



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра природопользования и устойчивого развития полярных областей

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

На тему Экологические проблемы при транспортировке углеводородного сырья в
районах Крайнего Севера

Исполнитель Василевская Анастасия Андреевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель профессор, кандидат геолого-минералогических наук
(ученая степень, ученое звание)

Яковлев Олег Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

профессор, кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Макеев Вячеслав Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

« 9 » июля 2017 г.

Санкт-Петербург

2017



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра природопользования и устойчивого развития полярных областей

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

На тему Экологические проблемы при транспортировке углеводородного сырья в
районах Крайнего Севера

Исполнитель Василевская Анастасия Андреевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель профессор, кандидат геолого-минералогических наук
(ученая степень, ученое звание)

Яковлев Олег Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

профессор, кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Макеев Вячеслав Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

« ___ » _____ 20__ г.

Санкт–Петербург

2017

Оглавление

Введение.....	3
1. Характеристика районов добычи углеводородного сырья на территории Крайнего Севера РФ	5
1.1 Ненецкий автономный округ	7
1.2 Север Республики Коми	9
1.3 Ямало-Ненецкий автономный округ.....	10
1.4 Север Красноярского края	12
1.5 Шельф арктических морей.....	13
2. Экологические риски, возникающие при транспортировке углеводородного сырья.....	17
2.1 Потери углеводородного сырья при транспортировке	17
2.2 Способы транспортировки углеводородного сырья и его потери в аварийных ситуациях при транспортировке	23
2.3 Особенности транспортировки углеводородного сырья в районах Крайнего Севера.....	34
3. Методы ликвидации нефтяных разливов	38
3.1 Мероприятия, проводимые на суше.....	38
3.2 Устранение аварийных разливов в акваториях.....	42
4. Возможные направления повышения эффективности экологической безопасности при транспортировке углеводородного сырья.....	47
Заключение	50
Список используемой литературы	52

Введение

Нефть и газ являются важнейшими полезными ископаемыми, оказывающими влияние на экономику и политику России. Их химические свойства позволяют отнести их к наиболее опасным загрязнителям, негативно воздействующим на все компоненты окружающей среды. Одним из наиболее экологически опасных видов деятельности является транспортировка углеводородного сырья.

Транспортировка углеводородного сырья оказывает существенное воздействие на состояние окружающей среды. Нефтяное загрязнение характеризуется быстротой распространения в окружающей среде, трудноустранимостью, длительностью влияния на природные объекты, переходом по экологической цепи.

Большинство нефтегазовых месторождений России расположены на территории распространения многолетней мерзлоты – криолитозоны. Ее площадь составляет почти 65% площади всей страны. Особенностью криолитозоны является распространение многолетнемерзлых пород, и их наличие, как следствие, определяет повышенную уязвимость экосистем и их долгое восстановление при прокладке и эксплуатации транспортных систем, а также при загрязнении нефтепродуктами.

Актуальность темы обусловлена тем, что развитие нефтегазового комплекса России непременно связано с освоением северных районов. В связи с этим необходимо будет уделять особое внимание к развитию экологической стратегии, учитывая крайнюю уязвимость территорий. Воздействию на мерзлотные процессы посвящено очень мало работ. Материал в основном выпускался с 80-ых по 2000-е года и изложен в монографиях, научной и учебной литературе с рекомендательным характером, в сборниках с проведенных конференций и носит общий характер, и обычно выделена для этого совсем небольшая часть. Поэтому эта тема недостаточно разработана.

Рассмотрение вопросов в работе носит как теоретическую, так и практическую значимость.

Объектом работы является транспортировка углеводородного сырья в районах Крайнего Севера.

Предметом работы являются экологические проблемы, возникающие при транспортировке углеводородного сырья в районах Крайнего Севера.

Целью работы является рассмотрение экологических проблем при транспортировке углеводородного сырья в районах Крайнего Севера, а также возможные пути их решения.

Для достижения поставленной цели, необходимо решение следующих задач:

- охарактеризовать нефтегазовый комплекс районов Крайнего Севера;
- оценить влияние климатических особенностей на транспортные системы Крайнего Севера;
- выявить экологические риски, возникающие при транспортировке углеводородного сырья при нормальных передачах и авариях;
- рассмотреть и выявить способы ликвидации последствий аварийных ситуаций при транспортировке в районах Крайнего Севера;
- дать рекомендации по повышению эффективности экологической безопасности при транспортировке углеводородного сырья.

Материалом для написания выпускной квалификационной работы послужили опубликованные источники, экологические отчеты, государственные доклады, официальные сайты, сведения международных и российских форумов и совещаний, касающихся работы нефтегазового комплекса РФ, а также информация, полученная во время прохождения производственной практики в ООО «Транснефть-Восток».

1. Характеристика районов добычи углеводородного сырья на территории Крайнего Севера РФ

Крайний Север – это часть территории России, расположенная главным образом к северу от Северного Полярного круга. Территория Крайнего Севера – это арктическая зона, тундра, лесотундра и районы северной тайги.

Минерально-сырьевой потенциал районов Крайнего Севера определяется наличием большого количества нефтегазовых месторождений. В главе 1 рассматриваются наиболее крупные и разрабатываемые месторождения нефти и газа.

Отличительной особенностью территорий Крайнего Севера является наличие многолетнемерзлых пород (далее – ММП). Многолетнемерзлые породы – это породы, которые имеют отрицательную температуру и содержат лед в составе, не оттаивающий в течение длительного времени – от нескольких лет до многих тысячелетий [2]. Занимает около 25% суши Земли, почти 65% территории России, что показано на рисунке 1 [2]. Для вечной мерзлоты среднегодовая температура составляет от -7°C до -10°C , чуть южнее – от -5 до -8°C . Изменчивость температурного режима обуславливается различным уровнем снегонакопления в разных местностях с неоднородным рельефом. Глубина сезонного протаивания составляет 0,3-0,6 м на моховых тундрах в озерно-болотистой местности (торф, заторфованные суглинки и льдистые суглинки) и 1,0-1,5 м в холмистой и плоско-ложбинной местностей (пески и суглинки). Мощность мерзлой толщи может варьироваться от 10 до 1500 м и более [2]. Эти климатические и рельефные особенности создают определенные трудности при прокладке транспортных путей для перевозки углеводородного

сырья от месторождений до пунктов потребления и переработки, и их необходимо учитывать при расчете экологического риска [1].



Рисунок 1. Распространение многолетнемерзлых пород в России

Освоение нефтегазоносных территорий в районах многолетней мерзлоты неизбежно сопровождается процессами антропогенного преобразования и изменения естественных условий природного ландшафта. ММП определяют все многообразие протекающих природных процессов на Крайнем Севере, стабильность и изменчивость состояния других компонентов природной среды. И между тем они являются наиболее неустойчивым и динамичным элементом природной среды и подвержены любым процессам, нарушающим естественные условия окружающей среды. Поэтому важно учитывать все факторы потенциального воздействия на многолетнемерзлые породы при транспортировке углеводородного сырья на данных территориях [4].

данный момент открыто 83 месторождения углеводородного сырья. Наиболее крупными и активно эксплуатируемыми нефтегазовыми месторождениями являются Ардалинское, Харьягинское, Песчаноозерское, Приразломное [22].

Общий запас нефти на Ардалинском месторождении оценивается в 16,4 миллионов тонн. Сегодня на Ардалинском нефтяном месторождении пробурено более пятидесяти скважин, большинство которых являются эксплуатационными. Кроме того, проложен магистральный нефтепровод, длина которого составляет 67 километров, который объединил это месторождение с уже функционирующей нефтепроводной системой Харьяга – Северный Возей – Уса.

Харьягинское нефтяное месторождение (Харьяга) расположено в 165 км к юго-востоку от г. Нарьян-Мара. Общие геологические запасы нефти оцениваются в 160,4 млн. тонн, в контрактной зоне — 97 млн. тонн. Вся продукция с месторождения экспортируется в совместном потоке через нефтепровод «Харьяга-Уса» протяжённостью 152 км, эксплуатируемый ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», для дальнейшей транспортировки через систему магистральных нефтепроводов ОАО "АК «Транснефть» протяжённостью 2 450 км в порт Приморск.

Песчаноозёрское нефтегазоконденсатное месторождение расположено на острове Колгуев. Общие запасы нефти оцениваются в 11 млн. тонн. Это месторождение считается самым северным в мире нефтепромыслом. На 2013 год добыто около 800 тыс. тонн нефти и конденсата. Отгрузка нефти производится в танкеры на беспричалном рейде о. Колгуев, что само по себе уже является уникальным явлением. В зимний период добытая нефть хранится в межнавигационном резервуарном парке, а летом ее транспортируют на танкеры: с накопительных резервуаров по металлическому нефтепроводу сырьё закачивается на судно.

Территория НАО обладает не только материковыми месторождениями, но и шельфовыми [29]. На континентальном шельфе Печорского моря ведется добыча углеводородного сырья из скважин, находящихся на дне материкового

склона Ледовитого океана. Осуществляется этот высокотехнологичный процесс с помощью буровой платформы «Приразломная». Запасы Приразломного нефтяного месторождения оценены в 70 млн. т. Доставка сырья осуществляется с помощью морского транспорта. Подготовленная на платформе к транспортировке нефть накапливается в нефтехранилищах платформы в объеме до 110 тыс. м³. Далее нефть транспортируют челночными танкерами до плавучего хранилища в Кольском заливе и в последующем линейными танкерами (рис.3) [8].

