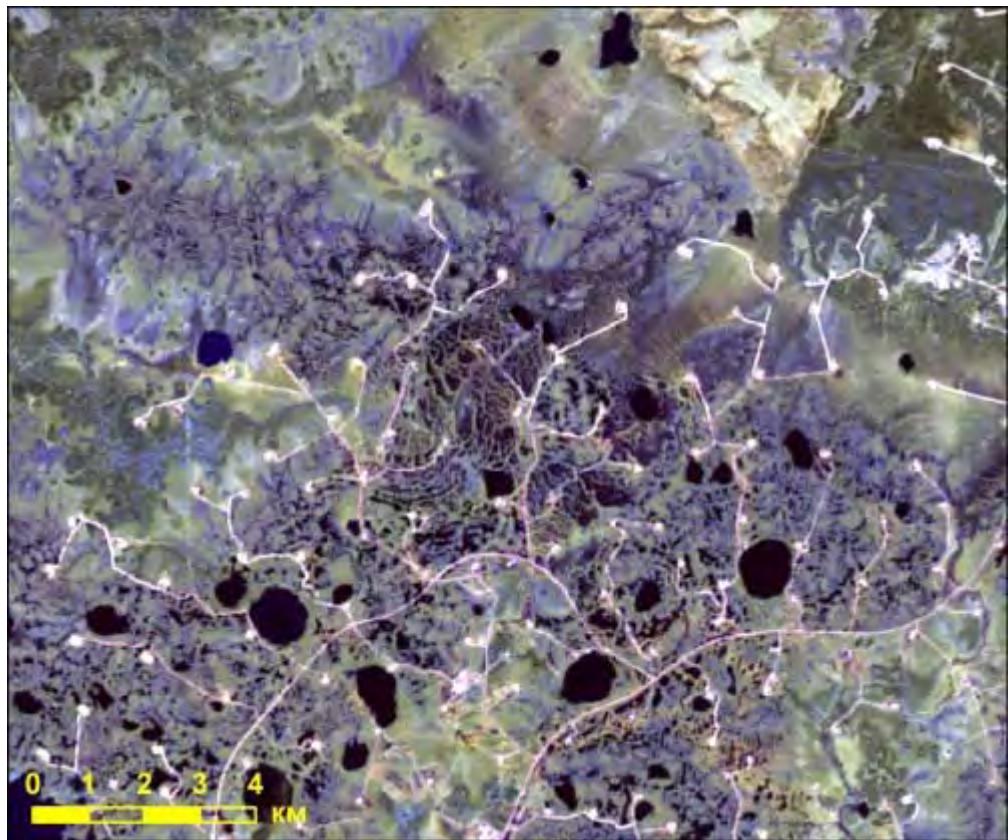
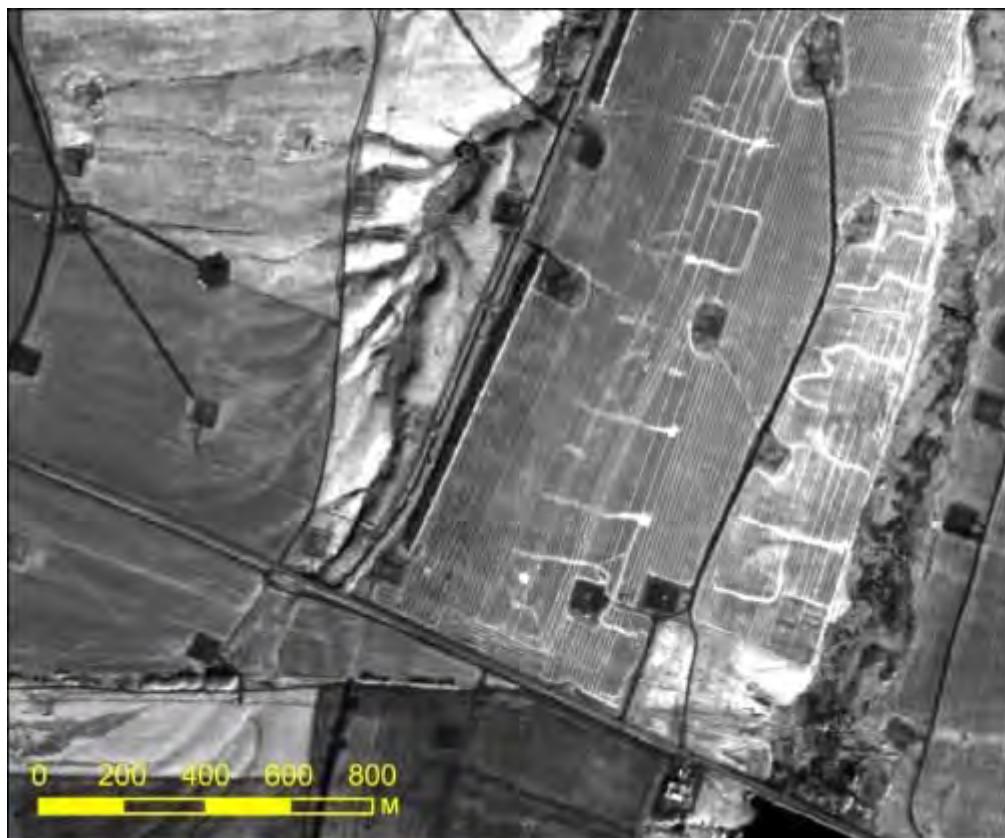


