

Оценка масштабов трансформации растительного покрова на территории Тазовского полуострова по данным спутника NOAA

С.Г. Корниенко

*Институт проблем нефти и газа РАН,
119333, г. Москва, ул. Губкина 3,
E-mail: spaceakm2@ogri.ru,*

На основе анализа архивных данных спутников NOAA 1988 и 2001 г.г. съемки впервые проведена оценка площадных изменений доминирующих типов коренной тундровой и лесотундровой растительности на территории Тазовского полуострова. Нарушения и трансформации покровов определялись по изменению радиационной температуры (РТ) поверхности на основе данных 4-го (теплого) канала радиометра AVHRR спутника NOAA. Основной тип трансформации растительности – замещение сгоревшего оленьего мха (ягельников) на вторичные виды: травы, кустарничковая растительность, зеленый мох. Показана приуроченность зон трансформации к основным нефтегазоконденсатным месторождениям и магистральным газопроводам. По результатам оценки площадь трансформированной растительности занимают не менее 14% (10 тыс. км²) территории полуострова.

Ключевые слова: тундровая растительность, нефтегазовые объекты, дистанционное зондирование Земли, трансформация растительности, многолетнемерзлые грунты.

Введение

На фоне огромного количества публикаций и докладов о мерах по повышению экологической безопасности деятельности предприятий нефтегазовой отрасли практически нет сообщений о реальных изменениях природных комплексов в нефтегазодобывающих регионах РФ или в районах крупных месторождений. Как отмечает В. Н. Седых: «Сейчас никто не может сказать, какое количество нарушенных земель в действительности присутствует в районах нефтегазодобычи. Информация подобного рода в нефтегазодобывающих компаниях (если она имеется) является закрытой, а государственные учреждения до сих пор не пытались и не пытаются получить подобные сведения» (Седых, 2005). Следует отметить, что по данным наземных наблюдений, составляющих основу экологического мониторинга нефтегазодобывающих предприятий, невозможно в полной мере воспроизвести картину происходящих изменений, поскольку нарушения (или загрязнения) пространственно неоднородны, а сети постов наблюдений редкие. Кроме того, в основном, наблюдения ведутся в пределах лицензионных участков, а влияние производственно- хозяйственной деятельности на природные комплексы смежных территорий не контролируется и не оценивается вовсе. В то же время, изменения площади проективного покрытия типов поверхности и, в первую очередь, типов растительности, чувствительных к антропогенным воздействиям могут определяться по данным аэрокосмической съемки, что практически невозможно контролировать средствами наземных наблюдений.

Настоящая работа посвящена проблеме количественной оценки трансформаций природных комплексов в районах интенсивного освоения нефтегазовых месторождений на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Актуальность исследований обусловлена необходимостью определения геоэкологических рисков при освоении перспективных месторождений на территориях Крайнего Севера, в первую очередь, на п-ве Ямал. Известно, что в большинстве случаев антропогенное воздействие является первопричиной развития опасных экзогенных процессов и геокриологических трансформаций, повышающих риски эксплуатации сооружений в районах сплошного распространения многолетнемерзлых грунтов (Салихов и др. 2006). В связи с этим чрезвычайно важна не только характеристика ти-

пов трансформаций, но и оценка их масштабов, пространственная неоднородность, генезис, динамика и приуроченность к техническим объектам. Вторая, не менее важная проблема – нарушение естественного природного баланса биотических компонент и связанные с ним изменения условий обитания и хозяйствования коренного населения. В данной работе впервые предпринята попытка количественной оценки площади трансформаций поверхностных покровов на территории крупнейшего в стране нефтегазодобывающего региона – Тазовского полуострова.

Характеристика объекта и методы исследований

Территория Тазовского полуострова относится к тундровой и лесотундровой зоне и характеризуется преимущественно прерывистым распространением многолетнемерзлых пород (ММП) и только в северной части сплошным. Основные изменения состояния природной среды происходят при бурении и работе скважин, строительстве и эксплуатации магистральных и промысловых газопроводов, продуктопроводов, компрессорных станций, установок комплексной подготовки газа, дорог, линий электропередач и при возведении жилых объектов. Наиболее заметные нарушения природного ландшафта здесь связаны с лесными и тундровыми пожарами, охватывающими большие площади (Антропогенные..., 2006, Вечная мерзлота..., 2002). На горях после уничтожения теплоизолирующего растительного покрова (РП) увеличивается мощность сезонно-талого слоя, возрастает тиксотропность грунтов, что в свою очередь активизирует процессы плоскостной эрозии, термокарста, солифлюкции, сползания поверхностных отложений даже на пологих склонах.