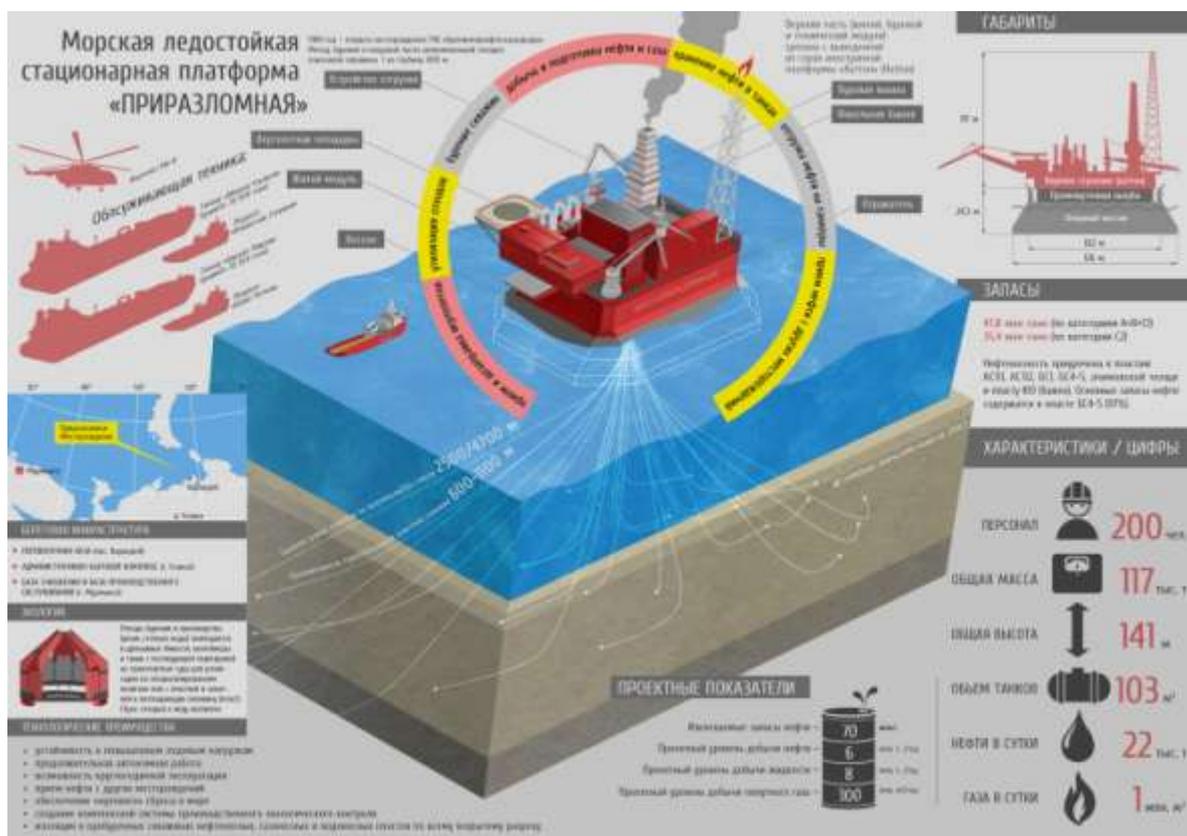


Рисунок 3. Морская платформа "Приразломная"

1.2 Север Республики Коми

На севере Республики Коми запасы нефти учтены в 131 месторождении, из которых 114 нефтяных, 8 нефтегазоконденсатных, 4 нефтегазовых, 5 газонефтяных. Суммарное количество извлекаемых запасов нефти превышает 600 млн. тонн. Более 60% остаточных извлекаемых запасов нефти сконцентрированы в трех крупных месторождениях – Ярегском и Усинском

нефтяных и Возейском нефтегазоконденсатном. Транспорт углеводородного сырья осуществляется трубопроводом [32].

Ярегское месторождение было открыто в 1932 г. Оно является одним из самых старых месторождений нефти. Запасы углеводородного сырья оцениваются в 131,8 млн. т. Объем добычи нефти немногим более 5 тыс. тонн в год. В настоящее время эксплуатируется компанией Лукойл.

Еще одно крупное месторождение нефти Республики Коми – Усинское. Оно было открыто в 1963 году, а освоение началось в 1973 году. Запасы нефти месторождения составляют 350 млн. тонн. Добыча нефти на месторождении составляет 2,104 млн. тонн. Оператором месторождения, так же как Ярегского, является российская нефтяная компания Лукойл.

Возейское месторождение – это еще одно крупное нефтяное месторождение в республике Коми, запасы нефти на котором составляют порядка 350 миллионов тонн. Возейское нефтяное месторождение было открыто в 1971-ом году, а его исследования начались через шесть лет – в 1977-ом году. В 2010-ом году объем взятой нефти составил 1,157 миллионов тонн [23].

1.3 Ямало-Ненецкий автономный округ

Запасы газа и нефти на Ямале – один из последних «подарков» советского периода. В округе расположено 236 месторождений углеводородного сырья, из них 31 газовых, 15 нефтегазовых, 73 нефтяных, 72 нефтегазоконденсатных и 36 газоконденсатных (рис.4) [30]. В распределенном фонде недр находится 208 лицензионных участков. 44,5 трлн. кубометров газа, 5 млрд. тонн нефти и около 2 млрд. тонн конденсата это все разведанные запасы углеводородов на текущее время [30]. В перспективе еще находится 35 трлн. кубометров газа и около 8 млрд. тонн жидких углеводородов. В общем, за все время освоения территорий с месторождениями было добыто: 11 % по газу, 5 % по нефти и 2 % по

конденсату. Добычу газа в будущем планируется увеличить до 310 – 360 млрд. куб. м., сейчас около 75 – 115 млрд. куб. м.

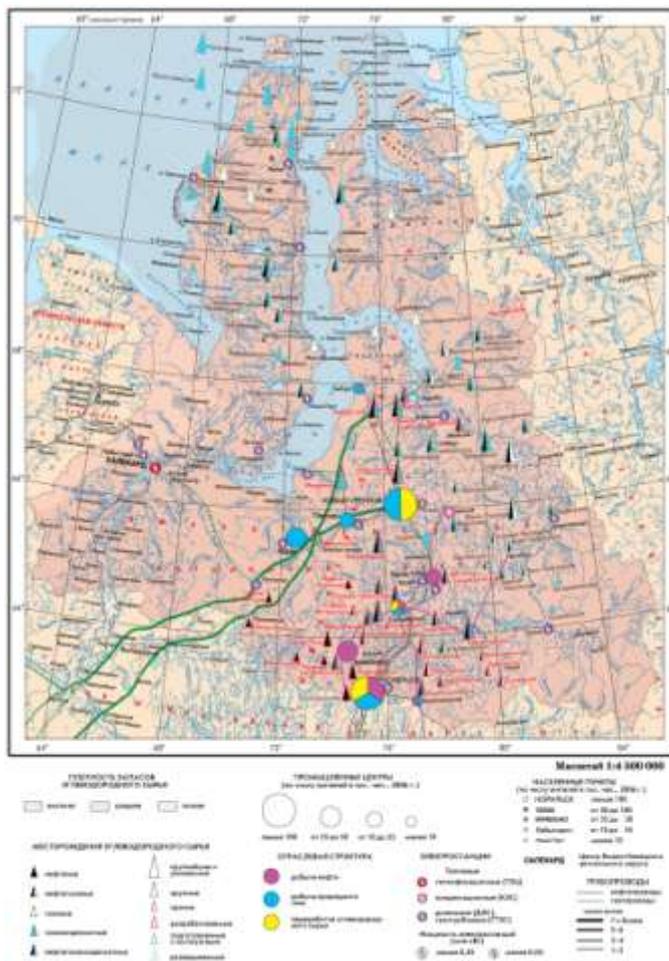


Рисунок 4. Нефтегазовый комплекс Ямало-Ненецкого автономного округа

Наиболее крупные и разведанные месторождения в ЯНАО - Бованенковское, Уренгойское, Восточно-Мессояхское нефтегазоконденсатные месторождения. Транспортировка сырья с этих месторождений осуществляется нефтепроводами и газопроводами [30].

Бованенковское месторождение было открыто в 1971 году. Запасы Бованенковского месторождения оцениваются в 4,9 трлн. куб. м. газа; проектная мощность – 115 млрд. куб. м. газа в год с последующим увеличением до 140 млрд. куб. м. На Уренгойском месторождении общие геологические запасы оцениваются в 16 трлн. м³ природного газа. В каждом 1 м³ газа содержится 100-200 см³ конденсата. То есть при суточной производительности скважины 1 млн. м³ газа количество конденсата, поступающего из скважины, будет

составлять 70-140 т. Восточно-Мессояхское месторождение обладает запасами нефти и газового конденсата приблизительно в 343 млн. тонн, а газа – в 113 млрд. м³. За 2016 год было добыто 706,9 тыс. тонн нефти. Для доставки нефти до системы «Транснефти» был построен напорный трубопровод, длиной 98 км и мощностью прокачки 8,5 млн. тонн в год (рис.5) [30].



Рисунок 5. Транспортировка нефти с Восточно-Мессояхского месторождения

1.4 Север Красноярского края

На севере Красноярского края тоже имеются два перспективных месторождения – Ванкорское и Сузунское. Запасы нефти на Ванкорском месторождении превышают 260 млн. т, газа — около 90 млрд. куб. м. Начальные запасы Сузунского месторождения составляют 56 млн. тонн нефти и 35 млрд. кубов газа [31]. Построен межпромысловый нефтепровод Сузун – Ванкор. Протяженность нефтепровода, проложенного надземным способом, составила 99 км. Так же во второй половине 2009 года был введен в тестовую эксплуатацию 556-километровый нефтепровод Ванкор-Пульпе диаметром 820 мм, связывающий месторождение с магистральным нефтепроводом «Транснефти» (рис.6) [31].