Рис. 2. Снимок Landsat-7 ETM+. Пространственное разрешение 30 м. Дата съемки 19 сентября 1999 г.



Рис. 3. Снимок SPOT-4. CNES, SpotImage, RDC ScanEx, 2006. Пространственное разрешение 20 м. Дата съемки 1 июня 2006 г.

Гораздо большие сложности возникают при работе на месторождениях, расположенных в староосвоенных регионах. Здесь инфраструктура нефтегазовой промышленности маскируется другими видами антропогенных воздействий (например, воздействием сельского хозяйства, инфраструктурой общего пользования, инфраструктурой других отраслей промышленности). Так, при работе по территории Покровского месторождения в Оренбургской области достоверность выделения кустовых площадок по снимкам Landsat, ASTER, IRS LISS и IRS PAN составила лишь 50%. И только использование снимков EROS с разрешением около 2 метров позволило достоверно выделить эти элементы инфраструктуры.



*Рис. 4. Покровское месторождение. Снимок EROS-A. ImageSat International N.V., RDC ScanEx, 2005. Пространственное разрешение 2 м. Дата съемки 7 ноября 2005 г. Масштаб 1:20000*

2. Территории, на которых исходные экосистемы уничтожены или изменены в результате загрязнения / эвтрофикации:

- достаточно крупные (крупнее 1 га.) участки замазученности после старых и свежих разливов, а также участки, вскоре после проведения рекультивации (последние на торфянистых почвах мало отличаются от загрязнённых до начала восстановления растительности);
- вторичная эвтрофная растительность по участкам старой или не слишком интенсивной замазученности, по окраинам замазченных территорий. (Как правило, позволяет более точно определить реальные границы загрязнения нефтепродуктами);
- ранее замазченные участки, на которых вторичная растительность появилась в результате рекультивации или естественного восстановления;
- в ряде случаев, но с меньшей степенью достоверности возможно также выделить участки с изменённой растительностью в результате относительно

более слабой эвтрофикации по различным причинам (без сплошной замазченности или вообще эвтрофицированные не в результате разливов, часто следов нефтепродуктов при натурном обследовании не обнаруживается).

Основной дешифровочный признак сильно загрязнённых нефтепродуктами участков, не покрытых растительностью, свечение в дальнем инфракрасном (тепловом) диапазоне. В видимом, ближнем и среднем инфракрасных диапазонах тёмная мазутная корка выглядит так же, как и вода — поглощает большую часть излучения, но при этом является более значительно более тёплой.

Предварительное выделение таких территорий производилось путём полуавтоматической классификации с использованием нейронных сетей Кохонена (программное обеспечение — ScanEx NeRIS). Сравнение с данными компании по Самотлорскому месторождению и выборочная полевая проверка подтвердили надёжность этого метода. Были даже выявлены загрязнённые участки, не отмеченные в базе данных компании.