Районирование нарушенных территорий Тазовского полуострова, площадью около 70 000 км² может быть реализовано в масштабе 1:1 000 000 на основе снимков низкого пространственного разрешения (1 км), покрывающих одним или двумя кадрами всю территорию полуострова. Для характеристики трансформаций обязательным условием является определение эталонных территорий ненарушенного состояния, однако природоохранные участки (например, Надымский заказник) не могут быть использованы для этих целей, поскольку и в их пределах отмечаются нарушения природных ландшафтов, связанные с производственно-хозяйственной деятельностью.

В данном случае зоны естественного ненарушенного состояния определялись по участкам коренных типов растительности с периодом восстановления, превышающим время с момента начала освоения месторождений и их возможного поражения. Подобные типы растительности и места их нахождения выявляются по данным наземных наблюдений или иной достоверной информации. В связи с этим для районов тундры и лесотундры существует другая проблема – отсутствие крупных выделов коренной растительности, которые можно было бы оконтурить по космическим данным низкого пространственного разрешения. В настоящей работе была использована методика, основанная на комплексном анализе многоспектральных данных ДЗЗ низкого, среднего и высокого пространственного разрешения, а также результатов наземных наблюдений на локальных участках. Для определения границ нарушенных зон по данным ДЗЗ исходного (более низкого) пространственного разрешения использовались материалы, характеризующие зоны нарушений отдельных фрагментов исследуемой территории, на которые имеются данные более высокого пространственного разрешения, и так вплоть до уровня наземных наблюдений.

В данном случае использовались снимки спутников NOAA (разрешение 1,1 км) на весь Тазовский полуостров, снимки спутников Landsat (разрешение 30 м) на фрагмент территории Тазовского полуострова, снимки КФА–1000 (разрешение 7 м) на фрагмент снимков Landsat. По результатам наземных наблюдений, проведенных в границах снимка КФА–1000, были оконтурены участки однородной коренной растительности (ягельники, листовенничные

древостои) и другие поверхности ненарушенного состояния, используемые в качестве эталонов (песчаные отмели, водные поверхности).

Известно, что после пожара процесс развития РП сопровождается резким увеличением объемного содержания растительной массы и объемного содержания хлорофилла. Этот факт может быть зарегистрирован средствами ДЗЗ по изменению коэффициента спектральной яркости (КСЯ) в различных спектральных каналах, в том числе по спектральным индексам (NDVI, SWVI и др.) и по радиационной температуре (РТ) поверхности (Stroppiana и др. 2002, Корниенко, 2005). Для листовенных древостоев время достижения максимума этих параметров составляет не менее 30 лет.

Аналогичная тенденция характерна и для трансформаций коренной тундровой растительности. Подобный факт отмечен ранее на примере участка Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ), когда по серии космических панхроматических снимков 1976, 1979, 1988, 1993 гг. на участках ягельников, сгоревших между 1976 и 1979 гг., развитие кустарничковой, травяной и зеленомошной растительности сопровождалось ростом КСЯ вплоть до 1993 г., однако восстановление ягельников не отмечено даже в 2001 г. (Корниенко, 2005). Из этого следует, что по разновременным архивным данным ДЗЗ может быть восстановлена хронология нарушений коренных растительных сообществ и количественно, по изменению площадей проективного покрытия типов РП, могут быть оценены масштабы нарушений на всем полуострове.

Следует отметить, что поскольку нарушенные ягельники не восстанавливаются даже за 30–40 лет (Антропогенные..., 2006) и, кроме того, наиболее чувствительны к загрязнению воздушной среды, то сохранившиеся участки ягеля могут служить локальным фоном, характеризующим зоны, не испытавшие антропогенного стресса. То же самое можно сказать об участках листовенных древостоев, широко представленных в лесотундре. Покровы зеленого мха, травяной и кустарничковой растительности не могут быть использованы для этих целей, поскольку являются замещающими видами.