Рисунок 6. Транспортировка углеводородного сырья с Ванкорского и Сузунского месторождений

1.5 Шельф арктических морей

Разумеется, нужно сказать и об Арктическом шельфе. Эта область весьма богата нефтью, газом и другими полезными ископаемыми. В настоящее время здесь добывается десятая часть общемировых объёмов нефти и четвертая часть — природного газа. При этом следует учитывать, что на континентальном шельфе около 4/5 общих углеводородных ресурсов приурочено к недрам арктических морей [22].

В морфологии пассивных континентальных окраин выделяется шельф, глубины края которого достигают до 200 м. На российском шельфе открыто 20 крупных морских нефтегазоносных провинций и бассейнов, из которых 10 – с доказанной нефтегазоносностью. Крупнейшими осадочными бассейнами в

арктической части являются: Восточно-Баренцевский, Южно-Карский, Лаптевский, Восточно-Сибирский и Чукотский. К настоящему моменту в акваториях арктических морей России открыто 22 месторождения нефти и газа, включая 4 месторождения губ и заливов Карского моря и подводные продолжения 5 прибрежных объектов в тех же губах и заливах (таблица 1).

Таблица 1

Перспективные ресурсы УВ российских арктических акваторий [15]

Море	Нефть (млн т), среднее	Попутный/Растворенный газ (млрд м ³), среднее	Свободный газ (млрд м ³), среднее	Конденсат (млн т), среднее	УВ, т. н.э.	%
Баренцево с Печорским	1 254,31	508,66	8 418,02	177,41	8 603,37	29,72
Карское с губами	635,80	561,67	15 991,78	2 447,83	16 382,61	56,59
Лаптевых	724,45	273,12	1 555,22	199,50	2 392,82	8,27
Восточно-Сибирское	16,07	6,71	173,41	14,75	175,52	0,61
Чукотское	390,79	111,22	509,85	58,20	947,96	3,27
Северный Ледовитый океан (оставшаяся часть)	187,32	60,80	226,47	29,11	447,22	1,54
Российские акватории	3208,73	1522,18	26874,75	2926,81	28949,52	100
%	11,08	4,22	74,58	10,11	100	

Начальные геологические ресурсы углеводородов (УВ) на шельфе России составляют 136 млрд. т у.т., а начальные извлекаемые ресурсы УВ достигают 100 млрд. т у.т., в т.ч. 13 млрд. т нефти и 87 трлн. м³ газа, что соответствует 22–27% от общего объема ресурсов УВ шельфовых зон Мирового океана. Около 75% всех ресурсов акваторий России сосредоточено в арктических регионах с суровыми природно-климатическими условиями и слаборазвитой инфраструктурой.

Рассмотрим шельф Баренцева и Карского морей. В Баренцево-Карской провинции выявлены супергигантские и гигантские газоконденсатные месторождения - Штокмановское, Русановское и Ленинградское [15].

По запасам Штокмановское месторождения относится к уникальным, по оценкам на настоящее время, его запасы составляют 3,7 триллиона м³ газа, конденсат присутствует в объеме 56,1 млн. т.

Ленинградское газоконденсатное месторождение, было открыто в 1994 году. Разведанные и предварительно оцененные запасы по категории (ABC1+C2) - 1,05 трлн. куб. м газа, 3 млн. т конденсата.

Русановское месторождение было открыто в 1989 году. Разведанные и предварительно оцененные запасы по категории (ABC1+C2) - 779 млрд. куб. м газа, 7,8 млн. т конденсата.

Транспортировка планируется осуществляться морским путем – газовозы, подводным трубопроводом, на рисунке 7 [15] показаны возможные трассы вывоза углеводородов с месторождений Баренцево-Карской провинции.



Рисунок 7. Транспортировка углеводородного сырья в Баренцево-Карской провинции

Таким образом, можно сделать вывод о том, что территории Крайнего Севера богаты нефтегазовыми месторождениями, которые находятся и на суше и на шельфовой зоне. В основном транспортировка нефти и газа с месторождений осуществляется трубопроводным транспортом, включая в том числе и подводные переходы, например через Байдарскую губу, через которую экспортируют нефть с Бованенковского месторождения, а также для перевозки сырья с шельфовых месторождений используется морской транспорт.

Характерной особенностью территорий является наличие ММП, а на территории акваторий - льдов и айсбергов, которые стоит учитывать при планировании новых транспортных путей и эксплуатации существующих [13].

2. Экологические риски, возникающие при транспортировке углеводородного сырья

Каждый вид транспортировки наносит определенный ущерб компонентам экосистем. В условиях Крайнего Севера природная среда обладает повышенной уязвимостью и слабой способностью к восстановлению. Это важно учитывать при прокладке путей транспортировки и принимать меры по всевозможному предотвращению аварий в зоне ММП. При транспортировке углеводородного сырья объектами воздействия являются практически все компоненты природной среды: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвы, многолетнемерзлые породы, растительный покров, биотические комплексы. Транспортировка углеводородного сырья подразумевает под собой транспортировку нефти, газа и сжиженного газа. Газ принято транспортировать трубопроводным транспортом, сжиженный газ – железнодорожным и морским. Нефть транспортируют всеми тремя способами. В работе рассматриваются районы Крайнего Севера и, следуя из главы 1, стоит отметить, что самым распространенным видом транспорта там является трубопроводный [7].

В данной главе рассматриваются загрязнение окружающей среды при нормальных перевозках трубопроводным транспортом, аварии на различных видах транспорта и влияние климатических особенностей территорий на транспорт.

2.1 Потери углеводородного сырья при транспортировке

По трубопроводам в России транспортируется более 98% добываемой нефти и газа (рис.8) [22].



Рисунок 8. Нефтегазовая инфраструктура РФ

Важно отметить, что есть три способа прокладки трубопроводов: подземная, наземная и надземная. Подземная прокладка трубопроводов имеет наиболее широкое применение на Европейском Севере, в Западной Сибири и других регионах. Но в районах с ММП может произойти потеря устойчивости трубопроводов в результате всплытия при оттаивании льдистых мерзлых грунтов, которые превращаются в пульпу [3,8]. Поэтому этот способ прокладки не распространен на данных территориях, так как вызывает сложности в ремонте и необходимо проводить специальные мероприятия по обеспечению устойчивости трубы. Наземная прокладка также не применяется, так как имеет высокую ненадежность при внешних ударных воздействиях, а так же в условиях вечной мерзлоты высок риск аварийных ситуаций. Поэтому оптимальным способом прокладки трубопроводов в условиях Крайнего Севера является надземная прокладка. При надземной прокладке трубопровод

укладывается на отдельно стоящие опоры или эстакады. Высота прокладки надземного трубопровода над поверхностью земли зависит от рельефа, инженерно-геокриологических условий местности, теплового воздействия трубопровода на вечномерзлые грунты, но составляет не менее 0,5 м.

Преимущества данного вида прокладки следующие:

- полностью исключается тепловое воздействие трубопровода на мерзлые грунты;
- сохраняется естественный сток поверхностных и грунтовых вод;
- не производится разработка мерзлого грунта;
- облегчается контроль и эксплуатация трубопровода;
- не нарушаются пути миграции животных (труба поднимается высоко над снежным покровом, оставляя достаточно места для прохода северных оленей – важнейших животных коренного населения Крайнего Севера).

В качестве уникального примера можно привести нефтепровод «Заполярье-Пурпе», совмещающий в себе надземную и подземную прокладку (рис. 9). Это самый северный нефтепровод, построенный ОАО «Транснефть». Пропускная способность данного трубопровода 45 млн.т. нефти. Длина трубопровода 488 км, 170 из них – за Полярным кругом. Уникальная природа Крайнего Севера требовала от строителей нефтепровода «Заполярье — Пурпе» особого внимания к экологической безопасности проекта. Магистраль спроектирована так, что не пересекает никаких особо охраняемых природных территорий [28].



Рисунок 9. Надземный нефтепровод «Заполярье-Пурпе»

Потери нефти в мире превышают 45 млн. т в год, что составляет около 2% от ее годовой добычи. Причем из них 22 млн. т теряются на суше, около 7 млн. т – в море и до 16 млн. т поступает в атмосферу в качестве продуктов неполного сгорания нефтепродуктов и других вредных веществ.

Говоря об экологических проблемах, связанных с эксплуатацией трубопровода, можно выделить:

- проблемы при нормальных передачах (изменение геокриологических условий в ММП, плановые утечки, выделение зоны нарушения природной среды вдоль трассы трубопровода, незаконные врезки, коррозия и т.д.);

- аварийные ситуации (прорыв трубы, нефтяные разливы (загрязнение почв, пластовых вод (в условиях ММП), поверхностных вод, атмосферного воздуха), пожары, и т.д.) [7].

При прокладке газопровода в насыпи техногенные нарушения выражаются в заболачивании, просадке, плоскостном смыве, эрозии и термокарсте, обусловленных изменением условий стока поверхностных и подземных вод. Ширина зоны нарушения природной среды вдоль трассы I нитки газопровода Надым-Пунга в ЯНАО измеряется от 40 до 400 м.

Но проведение повторного картографирования позволило проследить увеличение ширины зоны нарушения в слабоустойчивых экосистемах. Например, на мелкобугристых участках ширина нарушенной зоны увеличилась с 50 до 175 м через 5 лет после сооружения газопровода, а через 30 лет местами до 500 м. Расширение зоны нарушения в период эксплуатации газопровода связано с новыми периодическими нарушениями, которые образовались в результате вторичной отсыпки насыпи газопровода, замены трубы газопровода, сооружения новых карьеров и водоотводных канав, эпизодического проезда гусеничного транспорта в этот период. Последнее, кстати, очень негативно влияет на растительный покров земель ЯНАО, так как они восстанавливаются очень медленно из-за характера рельефа [12].