Определённую проблему представляет отсутствие современных спутниковых данных в тепловых каналах, имеющих остаточное разрешение. После практического выхода из строя спутника Landsat 7 в 2003 году наилучшее разрешение (90 м.) имеют снимки Aster. Однако, производительность этого инструмента невысока и полное покрытие значительных территорий можно получить только в течение нескольких лет. Более-менее актуальную информацию можно получить со всё ещё работающего спутника Landsat 5. однако, его тепловые каналы имеют достаточно низкое разрешение (120 м.). На ближайшие годы перспективным представляется использование радарных снимков, достаточно чувствительных к увлажнению поверхности и легко отделяющих покрытые водой участки от относительно сухих. Альтернативой может быть использование дефектных снимков (SLC-off), которые всё ещё продолжают поступать со спутника Landsat 7. Геологическая служба США (USGS) продолжает распространение таких снимков по невысокой цене. Есть даже предположения, что эти данные станут условно-бесплатными. Хотя на этих снимках и потеряно около 22% информации, при использовании большого количества сцен можно добиться достаточно полного покрытия исследуемого участка.

В то же время, значительная часть сильно загрязнённых территорий не имеет сплошной мазутной корки на поверхности и покрыта сверху вторичной растительностью. Это не позволяет выявить такие территории вышеуказанным методом. Однако, сама вторичная растительность является прекрасным индикатором загрязнения, так как существенно отличается от первичной растительности, характерной для нефтеносных районов Западной Сибири. Из-за наличия следов нефтепродуктов также отмечается свечение этих участков в тепловом диапазоне, но менее яркое, чем у непокрытых растительностью участков. Однако, по нашим наблюдениям, именно определённые типы вторичной растительности (преимущественно рогозятники) индицируют реальные границы разлива.

Для проведения этих границ проводилась более точная визуальная интерпретации по спектрональным снимкам. Наилучшие результаты были получены по снимкам ASTER, позволившие провести границы разливов точнее, чем снимки Landsat или SPOT. Более поздние по времени снимки SPOT и IRS LISS использовались для уточнения актуальной ситуации.

Предварительно сравнение этих результатов с данными компании показало достаточную степень совпадения, но выявило и определённые различия в очертаниях границ загрязнённых территорий. С нашей точки зрения, эти различия

связаны с различиями в применяемых критериях. База данных компании была составлена на основе наземной оценки загрязнения почвы нефтепродуктами. При этом низкие концентрации загрязнителей, а также участки, загрязнённые преимущественно минеральными элементами в результате разливов водно-нефтяных смесей, могли не приниматься во внимание. Наша методика выявляет, прежде всего, результат воздействия — изменение растительности — который может быть более долговременным, чем присутствие в почве нефтепродуктов. В настоящее время полученные результаты переданы ТНК-ВР для проведения более тщательной проверки.

Путём визуального дешифрирования также можно выделить участки, на которых растительность была изменена ранее, но сегодня следы нефтепродуктов отсутствуют. Как правило, такие участки по типу растительности отличаются от загрязнённых участков. Дополнительными дешифровочными признаками являются часто диффузные границы таких участков, их контура, по форме напоминающие поток, приуроченность к водотокам и ложбинам, свидетельствующая о том, что на растительный покров отрицательно воздействует какая-то жидкость, стекающая вниз по склону.