Оценка площадей антропогенных трансформаций РП на территории Тазовского полуострова осуществлялась в два этапа. На первом анализировались трансформации центральной части Уренгойского НГКМ в масштабе карт 1:100 000, построенных по многоспектральным снимкам со спутников Landsat 4,7 1988 и 2001 гг. съемки (оба в начале августа). На втором оценивались трансформации на всем Тазовском полуострове в масштабе карт 1:1 000 000, построенных по данным съемок со спутников серии NOAA, проведенных в те же годы и практически в то же время летнего периода.

По данным спутника Landsat зоны антропогенных трансформаций РП наиболее достоверно выделяются на основе спектрального индекса SWVI, вычисляемого по значениям КСЯ в четвертом и пятом спектральных каналах (Корниенко, 2009). Однако характеристики спектральных каналов радиометров Landsat и NOAA не идентичны. В связи с этим по данным спутника NOAA невозможно сформировать индекс, полностью аналогичный SWVI для определения пороговых значений, характеризующих зоны нарушенного состояния поверхности.

В то же время, ранее было установлено, что нарушения растительных покровов тундры и лесотундры характеризуются изменением РТ поверхности, а результаты оценки площади нарушений по РТ практически идентичны результатам оценки по параметру SWVI (Корниенко, 2005). Причем, непосредственно после уничтожения покрова или пожара РТ поверхности резко увеличивается, а потом, в связи с сукцессиями вторичных видов растительности, постепенно понижается. Таким образом, по разности значений РТ поверхности, вычисленной на основе разновременных данных тепловых каналов спутника NOAA, можно судить о стадиях нарушения и восстановления РП.

На рис. 1 приведена иллюстрация карты трансформаций растительности на Тазовском полуострове, построенная на основе данных спутников NOAA 1988 и 2001 гг. съемки. На ней обозначен тестовый участок центральной части Уренгойского НГКМ, по которому,

с использованием данных спутников Landsat-4, -7, КФА-1000 и результатам наземных наблюдений, были выявлены зоны ненарушенного состояния, и оценивалась погрешность классификации (Корниенко и др., 2009). Пороговые значения разности РТ данных NOAA, характеризующие нарушенные области всего полуострова, определялись по пороговым значениям разности индекса SWVI в пределах тестового участка, определяемого по данным спутника Landsat. Для этой цели использовалась только часть тестового участка, содержащая половину площади нарушенных территорий. Вторая часть использовалась для оценки погрешности классификации, которая составила около 5 %.