При стыке труб, а также при продувке на дожимных станциях происходят плановые утечки газа. Их объем рассчитывается по различным видам расхода (их порядка 8) специальными формулами. Объемы газа малы по сравнению с аварийными утечками, поэтому подробно рассматривать их не будем.

Так же происходит процесс разрушения трубопроводов под воздействием внешней окружающей и внутренней среды, а также за счет агрессивных свойств нефти - коррозия. Этот процесс неизбежен и скорость разрушения может достигать около 1 мм в год и более. Ежегодно только на нефтепромысловых трубопроводах случается около 50-70 тыс. отказов, коррозионные повреждения составляют 90%. В связи со специфическими условиями работы труб (в скважине, в земле, на ММП, в различных климатических условиях и т.д.) вопрос защиты нефте- и газопроводов встает очень остро [14].

Одной из серьезных проблем функционирования магистральных трубопроводов является проблема незаконных врезок, которая несет угрозу не только безопасной деятельности компаний, но и экономике и экологии страны, имиджу государства как надежного и стабильного партнера на мировом рынке поставки углеводородов. Распространение врезок распространилось, превратившись в организованный преступный бизнес. Сейчас для обнаружения

врезок и утечек разработано большое количество методов. Например, общепринятый способ обнаружения несанкционированного отбора продукта из трубопровода заключается в поиске мест вскрытия оболочки трубопровода путем обхода (визуального обследования) трассы, где проходит трубопровод. Удобно, если трубопровод лежит на поверхности, но большинство из них находятся под землей и вполне понятно, что данный способ не позволяет надежно выявить места незаконных врезок по причине их скрытости. А применяющиеся устройства электромагнитного обследования не всегда эффективны, поскольку отрезки и диаметры врезок в стенку трубопровода на фоне его большого диаметра и массы не позволяют их ощутить методами радиолокации. С помощью существующих методов контроля утечек сложно обнаружить несанкционированные врезки из-за их кратковременности и малых объемов утечек, не обеспечивается требование оперативности. Средства и системы для обнаружения врезок являются дорогостоящими из-за использования высокоточной аппаратуры и средств телемеханики, но они себя оправдывают. Во время этих незаконных действий, конечно, происходят разливы нефтепродуктов, которые отрицательно воздействуют на близлежащую почву и, соответственно, подземные воды, что негативно сказывается на состоянии природной среды [27].

Не стоит забывать и о сложных и разветвленных системах подводных трубопроводов, протяженностью в сотни и тысячи километров для перекачки нефти, газа и конденсата. Они относятся к числу главных факторов экологического риска на морских нефтепромыслах. Одним из основных источников воздействия на морскую среду при строительстве подводного трубопровода являются: земляные работы при проходке траншеи и подходных каналов, заглоблении и засыпке трубопроводов и дампинге грунта, сопровождающиеся: повышением содержания в воде взвеси, образованной мелкими фракциями донных отложений; изменением гидрохимического режима морской воды при высвобождении загрязняющих веществ из донных осадков во время проведения земляных работ. В результате транспортировки

углеводородов подводным трубопроводом происходит нагрев и охлаждение придонных вод в зоне трубопровода. Так, именно отрицательная температура придонных вод ограничивает в природных условиях миграции некоторых промысловых рыб, таких как треска, пикша, морская камбала. Также подводные трубопроводы подвержены опасному явлению – экзарации – ледник может повредить подводную трубу, тем самым обеспечив выброс газа и нефтезагрязнителей в морскую экосистему, что непременно приведет к катастрофическим последствиям. Ремонтные работы подо льдами проводить очень сложно и этот процесс требует длительного времени [16].

2.2 Способы транспортировки углеводородного сырья и его потери в аварийных ситуациях при транспортировке

Большую опасность создают аварии на магистральных трубопроводах. Их протяженность в России составляет более 200 тыс. км, а во вторых они 5000 раз пересекают различные водные преграды. В частности, более 40% газопроводов находится в эксплуатации 20 лет и более, а минимальным экологическим риском обладают трубопроводы, срок службы которых не превышает 8-10 лет [27]. За последние несколько лет среднегодовое количество аварий, сопровождаемых пожарами, только на магистральных трубопроводах в целом по России составило 182, а на промысловых трубопроводах около 400, из них 60% - на территории Тюменской области. В дальнейшем аварийная опасность будет нарастать, поскольку значительная часть давно эксплуатируемых сооружений, исчерпавших свой ресурс, находится в предаварийном состоянии.

Анализ причин аварий на магистральных трубопроводах свидетельствует о следующем [7]:

32% аварий произошли от внешних воздействий;

27% - по причине брака, допущенного при строительстве, реконструкции или ремонте трубопроводов;

21% - в результате коррозии труб и запорной арматуры;

15% - из-за низкого качества изготовления труб (заводские дефекты);

5% - по другим причинам.

Кроме серьезных нарушений и загрязнений почвенного покрова и водных систем нефтью при авариях нефтепроводов имеет место загрязнение воздуха преимущественно при авариях газопроводов. Известно, что основные причины потерь при дальнем транспорте газа – его утечки в следствие негерметичности газопроводов и запорных устройств и выпуска газа в атмосферу при проведении ремонтных работ и продувок, что обуславливает 95% общих потерь газа в магистральных газопроводах.

Примером опаснейшего разлива считают разлив на реке Уса, произошедший в 1993 году, который вошел в книгу рекордов Гиннеса, как самое значительное загрязнение земли. Официальные источники сообщали, что из трубопровода вылилось 14 тыс. тонн сырой нефти, на самом деле, по данным независимой экспертизы, более 100 тыс. тонн. По реке Печора нефть дошла до Баренцева моря, нефтяное пятно растянулось на 18-20 км. В пяти поселках была объявлена чрезвычайная экологическая ситуация [9]. На месте катастрофы почти полностью уничтожена флора и фауна. Тонны нефти, попавшей в многочисленные притоки Печоры, на много лет поставили под удар жизнь и здоровье людей, населяющие не только эти места, но и прилегающие районы [19].

Это была первая страшная нефтяная авария в России, о которой узнал весь мир. Но на нефтепроводе компании «Коминнефть», что протянулась от Возейского месторождения нефти до Усинска, это была не первая и не последняя авария. Вплоть до 1994 года на нефтепроводе, введенном в эксплуатацию в 1975 году, не проводились в должном объеме ни ремонтные работы, ни устройство антикоррозийной защиты. Из-за этого в период с 1989 по 1 сентября 1994 года произошло более 30 случаев разгерметизации нефтепровода, о чем руководство «Коминнефть» умалчивало [9].

В июле 1994 года произошло разрушение трубопровода Возей-Головные сооружения. Авария быстро приобрела катастрофический характер – новые свищи образовывались гораздо быстрее, чем удавалось ликвидировать старые.

И в августе 1994 года службы по охране природы зафиксировали 14 прорывов нефтепровода и 7 крупных разлива нефти, глубина которых доходила до 50 см и объем разливов был оценен в 65 тыс. тонн нефти (рис.10). Свежие нефтяные разливы попросту сжигались вместе с лесом. Эта катастрофа показывает, что в погоне за получением прибыли от развития нефтяной отрасли необходимо не забывать о повышении качества мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций, вызванных аварийными разливами нефти. Многие десятилетия приходится расплачиваться и природе и людям за халатное отношение к обращению с нефтью и нефтепродуктами.



Рисунок 10. Разлив нефти в Республике Коми

Перейдем к морскому виду транспорта. Перевозка нефти с помощью танкеров и супертанкеров – ключевой способ морской транспортировки углеводородного сырья. Грузоподъемность большинства крупных современных танкеров измеряется десятками тысяч тонн. Существенное водоизмещение и поражающие воображение габариты этих транспортных судов не позволяют им причаливать в каждом порту. Только ограниченное

количество морских городов имеет соответствующим образом оборудованные причалы. Нередки случаи, когда доставку нефти до пункта назначения – нефтеналивного терминала – осуществляют более мелкие суда, перемещающиеся между супертанкером и портом назначения. Во избежание утечек, по инициативе специальной Европейской комиссии, суда с одинарными корпусами были подвергнуты демонтажу и (или) превращены в плавучие нефтехранилища, и заменены танкерами с двойным корпусом [11].

Сегодня перевозка нефти и нефтепродуктов осуществляется при помощи самых разных видов транспорта, в том числе и водного (наливных судов). В России вплоть до конца XX века транспортировка нефтегрузов по воде была одной из самых дешёвых и занимала главенствующее положение вследствие ряда преимуществ:

- возможности перевозить нефтепродукты в большом количестве и на большие расстояния;
- возможности перевозить нефтегрузы в любом агрегатном состоянии;
- возможности перевозить по малым и большим водоёмам, начиная с рек, и заканчивая океанами;
- возможности поддерживать температуру при транспортировке высоковязкой нефти и нефтепродуктов, благодаря системе подогрева, которая работает от паровых котлов или котлов-утилизаторов – это позволяет сократить время выгрузки судов;
- относительно высокой ритмичности, например, по сравнению с железнодорожным транспортом.

Минусы транспортировки водным транспортом заключаются в следующем:

- в сезонности работы на водоёмах, которые замерзают в холодное время года;
- ограниченности перевозок пределами судоходных путей;

судоходный период без ледоколов был с июля по сентябрь, то в настоящее время – с июня по ноябрь. Этот факт позволяет понять, что СМП на данный момент играет немаловажную роль в транспортной системе как России, так и в международной транспортной системе.