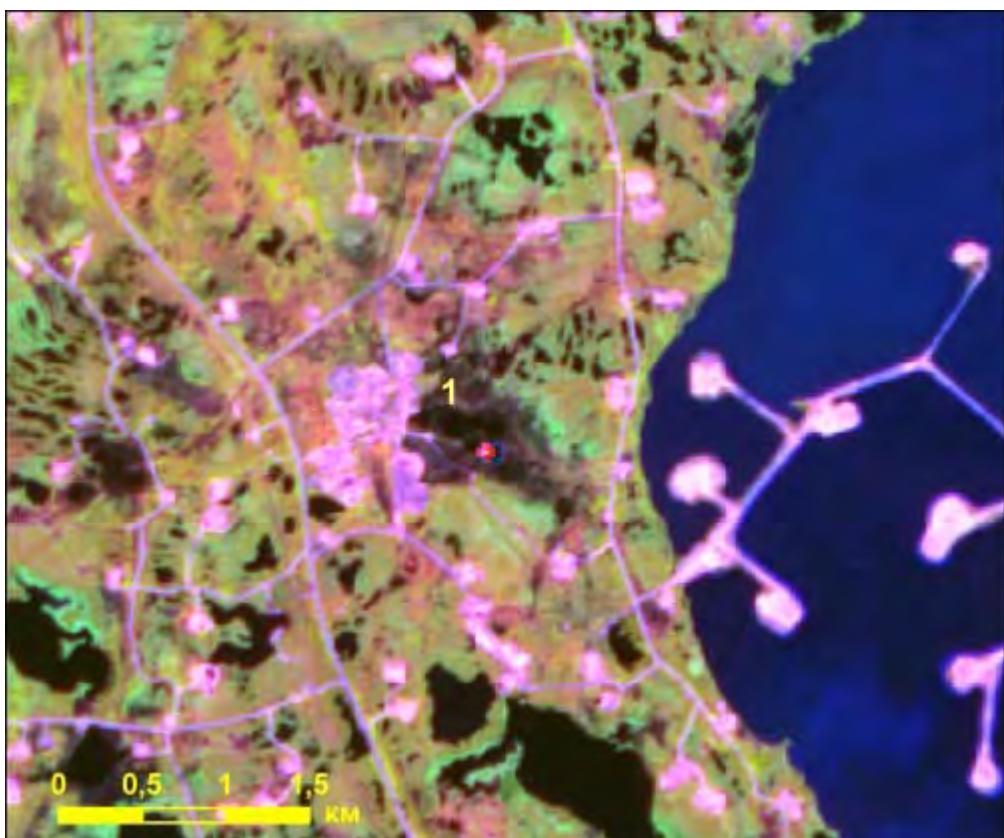


Рис. 5-А. Самотлорское месторождение. Снимок Terra/Aster.  
Пространственное разрешение 15 м. Дата съемки 2 июля 2002 г.  
Масштаб 1:50000. Участок, загрязнённый нефтепродуктами.  
Цифрой 1 обозначено загрязнение, скрытое вторичной  
растительностью

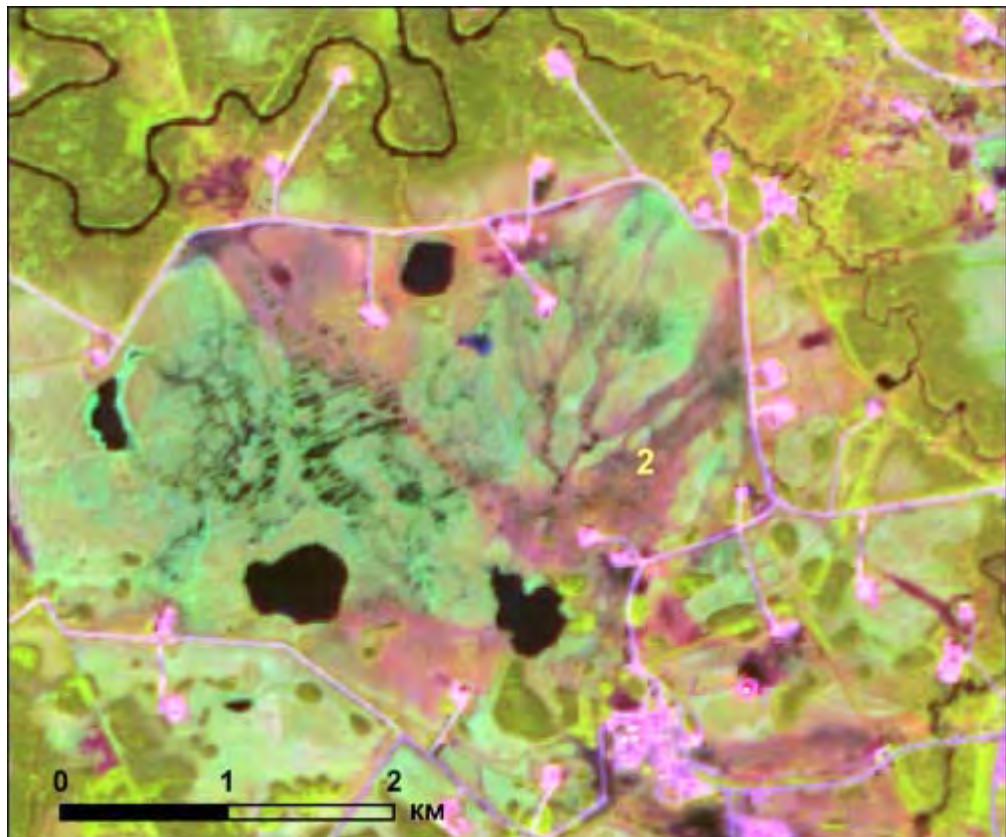


Рис. 5-Б. Самотлорское месторождение. Снимок Terra/Aster. Пространственное разрешение 15 м. Дата съемки 2 июля 2002 г. Масштаб 1:50000. Участок с растительностью, изменённой в результате старого или низкоинтенсивного загрязнения (обозначен цифрой 2)