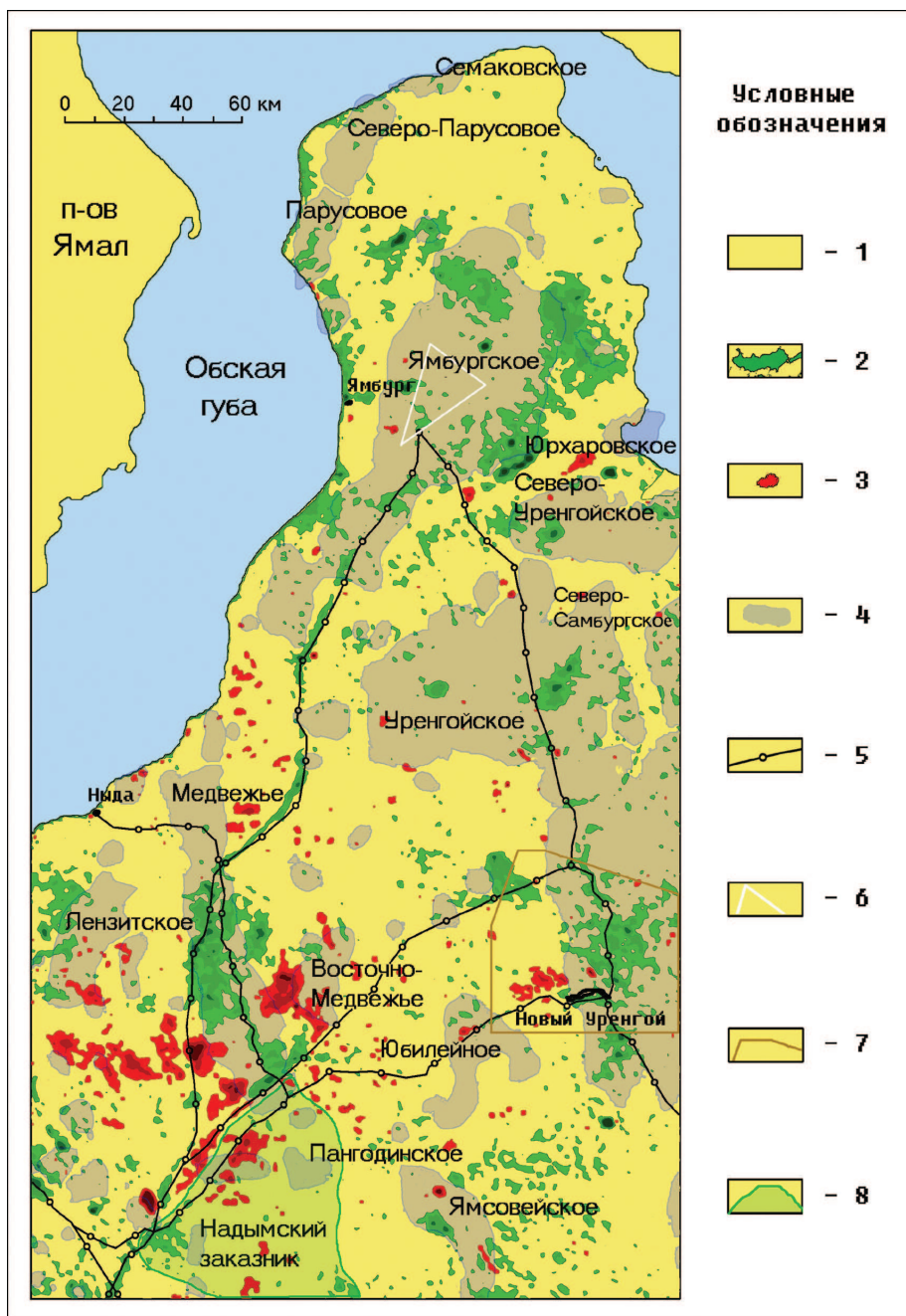


Рис. 1. Иллюстрация карты современных трансформаций растительного покрова (РП) на территории Тазовского полуострова (по данным спутника NOAA, 1988 и 2001 гг. съемки):
 1 – участки без изменения состояния РП; 2 – участки нарушений РП до 1988 г.; 3 – участки нарушения РП в период с 1988 по 2001 гг.; 4 – территории основных нефтегазоконденсатных месторождений; 5 – магистральные газопроводы; 6 – границы участка сосредоточения промышленных объектов Ямбургского НГКМ; 7 – границы участка детальных исследований Уренгойского НГКМ; 8 – границы территории Надымского заказника

Результаты оценки антропогенных трансформаций

Места наибольшей концентрации нарушений РП до 1988 г. были сосредоточены в пределах контуров трех крупнейших месторождений: Медвежьего, Уренгойского и Ямбургского (см. рис. 1). В абсолютных показателях площади максимальных нарушений отмечены на Ямбургском (более 1800 км²), Уренгойском (около 1200 км²) и на Медвежьем (более 1100 км²) месторождениях. Концентрация зон нарушений на Уренгойском и Медвежьем месторождениях практически полностью совпадает с местами сосредоточения промышленных объектов. На Ямбургском месторождении основные нарушения отмечаются на севере и ближе к его юго-восточной границе, в то время как в центре, на участке сосредоточения основных промышленных объектов (см. рисунок, треугольник белого цвета), площадь трансформаций незначительна. Тот факт, что эти территории не отмечаются как нарушенные, связан с наличием большого числа крупных и мелких озер. Низкое пространственное разрешение используемых снимков не позволяет уверенно выделять здесь участки суши с РП на фоне большого скопления водоемов. Уточнение площади трансформаций растительности на данной территории возможно на основе снимков более высокого пространственного разрешения, например, со спутников Landsat, как это было сделано на центральном участке Уренгойского месторождения.

Площадь, относимая к месторождениям и лицензионным участкам, составляет около 35 % от исследуемой территории Тазовского полуострова. Площадь трансформированных территорий в сумме составляет 13,9 % (около 10 000 км²), в том числе 11,2 % площадей, относящихся к нарушенным до 1988 г. и 2,7 % – за период с 1988 по 2001 г.