Так же стоит отметить проект будущего – транспортировка нефти подводными лодками, ранее боевыми атомными субмаринами. В Санкт-Петербургском морском бюро машиностроения уже ведутся работы. В обычных условиях, конечно, они уступают традиционным судам, но в условиях ледовой обстановки могут значительно сократить расстояние и время транспортировки нефтепродуктов. Такой автономный танкер сможет находиться в автономном плавании около 50 суток. Россия очень нуждается в данном виде транспорта, так как имеет огромную площадь арктических побережий и подводные месторождения углеводородов. Широкое применение подводных лодок для перевозок станет целесообразным, когда сформируются постоянные трансконтинентальные грузопотоки, к примеру маршруты Россия – Северная Америка, Россия – Япония, которые пролегают через Северный полюс или по Северному морскому пути. Подводные грузовые перевозки, которых до сих пор не вела ни одна судовладельческая компания мира - новый этап развития морской техники. Передвижение судов под арктическими льдами сократит расстояние между континентами [16].

Для континентального шельфа РФ риски транспортировки углеводородного сырья существенно выше, чем в других регионах. Это определяется:

- сложными природно-климатическими условиями;
- необходимостью применения уникальных технологий и оборудования;
- недостаточным уровнем развития инфраструктуры;
- несовершенством нормативной базы;
- особенной схемой перевозок нефти (большое число грузовых операций).

Согласно статистическим данным, более половины аварийных разливов нефти приходится на танкерную перевозку и при выполнении погрузочно-

разгрузочных, и бункеровочных операций у терминалов (технические отказы; посадка на мель; столкновения; пожары, взрывы).

Для арктического шельфа России риски при добыче и транспортировке углеводородного сырья значительно выше, чем в регионах суши. Специфические климатические условия, продолжительность светового дня, характер теплообмена поверхности океана с нижележащими слоями и атмосферой, пространственное распространение магнитных полей Земли, рельеф дна, типы берегов и мелководные приливы в значительной степени снижают естественную саморегулируемость среды [6]. Вероятность аварий танкеров с разливами нефти в северных морях определяется:

- сложными арктическими условиями плавания;
- большим числом грузовых операций — погрузка на челночный танкер, перевалка с челночных танкеров через плавучие терминалы на экспортные танкеры, выгрузка в порту назначения.

На территории России, к счастью, не случилось масштабных аварийных ситуаций, поэтому приведу пример загрязнения зарубежных территорий. Недавняя катастрофа танкера «Престиж» (в трюмах которого была российская нефть) в ноябре 2002 года понесла огромные последствия. По прошествии года со дня катастрофы у берегов Испании танкера «Престиж» Всемирный Фонд дикой природы опубликовал доклад, в котором были проанализированы ее последствия. Общий объем разлившего мазута был оценен в 64 тысячи тонн. Около 13 тысяч этого нефтепродукта все еще оставалось в танках затонувшего судна. Еще 5-10 тысяч тонн плавали в Атлантическом океане, периодически загрязняя берега Испании, Франции, и даже Великобритании. Всего в результате аварии танкера «Престиж» в различной степени было загрязнено 3000 км побережья. Погибло 300 тысяч птиц. Огромные потери понесли рыболовство и туризм [16].

Разливы нефти в арктических морях опасны тем, что если в течение определенного периода не удастся ликвидировать утечку нефти, то после покрытия акватории льдом сделать это уже не получится – нефть будет

двигаться вместе со льдом (рис. 12). Итоги нефтяного воздействия естественно отразятся на фито- и зоопланктоне, а возможно (и это чрезвычайно важно) и на тех водорослях, от которых напрямую зависят многие промысловые виды, как правило, ранней зимой [6].



Рисунок 12. Движение нефтепродуктов с ледовым покровом

В условиях вечной мерзлоты транспорт углеводородного сырья железной дорогой практически не распространен, но считаю, что нужно рассмотреть аварии и их последствия, так как в будущем, возможно, будут стоять железнодорожные пути. Стоит отметить железнодорожную линию Обская-Бованенково (рис.13). По сложности климатических, геологических, гидрологических и криологических условий эта ж/д линия является уникальным строительным объектом, не имеющим аналогов в мировой инженерной практике. Пропускная способность – около 3,5 млн. т. в год, средняя скорость – 40 км/ч. На сегодня это самый емкий транспортный коридор в ЯНАО, работающий круглосуточно [21].



Рисунок 13. Железная дорога Обская-Бованенково в ЯНАО

К преимуществам железных дорог относятся:

- Всесезонность. Железная дорога универсальна тем, что одинаково хорошо функционирует в любое время года и при любых погодных условиях.
- Скорость. Сроки доставки нефти по ж/д действительно относительно малы (значительно быстрее, чем морским или речным путем).
- География доставки. Железные дороги покрывают достаточно большую территорию, и поэтому существует возможность прямой доставки в сельскохозяйственные и промышленные районы.
- Объём. По железной дороге можно перевозить достаточно большое количество нефти, хотя в этом отношении железная дорога уступает танкерам и нефтепроводам.

К недостаткам использования железной дороги относятся:

- Стоимость. Затраты на транспортировку нефти по ж/д более высоки, нежели затраты на транспортировку другими способами.
- Потери. Во время погрузочно-разгрузочных работ часто случаются потери нефти. Это неизбежное явление при использовании цистерн.
- Специальное оборудование. Транспортировка по ж/д требует наличия специального оборудования для погрузки и выгрузки, что опять же повышает расходы на транспортировку.
- Прокладка линий. Иногда чтобы доставить нефть в отдаленные районы (или из них), приходится прокладывать новые железнодорожные пути. Так же в условиях многолетней мерзлоты в некоторых районах такой вариант транспортировки практически невозможен.

Транспортировка углеводородного сырья железнодорожным транспортом является экологически опасным и очень дорогим. По данным Межведомственной комиссии по экологической безопасности России, около 30% аварийных ситуаций на железнодорожном транспорте связано с разливами нефтепродуктов [11]. Среди причин аварии и инцидентов, повлекших за собой утечку перевозимых нефтепродуктов или сырой нефти из цистерн железнодорожного состава, выделяют такие как:

- столкновение поездов;
- механическое воздействие на состав;
- обрушение мостов;
- попадание искры с последующим возгоранием содержимого цистерн;
- сход с рельсов в результате неблагоприятных природно-климатических условий;
- нарушение правил обращения с опасными грузами.

Последствия подобных аварий могут быть самыми плачевными: пожар, заражение почвы нефтепродуктами и их попадание в водоёмы, что приводит к нарушениям экосистемы, вымиранию живых организмов и заражению питьевой воды, а также возможным человеческим жертвам [21].

В качестве примера рассмотрим некоторые аварии, которые возникли при перевозке нефтепродуктов по железной дороге.

В мае 1996 года на станции Мыслец Горьковской дороги опрокинулось 23 вагона (цистерны) грузового поезда. Результатом стал разлив фенола и дизельного топлива, произошло возгорание (рис.14). Эта авария привела к ужасным последствиям: более 100 человек отравились фенолом (легкая и средняя степень тяжести), фенол и дизельное топливо загрязнили почву и водоемы на большом расстоянии от места происшествия. Также стоит упомянуть о значительном материальном ущербе, необходимом на проведение различных природоохранных мероприятий, которые, естественно, в экстренном порядке были оказаны.



Рисунок 14. Авария на железнодорожном транспорте

Еще одна авария произошла 13 августа 2003 года. На Свердловской железной дороге (около 40 км от Свердловска) в аварию попал состав из 62 цистерн с бензином. При этом происшествии 21 цистерна сошла с рельс, загорелась или взорвалась. Последствиями стали работы по ликвидации аварийного разлива нефти, которые проводились больше месяца. Но имеет место один немаловажный факт: в октябре была проведена проверка, которая выявила, что грунты загрязнены нефтепродуктами на уровне 200 ПДК, что отражает чрезвычайную ситуацию на всей территории аварии [11].

Было еще много аварий, которые привели к негативным последствиям. Часто нефтепродукты невозможно полностью убрать с места разлива. Тогда на протяжении многих лет наблюдаются последствия: ухудшается экология местности, умирают животные и птицы, страдают люди.

2.3 Особенности транспортировки углеводородного сырья в районах Крайнего Севера

Обращая внимание на специфические ММП, стоит отметить, что при транспортировке в районах их распространения происходит три основных типа воздействия, различающиеся по характеру и степени изменения геокриологической обстановки, которые вызывают: нарушения почвенно-растительного покрова; изменение условий снегонакопления; изменение режима поверхностных и грунтовых стоков.

Геокриологические исследования, выполненные на газопроводах Уренгой-Надым-Пунга, Ямбург-Елец и на межпромысловых газовых коллекторах на Медвежьем и Уренгойском газовых месторождениях, показали, что в результате оттаивания мёрзлых грунтов, происходит образование мощных и протяженных таликовых зон вдоль трубы газопроводов, что оказывает существенное влияние на гидродинамический режим грунтов, приводит к их интенсивному обводнению и интенсификации эрозионного процесса. Последний, связанный с нарушением поверхностного слоя грунта и последующим выносом мелкозема, образовавшегося после оттаивания мерзлых грунтов, способствует разуплотнению и смещению вниз обваловки трубы. В результате на многих участках происходит потеря устойчивости и всплытие трубопроводов, обладающих плавучестью. Строительство и эксплуатации трубопроводов приводит к активизации криогенных процессов, развитых до их прокладки, а иногда к возникновению новых, ранее не проявлявшихся. Так, до прокладки газопроводного коллектора на месторождении Медвежье, процесс термоэрозии был развит слабо, а на участке 66-85 км трассы Уренгой-Надым-Пунга не был развит совсем [5].