Причиной деградации растительности этих территорий, в условиях Самотлорского месторождения, чаще всего, по-видимому, являлись старые или небольшие по интенсивности разливы. Однако, в ряде случаев можно предположить и антропогенную эвтрофикацию по иным причинам: изменение гидрологического режима, попадание минеральных материалов в ходе строительства и т. д.

Для условий Покровского месторождения в Оренбургской области единственными выявленными загрязнёнными участками являлись шламовые амбары. Это не говорит о полном отсутствии разливов на данном месторождении, но свидетельствует об их небольших размерах и коротком времени существования. Информация, полученная от представителей компании, подтверждает эти предположения. В условиях достаточно густонаселённой местности, агроландшафта и большей доступности территории для экологического контроля большинство разливов обнаруживаются и ликвидируются в течение первых часов. Говорить об изменённой растительности в условиях сплошного сельскохозяйственного освоения также не приходится. Исходная растительность здесь давно и практически полностью заменена искусственной на полях или сорной по их краям и обочинам дорог. Эвтрофикация в результате разливов, по нашему мнению, здесь мало что меняет в общей картине антропогенного воздействия.

3. Акватории, экосистемы которых нарушены в результате загрязнения:  
— загрязнение водоёмов механическими взвесями (увеличение мутности) в результате гидронамыва.

#### 4. Территории, подвергшиеся косвенным воздействиям.

- участки, пройденные лесными пожарами;
- вырубки.

Говоря о воздействии добычи нефти и газа на окружающую среду, обычно забывают о многочисленных косвенных воздействиях, которые по своим масштабам нередко превышают прямые воздействия. Так, вырубки в результате развития лесной промышленности в районе Самотлорского месторождения, вроде бы, никак не связаны с нефтедобычей. Однако, только существование транспортной инфраструктуры, появившейся в результате освоения нефтяных месторождений, сделало лесную промышленность экономически выгодной в данном регионе.

Анализ старых космических снимков также наводит на мысль о корреляции во времени и пространстве начала освоения нефтяных месторождений и крупных лесных пожаров, имевших место в окрестностях.

В рамках данного проекта мы также стараемся выявлять и картографировать все подобные антропогенные воздействия в нефтегазоносных районах Западной Сибири, так или иначе связанные с добычей нефти и газа в регионе.

#### **Некоторые выводы по результатам первого этапа проекта**

Инфраструктура месторождений достаточно хорошо выявляется по космическим снимкам. Для основных нефтегазоносных регионов Западной Сибири, где добыча нефти и газа является практически единственным видом антропогенного воздействия, возможно производить картографирование инфраструктуры и уточнение существующих карт на основе доступных по ценам космических снимков (Landsat, SPOT и IRS) в масштабе до 1:25 000. Для сельскохозяйственно освоенных районов необходимо использование более дорогих снимков высокого разрешения, которые, тем не менее, могут рассматриваться как альтернатива аэрофотосъёмке и не являются секретными.

Использование дистанционных методов позволяет достаточно хорошо определять границы участков, загрязнённых нефтепродуктами, в том числе для условий Западной Сибири — покрытых вторичной растительностью.

Используемые нами методы также позволяют оценить успешность рекультивации загрязнённых участков. Хотя свежие рекультивированные участки мало отличаются по космическим снимкам от загрязнённых, через несколько лет успешность рекультивации можно оценить по степени зарастания рекультивированных участков.

Многие старые загрязненные участки успешно зарастают вторичной растительностью. Их рекультивация, по нашему мнению, нецелесообразна, так как скорее замедляет, а не ускоряет процесс естественной сукцессии.

При оценке воздействия добычи нефти и газа на окружающую среду необходимо принимать во внимание также косвенные виды воздействий, которые не являются прямым результатом освоения месторождений, но были бы невозможны в иных условиях.