Таблица 1. Процентные показатели площади трансформаций РП в контурах основных нефтегазовых месторождений Тазовского полуострова

№	Месторождения, природоохранные территории	Год ввода в эксплуатацию	В пределах контуров месторождения, %			
			до 1988 г. (S ₁)	с 1988 по 2001 г. (S ₂)	всего к 2001 г. (S ₁₂)	S ₁ /S ₁₂
1	Медвежье	1971	33,4	3,9	37,3	0,895
2	Уренгойское	1978	13,6	0,4	14,0	0,971
3	Ямбургское	1984	20,7	0,2	20,9	0,990
4	Юбилейное	2000	4,1	1,5	5,6	0,732
5	Северо-Уренгойское	2001	10,5	0,2	10,7	0,981
6	Юрхаровское	2003	1,4	0,1	1,5	0,933
7	Лензитское	Перспективное	10,7	6,2	16,9	0,633
8	Ямсовейское	-	12,8	3,1	15,9	0,805
9	Восточно-Медвежье	-	6,4	14,1	20,5	0,312
10	Северо-Самбургское (часть)	-	12,4	0,6	13,0	0,954
11	Пангодинское	-	0,0	0,0	0,0	-
12	Семаковское	-	5,4	0,0	5,4	1,00
13	Парусовое	-	16,9	0,0	16,9	1,00
14	Северо-Парусовое	-	2,3	0,0	2,3	1,00
15	Надымский заказник	-	4,5	5,5	9,9	0,455

Примечание:

S₁ - процент площадей в контурах месторождения, нарушенных до 1988 г.

S₂ - процент площадей в контурах месторождения, нарушенных с 1988 по 2001 г.г.

S₁₂ – суммарный процент нарушений в контурах месторождений к 2001 г.

На основе составленной карты (см. рис. 1) определены процентные показатели площади трансформированного РП в пределах контуров основных месторождений (см. таблицу 1). Наибольший относительный показатель суммарных нарушений поверхности отмечен на самом первом из осваиваемых месторождений – Медвежьем. В таблице приведены отношения показателей S_1/S_{12} , характеризующие весовые коэффициенты нарушений до 1988 г. для каждого месторождения. Эти отношения показывают, что для большинства месторождений доминируют нарушения, наблюдавшиеся до 1988 г., в том числе и для относительно недавно введенных (в начале 2000-х гг.) в эксплуатацию месторождений. Из полученных результатов следует, что около 80 % нарушений происходили на стадиях разведочного бурения и строительства основных нефтегазовых объектов. В то же время нельзя исключать вероятные позитивные тенденции в природоохранной деятельности предприятий нефтегазовой отрасли за последние годы, что могло способствовать снижению интенсивности нарушений поверхностных покровов.

Из 13,9 % нарушенных территорий Тазовского полуострова в контуры месторождений попадают только 5,9 %, в то время как 8,0 % относятся к территориям вне месторождений. Очевидно, что промышленная и хозяйственная деятельность на полуострове не ограничивается контурами месторождений или лицензионных участков. На территории полуострова пробурено более 300 разведочных скважин, действует разветвленная сеть магистральных и промысловых газопроводов, проложена железная дорога через г. Новый Уренгой до пос. Ямбург, а также шоссейные и грунтовые дороги, связывающие промышленные объекты всех месторождений, и вся эта деятельность сопровождается нарушением состояния природной среды. В частности, на карте отчетливо фиксируются трансформации растительности вдоль газопровода Ямбург–Ныда, и вдоль газопровода на севере Надымского заказника (см. рисунок 1). Почти 10 % территории заказника также претерпели изменения, причем более половины трансформаций произошло после 2001 г. (таблица 1).

Заключение

Нарушение растительных покровов неизбежно влечет за собой изменения в ландшафте, биосфере, криосфере и гидросфере данной территории. В частности, для лесотундровой зоны и южной тундры трансформации растительности, сопровождающиеся формированием вторичных видов, приводят к повышению температуры сезонно-талого слоя на 1,0–1,5 °С, что фиксируется даже через 15–20 лет. Все это сопровождается изменением направлений движения поверхностных и грунтовых вод, образованием подтоплений на одних участках и дренированием других. Как правило, в большинстве случаев эпицентры нарушений растительности приурочены к местам расположения промышленных и хозяйственных объектов, и изменение состояния мерзлых грунтов становится опасным для самих объектов.