После прокладки трубопроводов термоэрозия начала активно развиваться как в виде линейного эрозионного размыва вдоль трубы, так и в виде поперечной эрозии на участке трасс, проходящих на склонах (рис.15) [11]. В результате рассмотренных геокриотехногенных процессов, связанных с оттаиванием мёрзлых грунтов, возникают значительные горизонтальные и вертикальные деформации газопроводов, приводящие к появлению напряженных участков [25]. Также наблюдается увеличение в 1,2-1,6 раза глубин сезонного оттаивания грунтов, развитие термокартовых просадок глубиной до 1,0-2,0 м, заболачивание территории. Комплекс спровоцированных техногенным воздействием деструктивных геокриотехногенных процессов (оттаивание и осадка мёрзлых грунтов, термоэрозия, разуплотнение, заболачивание и т.д.) в наибольшей степени проявляется при подземной прокладке теплых трубопроводов на льдистых мёрзлых грунтах. Развитие этих процессов происходит настолько интенсивно, что эксплуатация трубопровода через несколько лет становится практически невозможной.



Рисунок 15. Профиль траншеи подземного газопровода: а – проектный; б – через два года после строительства
 1 – дернина; 2 – суглинки талые; 3 – грунты обратной засыпки; 4 – сильнольдистые суглинки; 5 – песок мерзлый; 6 – глубина оттаивания; 7 - вода

Анализ данных метеорологических изменений на севере России, продолжительность которых достигает 180 лет, показывает существование

отчетливо выраженных циклов климатического потепления-похолодания. Потепление климата естественно оказывает влияние на многолетнемерзлые породы. В будущем может возникнуть опасность формирования высокотемпературных мерзлых грунтов даже в арктических районах. Так, например, потепление вечной мерзлоты может вызвать массовое разрушение трубопроводов, построенных с сохранением мерзлоты в основании [26]. Это свидетельствует о необходимости и целесообразности разработки детального прогноза, а также введения в действующие нормативные документы, регламентирующие проектирование и строительство, требования учета прогнозного состояния вечной мерзлоты [13].

В дополнение к вышесказанному следует добавить, что углеводородное загрязнение является специфическим видом загрязнения в связи с тем, что нефть и нефтепродукты мигрантоспособны и вследствие этого не локализируются на месте разлива, а проникают в почву, грунты, растекаются по земной поверхности, попадают в водоемы, испаряются в атмосферу. Загрязнение нефтепродуктами часто сопровождается повышенным содержанием тяжелых металлов в почвогрунтах, донных отложениях, поверхностных и подземных водах, а также повышенной радиоактивностью. При загрязнении территории нефтепродуктами в зимнее время происходит определенная консервация распространения загрязнения [10]. Расширение ареала загрязнения происходит во время паводков. Также стоит отметить, что наряду с загрязнением нефтью и нефтепродуктами территории северных нефтегазоносных провинций России, происходит снос загрязняющих веществ в Полярный бассейн, так как все реки, пересекающие эти территории, имеют сток на север. Известно, что самоочищение рек от нефтепродуктов обычно происходит через 200-300 км по течению от источника загрязнения, а для северных рек (с малой минерализацией воды и низкой среднегодовой температурой) для этого требуется не менее 2000 км. С этих позиций воды Полярного бассейна, омывающие Тимано-Печорскую провинцию,

представляются менее защищенными от нефтезагрязнения, чем омывающие, к примеру, Западную Сибирь.

3. Методы ликвидации нефтяных разливов

3.1 Мероприятия, проводимые на суше

Международный опыт показывает, что в арктических условиях удается собрать и утилизировать всего 10-15% разлитой нефти. Остаточное нефтезагрязнение в условиях криолитозоны, сохраняясь на долгие годы, становится источником поступления нефтяных углеводородов по речному стоку в море и его прибрежную часть.

При масштабных аварийных ситуациях с высоким уровнем загрязнения почв нефтью наиболее оптимальными приемами являются [20]:

- Локализация, дробление участков на фрагменты путем отсыпки;
- Драгирование. Эффективно на заболоченных территориях. Способствует практически полному удалению поверхностной нефти;
- Отвод воды эффективен на больших труднодоступных для техники территориях верховых болот при мощном слое торфа;
- Агробиологические приемы, включая фрезерование и использование биопрепаратов нефтеокисляющего действия эффективны при восстановлении любого участка на стадии биорекультивации, после уборки поверхностной нефти;
- Создание искусственных посевов из многолетних злаков эффективно только на нормально увлажненных почвах.

На участках старых разливов, при отсутствии поверхностной нефти и малой глубине пропитки почвы эффективны:

- Фрезерование без отвода воды, агрохимические и агробиологические приемы;
- Восстановление растительности за счет естественного потенциала.

После аварийных ситуаций, когда концентрация загрязнения превышает 40-50%, погибает 100% растительности, почвенная флора находится в угнетенном состоянии (фаза полной репрессии). Как показывают наблюдения, в таком состоянии почва может находиться продолжительное время (от 6 до 10 и

более лет). Состав нефти подвергается на этом этапе постепенному изменению за счет процессов физического очищения (выветривания). В этот период «уходят» мобильные водорастворимые фракции. Поверхностные загрязнения подвергаются большим изменениям, чем те, что находятся в толще почвы [20].

Объекты раннего возраста загрязнения при значительном (более 50%) загрязнении характеризуются тем, что на них практически полностью уничтожен почвенный покров, предельно низок уровень биологической активности почв. При рекультивации на таких объектах эффективны только комплексные приемы: механическая очистка земель (удаление поверхностной нефти) с последующим фрезерованием и применением минеральных удобрений, в ряде случаев и микробных препаратов.

Длительность работ достигает 2-3 полевых сезона. Устойчивое развитие растений здесь наступает только через 3-5 лет. Очень сложно восстанавливать сухие участки раннего возраста загрязнения. Глубина пропитки здесь достигает метра и более. Подобные участки очищались путем частичного отмыва верхнего слоя почвы водой с биологически безопасными видами поверхностно-активных веществ с последующим биовосстановлением верхнего же слоя путем фрезерования и биоремедиации. Восстановление растительности на таких участках производилось за счет высева многолетних трав.

В процессе физического самоочищения почвы постепенно изменяется состав остаточного загрязнения. На фоне этого происходит постепенная активизация резистентных (устойчивых к углеводородному загрязнению) групп почвенной микробиоты.

Послеаварийные участки среднего возраста загрязнения (от 5 до 15 лет) характеризуются еще достаточно высоким уровнем загрязнения углеводородами. В условиях Севера, как правило, загрязнение углеводородами за это время претерпевает изменения только в верхнем слое почвы, глубиной не более 5 см. В составе углеводородов-загрязнителей из верхних слоев почвы практически отсутствуют водорастворимые фракции. Увеличивается массовая доля тяжелых парафинов и полиароматических соединений. Уменьшается

массовое соотношение между гетероциклическими и углеводородными соединениями [20].

Заметно выражена микробиологическая активность почв. Рекультивация на объектах среднего возраста загрязнений по-прежнему эффективна только с использованием комплексных методов: сочетания технических или интенсивных агробиологических приемов. Эффективное биовосстановление почвы на таких участках обеспечивалось в результате фрезерования и биоремедиационных приемов. На рисунке 16 видим аварийный участок до и после рекультивации.



Рисунок 16. Аварийный участок до и после рекультивации

Завершение резистентной стадии очищения почв от углеводородных загрязнений характеризуется резким усилением микробиологической активности, когда численность различных групп микроорганизмов превышает фон на 4-5 порядков (стадия стресса). Начинается возобновление растительности [17].

Участки старых нефтеразливов, те, которые характеризуются, как находящиеся в состоянии стресса обладают мощным потенциалом самовосстановления и способны к интенсивному самоочищению. Здесь иногда достаточно простых агротехнических мероприятий для завершения процесса

восстановления и доочистки от нефти – потенциал активности собственного микроценоза очень высок и может превышать фоновые величины на 4-6 порядков.

Как можно заметить, в вышеперечисленных примерах очень различается такой показатель, как концентрация загрязнений почв углеводородами. Речь идет об участках, пострадавших от аварийных ситуаций. Другими словами исходный показатель загрязнения почв наивысший. Степень сложности объектов для производства работ объективно связана именно с возрастом загрязнений. И самыми сложными для восстановления будут участки раннего периода загрязнений [17].

Характер роста и развития высеваемых при рекультивации трав во многом зависит от типа почв и характера их увлажнения. На заболоченных участках, где работы выполняются без осушения на общем фоне снижения загрязнения за счет уборки поверхностной нефти, фрезерования, применения биопрепаратов и минеральных удобрений спустя 2-3 года после высева многолетних травосмесей развиваются только естественные растительные сообщества. После осушения заболоченных участков развитие высеваемых злаков может быть вполне эффективным. В случае восстановления гидрологического режима почв путем разрушения отводной системы растительное сообщество постепенно возвратится к своему естественному состоянию. На участках, где обнажен глеевый слой почвы, при даже относительно низком уровне нефтяного загрязнения (до 5-15 мг/г) развитие высеваемых трав крайне затруднено. Нормальное их развитие начинается только после нанесения на поверхность грунта тонкого (до 2-5см) слоя торфа.

Таким образом высев трав-рекультивантов на сухих участках дает со временем густой устойчивый искусственно созданный травостой, на переувлажненных участках нецелесообразен – травы не закрепляются. Высев однолетних трав можно рассматривать как тест на фитотоксичность как на сухих, так и на переувлажненных участках.

Результаты выполненных испытаний свидетельствуют о том, что биологическая очистка почв от нефтезагрязнений с применением биопрепаратов на основе аборигенных микроорганизмов-нефтедеструкторов, выделенных из арктических мерзлотных почв, является эффективным, экологически безопасным, экономически выгодным способом ликвидации последствий аварий и реабилитации нарушенных земель арктических территорий [17].

На примере Усинской аварии можно отметить успех Корпоративной программы по экологической реабилитации загрязненных территорий ОАО «Лукойл». Основной задачей этой программы являлась ликвидация последствий аварийных разливов нефти в 1994 г. и снятие статуса «зоны экологического бедствия» с ряда территорий Усинского района Республики Коми. В период 2000-2005 гг. «Лукойл» направил более 4,6 млрд. руб. на выполнение природоохранных мероприятий. За этот период землепользователям было возвращено 1592,75 га земель. На площади 891 га проведена биологическая рекультивация, в том числе на 383 га проведены лесовосстановительные работы. Рекультивировано 718,64 га восстановленных нефтезагрязненных земель. Утилизировано свыше 230 тыс. т нефтесодержащих отходов. Заменено 878,7 км трубопроводов. В результате этой работы в период паводков не было допущено ни одного попадания нефти и нефтесодержащей жидкости в водотоки.

3.2 Устранение аварийных разливов в акваториях

В первую очередь во время ликвидации нефтяных разливов нужно локализовать загрязненный участок. Это предотвратит распространение нефти на новые участки и уменьшит площади загрязнения. Далее производится механический сбор нефти с поверхности моря, а при чрезвычайной необходимости и диспергирование нефтяной пленки с вертолетов [18]. Механический сбор непосредственно с поверхности воды осуществляется с помощью судов-нефтесборщиков, которые оснащены

скиммерами. Также для защиты береговой линии и очистки побережья выставляются специальные боновые заграждения, которые предотвращают растекание нефти на водной поверхности и увеличивают концентрацию нефти для облегчения цикла уборки. Вдоль береговой линии также работают скиммеры, вакуумные машины, машины с краном и прочая необходимая техника (рис.17).



Рисунок 17. Ликвидация нефтяного пятна на море

Существует несколько методов ликвидации разливов: механический, термический, физико-химический и биологический. Одним из главных методов ликвидации разлива ННП является механический сбор нефти. Наибольшая эффективность его достигается в первые часы после разлива. Это связано с тем, что толщина слоя нефти остается достаточно большой. При малой толщине нефтяного слоя, большой площади его распространения и постоянном движении поверхностного слоя под воздействием ветра и течения механический сбор достаточно затруднен. Помимо этого осложнения могут возникать при очистке от ННП акваторий портов и верфей, которые зачастую загрязнены всевозможным мусором, щепой, досками и другими предметами, плавающими на поверхности воды [18].

Термический метод, основанный на выжигании слоя нефти, применяется при достаточной толщине слоя и непосредственно после загрязнения, до образования эмульсий с водой. Этот метод применяется в сочетании с другими методами ликвидации разлива.

Физико-химический метод с использованием диспергентов и сорбентов эффективен в тех случаях, когда механический сбор ННП невозможен, например, при малой толщине пленки или когда разлившиеся ННП представляют реальную угрозу наиболее экологически уязвимым районам. Сорбенты при взаимодействии с водной поверхностью начинают немедленно впитывать ННП, максимальное насыщение достигается в период первых десяти секунд (если нефтепродукты имеют среднюю плотность), после чего образуются комья материала, насыщенного нефтью. В крайних случаях, если пятно движется, например, к заповедным местам, его могут обрабатывать диспергентами. Они представляют собой специальные химические вещества, которые расщепляют нефтяную пленку и не дают ей распространяться. Однако диспергенты негативно влияют на окружающую среду.

Биологический метод используется после применения механического и физико-химического методов при толщине пленки не менее 0,1 мм.

Биоремедиация – это технология очистки нефтезагрязненной почвы и воды, в основе которой лежит использование специальных, углеводородоокисляющих микроорганизмов или биохимических препаратов. Число микроорганизмов, способных ассимилировать нефтяные углеводороды, относительно невелико. В первую очередь это бактерии, в основном представители рода *Pseudomonas*, и определенные виды грибов и дрожжей. При температуре воды 15-25 С° и достаточной насыщенности кислородом микроорганизмы могут окислять ННП со скоростью до 2 г/м² водной поверхности в день. При низких температурах бактериальное окисление происходит медленно, и нефтепродукты могут оставаться в водоемах длительное время – до 50 лет.

В настоящее время необходимо разрабатывать и совершенствовать эффективные технологии ликвидации аварийных разливов нефти с водной поверхности, в том числе и в арктических морях. В России применение диспергентов в ледовых условиях Арктики не рекомендуется. Следовательно необходимо искать альтернативные методы ликвидации нефтяных пятен в условиях Севера [18].

В качестве альтернативного метода уничтожения нефтяной плёнки предлагается использование лазерного излучения с длиной волны 10,6 мкм. Такое излучение относительно слабо поглощается нефтью и нефтепродуктами и сильно поглощается водой. Характерная глубина проникновения лазерного излучения с указанной длиной волны для нефти различных сортов составляет 100 – 300 мкм, а для воды – порядка 10 мкм. Российским учёным впервые в мире удалось создать относительно недорогой в эксплуатации мощный электроионизационный CO₂-лазер, работающий на потоке атмосферного воздуха. Механизм метода лазерной очистки заключается в следующем. Лазерное излучение с длиной волны 10,6 мкм сильнее всего поглощается тонким слоем воды, который непосредственно примыкает к нефтяной плёнке, поэтому вода в этом слое быстро нагревается и переходит в состояние метастабильности. Происходит парообразующий взрыв метастабильно перегретой воды и разрывается тепловой контакт нефти и воды, который препятствует горению нефтяной плёнки в обычных условиях. Нефтяная плёнка подбрасывается вверх и дробится на фрагменты. Капли нефти подбрасываются на высоту 30 – 40 см, смешиваются с атмосферным воздухом и образуют горючую смесь. Происходит самовоспламенение смеси и капли нефтяного загрязнения сгорают в воздухе.

При ликвидации аварий, связанных с разливом нефтепродуктов, таким способом можно эффективно и быстро удалять нефтесодержащие плёнки практически любого состава и толщины. Только применение лазера позволяет проводить полную очистку поверхности воды от тонких «радужных» плёнок, что недостижимо другими известными способами. При использовании

лазерной технологии можно проводить очистку водной поверхности со значительных расстояний, например, с берега. Лазерный способ очистки может быть с успехом использован на завершающей стадии обработки поверхности нефтяного разлива после применения механического или химического способов сбора толстых плёнок, а также для очистки водоёмов – плантаций морепродуктов или жемчужных факторий, береговой кромки и гидротехнических сооружений. Опыты показали, что скорость очистки слабо зависит от состава и вязкости нефтепродуктов, а также от угла падения лазерного излучения на поверхность воды [18].

4. Возможные направления повышения эффективности экологической безопасности при транспортировке углеводородного сырья

На территории Крайнего Севера преобладают ММП, которые оказывают влияние на объекты транспорта углеводородов, начиная со стадии строительства и последующей эксплуатацией транспорта. Важно учитывать то, что разработка нефтегазовых месторождений на севере будет набирать обороты в будущие десятилетия, а чтобы во время разработки месторождений и транспорта с них возникало намного меньше чрезвычайных ситуаций, нефте- и газодобывающим компаниям стоит обратить особое внимание на повышение эффективности экологической безопасности [24]. Также если речь идет об освоении территорий Крайнего Севера, то необходимо заботиться о коренном населении, которое на этих территориях живет. Именно этот немаловажный факт определяет цели для максимального изучения возможности влияния технологических факторов на их жизнь, минимизировать все возможные аварии, и только после этого начинать строительство.

Проанализировав климатические условия севера, а также экологические риски и аварии на трех видах транспорта, можно дать некоторые рекомендации, которые будут полезны для дальнейшего проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию трубопроводов, морских путей, а также возможно и железных дорог на территориях Крайнего Севера, так как некоторые вопросы недостаточно разработаны.

Первое, на что стоит обратить внимание, это исключение возможности технических отказов и аварий. Этот пункт будет включать в себя:

- выбор оптимального способа транспортировки углеводородного сырья, т.е., учитывая особенности распространения и геокриологического строения ММП, а также расстояние от шельфовой зоны и т.д., необходимо выявить и определить тот способ, при оценке риска будет наименее опасным;

- детальную проработку всех технологических этапов и операций от получения сырья до передачи конечным потребителям, т.е. необходимо

разрабатывать схемы транспортного процесса, производить моделирование всех этапов доставки сырья;

- максимально возможное исключение из технологических этапов транспортировки сырья человеческого участия с одновременным повышением качества подготовки персонала;

- использование передовых разработок при строительстве, эксплуатации и ремонте объектов, машин и механизмов, задействованных в процессе транспортировки углеводородного сырья, имеется в виду увеличение прочностных показателей и долговечности всех узлов и объектов в целом, что особо важно в суровых условиях Крайнего Севера;

- применение новейших методов поэтапного контроля, которые необходимы для исключения отказов, а для этого нужно контролировать все процессы, таким образом необходимы установка датчиков, сенсоров, а также производить мониторинг всей системы доставки сырья, обязателен дистанционный контроль;

- усовершенствование имеющихся, разработка и внедрение новых стандартов экологического менеджмента, а также контроль за их неукоснительном выполнении;

- внедрение и обязательное выполнение планово-предупредительной системы обслуживания и ремонта всего технологического оборудования, так как все элементы и механизмы систем имеют определенный ресурс службы и нужно заблаговременно планировать их замену и ремонт;

Вторая рекомендация, на мой взгляд очень важная, это развитие международных связей и всестороннее взаимодействие по вопросам экологической безопасности. Каждая страна имеет свой отличительный опыт по разным вопросам экологической безопасности. Одна страна, к примеру, осуществляет транспортировку трубопроводным транспортом, другая морским, третья железнодорожным и так далее, при этом у каждой накоплен разный опыт и когда он обобщается и становится доступным на международном уровне, то естественно и решение вопросов происходит гораздо быстрее и

продуктивнее, предотвращая экологические опасности, которые непременно все равно влияют на страны-соседей за счет трансграничного переноса загрязняющих веществ.