Нарушения природных ландшафтов, по масштабам и характеру аналогичные тем, что выявлены на месторождениях Тазовского полуострова при освоении месторождений в районах сплошного распространения мерзлоты, в частности, на полуострове Ямал, могут привести к катастрофическому затоплению территорий, поскольку мерзлые грунты здесь отличаются высокой льдистостью и соленостью. В этой связи, чрезвычайно важна организация системы мониторинга за состоянием поверхностных покровов на Ямале, а учитывая динамичный характер вероятных антропогенных трансформаций ландшафта, полный контроль над ними может быть осуществлен только на основе данных аэрокосмических наблюдений.

Учитывая используемый в настоящей работе тип космических данных и масштаб картирования, можно утверждать, что полученные количественные показатели характеризуют минимальные значения реальных площадных трансформаций. В основном это территории уничтоженных пожарами ягельников, и факт сокращения их площади неоднократно отмечался в литературе. В то же время, сокращение площади коренной растительности может

происходить в результате трансграничного переноса загрязнений по воздуху (в частности, от горящих факелов) даже на значительном удалении от промышленных объектов (Соловьянов и др., 2008). В любом случае это преобразованные территории, которые на длительный период, а иногда и необратимо, меняют свое естественное состояние.

Работа выполнена в рамках программы Отделения наук о Земле (ОНЗ) РАН № 12 «Природные и социально-экономические факторы изменения окружающей среды», проект «Современные процессы трансформации природно-антропогенных комплексов в основных нефтегазодобывающих регионах России».

Литература

1. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции. Под ред. Н. Г. Москаленко. Коллектив авторов // Институт криосферы Земли СО РАН, Тюмень. 2006. – 357 с.
2. Вечная мерзлота и освоение нефтегазоносных районов. Под ред. Е. С. Мельникова (ч. I, III) и С. Е. Гречищева (ч. II, III, IV) // М.: ГЕОС, 2002. 402 с.
3. *Корниенко С. Г.* Оценка влияния разработки Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения на состояние территории лесотундры по данным ИСЗ «Landsat» // Исследование Земли из космоса. 2009. №4. С. 78–87.
4. *Корниенко С. Г., Якубсон К. И., Масленников В. В.* Изучение трансформаций природных комплексов нефтегазоносных областей криолитозоны по данным космической съемки // Наука и техника в газовой промышленности. 2005. №3. С. 71–77.
5. *Салихов З. С., Андреев О. П., Арабский А. К., Кондратьев С.Д., Павлушин В.Б., Ставкин Г.П.* Система менеджмента риска эксплуатации газопромысловых сооружений в геокриологических условиях Арктики и полуострова Ямал // Наука и техника в газовой промышленности. 2006. №3. С. 18–25.
6. *Седых В.Н.* Парадоксы в решении экологических проблем Западной Сибири // Новосибирск: Наука, 2005. 160 с.
7. *Соловьянов А. А., Андреева Н. Н., Крюков В. А., Ляте К. Г.* Стратегия использования попутного нефтяного газа в Российской Федерации. // М.: ЗАО «Редакция газеты «Кворум», 2008. – 320 с.
8. *Stroppiana D., Pinnock S., Pereira J. M. C., Gregorie J.-M.* Radiometric analysis of SPOT-VEGETATION images for burnt area detection in Northern Australia // Remote Sensing of Environment. 2002. №82. P. 21–37.

Assessment scales transformation of vegetation cover at the areas Tazovskiy peninsula by use satellite NOAA data

S.G. Kornienko

*Oil and Gas Research Institute RAS,
119333, Moscow, Gubkina st., 3
E-mail: spaceakm2@ogri.ru,*

Based on the analysis of archival data from NOAA in 1988 and 2001 for the first time the changes of dominant types of native tundra and forest-tundra vegetation on the territory of Tazovskiy peninsula are estimated. Violations and the transformation vegetation were determined from the change of radiation temperature (RT) surface by use the thermal channel of the radiometer AVHRR satellite NOAA. The main type of vegetation's transformation - replacing burnt deer lichen to the secondary species: grass, shrub vegetation, moss green. It is shown that the transformations are bound with the major oil and gas fields and pipelines. The assessment area of the transformed vegetation cover make up approximately 14% (10 000 km²) area of peninsula.

Key words: tundra vegetation, oil and gas facilities, remote sensing, the transformation of vegetation, permafrost.