Третья рекомендация - проведение фундаментальных исследований в области влияния структуры транспортировки углеводородного сырья на экологию северных регионов. Из-за активного будущего освоения этих территорий эта рекомендация определенно носит практический характер.

Также имеет место рекомендация по разработке новых систем предотвращения экологических инцидентов, аварий и катастроф, за счет изучения влияния природных факторов. Имеется в виду усовершенствование трех систем: системы оповещения о произошедших бедствиях, системы локализации и системы ликвидации, а также разработка новых систем поможет минимизировать влияние экологических бедствий на экосистемы.

И последняя пятая рекомендация состоит в развитии научных центров по сбору информации об экологических инцидентах, авариях и катастрофах, проведение по собранной информации всестороннего анализа причин произошедших ЧС, их компьютерное моделирование и на их основании прогнозирование возможных аналогичных чрезвычайных ситуаций для выявления причин и их учета при будущем строительстве и вводе в эксплуатацию путей транспортировки углеводородного сырья на Крайнем Севере.

Заключение

Транспортировка углеводородного сырья является одним из опасных видов деятельности.

В работе рассмотрены экологические проблемы при транспортировке углеводородного сырья в районах Крайнего Севера и пути их решения.

Особые трудности при транспортировке углеводородов наблюдаются в северных районах, где развиты многолетнемерзлые породы. Из существующих способов транспортировки (трубопроводный, морской и железнодорожный) наибольшую опасность представляет трубопроводный вид транспорта, поэтому он был рассмотрен более подробно, в частности, были затронуты опасности, возникающие на нем при нормальных передачах сырья. Это коррозии труб, их просадка, плановые утечки газа, несанкционированные врезки и т.д., а для подводных труб – угроза экзарации. Также было установлено, что на территории с распространением ММП следует использовать надземный вид прокладки трубы, чтобы смягчить тепловое воздействие на мерзлые породы.

Описаны наиболее тяжелые аварии на транспорте и причины, по которым они случились. К наиболее распространенным аварийным ситуациям относятся пожары и нефтеразливы на суше и в акваториях морей, которые невозможно полностью убрать с места разлива, а последствия критические: ухудшается экология местности, умирают животные и птицы, страдают люди.

В третьей главе рассматривались методы ликвидации аварийных разливов. Была рассмотрена рекультивация нарушенных земель, а также способы ликвидации разливов на море в арктических условиях.

В завершение были даны рекомендации по повышению эффективности экологической безопасности при транспортировке углеводородного сырья в районах Крайнего Севера.

Одна из самых главных экологических проблем при транспортировке углеводородного сырья - это перенос загрязняющих веществ в подземные и

поверхностные воды и дальнейшая транспортировка их в крупные акватории. Для северных районов опасность нефтеразливов заключается в наличии большого количества водотоков, по которым загрязнения поступают в Северный-Ледовитый океан. Если не применять мер по экологической безопасности при эксплуатации транспортных систем, не допускающих аварийных ситуаций, то в скором времени северные российские акватории, а затем и мировой океан будет загрязнен опасными веществами, наличие которых безусловно повлияет на питьевое водоснабжение планеты, а также рыбохозяйственную деятельность.

Потепление вечной мерзлоты может вызвать массовое разрушение трубопроводов, построенных с сохранением мерзлоты в основании. Это свидетельствует о необходимости и целесообразности разработки детального прогноза, а также введения в действующие нормативные документы, регламентирующие проектирование, строительство и эксплуатацию транспорта, требования учета прогнозного состояния вечной мерзлоты.

Комплекс экологических проблем при транспортировке углеводородного сырья в районах Крайнего Севера в сочетании со специфическими климатическими условиями требует усовершенствования технологического процесса на всех этапах развития транспортных путей на этой территории, фундаментальных исследований особенностей природных процессов и условий жизни коренного населения при планировании новых проектов, так как северные территории обладают повышенной уязвимостью и после аварийных разливов их восстановление протекает очень медленно.

Таким образом, совершенствуя экологическую безопасность, а также следуя основным требованиям при планировке, строительстве и эксплуатации транспорта можно будет избежать нежелательных процессов в мерзлоте и ряд других осложнений и аварий.

Список используемой литературы

1. Анисимова Н.П., Каменский Р.М., Макаров В.Н., Фельдман Г.М. Экологические аспекты освоения криолитозоны [Текст] : М.: ВСЕГИНГЕО.-1991.-С.94-101.
2. Баулин В.В. Многолетнемерзлые породы нефтегазовых районов СССР [Текст] : М.: Недра.-1985.-С. 176.
3. Боровков В.А. Особенности эксплуатации подземных газопроводов в условиях Крайнего Севера [Текст] : информ.-аналит. журн. / Газовая промышленность.-1999.-№2.-С. 30-31.
4. Брызгалов В.А., Иванов В.В., Шевнина Е.В. Изменчивость стока растворенных веществ в бассейне р. Печора в условиях интенсивного антропогенного воздействия [Текст] : информ.-аналит. журн. / Экологическая химия.- СПб: ТЕЗА.-2000.-С.180.
5. Брыксин В.Н., Степанова С.Г., Спиридонов В.В., Цуриков А.С. Экспериментальное изучение теплового взаимодействия действующих систем газопроводов Медвежье-Надым-Пунга с внешней средой [Текст] : М.: ВНИИСТ.-1982.-С.56-80.
6. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов [Текст]: М.: Иноктаво.- 2005.- С. 368.
7. Галиев М.А. Экологическая оценка загрязнителей окружающей среды при транспортировке нефти [Текст] : информ.-аналит. журн. / Нефтяная промышленность.-2000.-№2.-С.9-11.
8. Горальчук М.И. Геокриологические и гидрогеологические проблемы освоения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [Текст] : М.: МГП Геоинформарк.-1992.-С. 58.
9. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2014 году» [Текст] : Сыктывкар.-2014.

10. Додин Д.А. Устойчивое развитие Арктики (проблемы и перспективы) [Текст]: – М.: СПб.: Наука, 2005.-С.283
11. Захарова М.И. Анализ риска аварий резервуаров и газопроводов в условиях Севера [Текст] : информ.-аналит. журн. / Безопасность труда в промышленности.-2015.-№2.-С.54-64.
12. Иванов И.П., Норова Л.П. Инженерная геология при строительстве линейных объектов [Текст] : М.: СПб.-2012.-С.94-95.
13. Климат территории нефтегазовых месторождений на полуостровах Ямал и Тазовский [Текст] : специализированный справочник под ред. Ц.А.Швера.-М.: Гидрометеиздат.-1991.-С. 220.
14. Коррозия. Территории «НЕФТЕГАЗ» [Текст] : информ.-аналит. журн. /– 2013, июнь, №2- 25 экз.
15. Котомин А.Б. Рациональное недропользование и освоение морских минеральных и энергетических ресурсов арктического континентального шельфа [Текст] : М.: Институт экономических проблем им. Г.П.Лузина Кольского научного центра РАН.-2005.-С. 34-37.
16. Максимов В.М., Лимар Е.Ф. и др. Экологические последствия возможных аварийных ситуаций при эксплуатации морского газопровода [Текст] : М.: Потенциал, №5, 2001.-С. 61-65.
17. Маркарова М.Ю. Скорость очищения почв от нефти в условиях Севера [Текст] : информ.-аналит. журн. / Вестн. Башкир. унта.-2011.-№1.-С.48-51.
18. Махутов Н.А. Прогнозирование возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах НГК и ликвидация последствий аварийных разливов НП в арктических климатических условиях [Текст] : информ.-аналит. журн. / Арктика: экология и экономика.-2016.- №4-24 экз.-С.90-99.
19. Межеловский Н.В., Смыслов А.А. Недр России. Экология геологической среды [Текст] : М.: СПб.-2002.-С.224-227.
20. Москаленко Н.Г. Антропогенная динамика растительности равнин криолитозоны России [Текст] : М.: Наука.-2003.-С. 280.

21. Москаленко Н.Г. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции [Текст] : М.: Институт криосферы Земли.- 2006.-С. 358.
22. Орлов В.Н. Новые сырьевые центры «Нефть России» [Текст] : М.: Институт экономических проблем им. Г.П.Лузина Кольского научного центра РАН.-2009.-С.10-13.
23. Освоение и перспективы развития минерально-сырьевой базы Республики Коми [Текст] : Е.Б. Грунис, В.И. Гайдеек, Л.З. Аминов, Н.И. Тимонина и др. // Доклады международной конференции «Перспективы развития и освоения топливно-энергетической базы северо-западного экономического района Российской Федерации». - СПб.: ВНИГРИ.-1999.- С. 44-52.
24. Ракитина Г.С. Стратегия безопасности газовой отрасли. «Газовая промышленность» [Текст] : М.: - 1998.-С. 74-76.
25. Солнцева Н.П. Геохимическая устойчивость природных экосистем к техногенным нагрузкам / Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем [Текст] : М.: Наука, 1982.-С. 38-39.
26. Хрусталева Л.Н. О необходимости учета глобального потепления климата в проектировании сооружений на вечномёрзлых грунтах [Текст] : информ.-аналит. журн. / Геотехническое строительство.-1995.-№11. С. 20-26.
27. Чувильдеев В.Н., Вирясова Н.Н. Деформация и разрушение конструкционных материалов: проблемы старения ресурса [Текст] : М.: Новгород.-ННГУ.-2012.-С. 67.

Интернет-источники

28. [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании «Транснефть». URL: <http://transneft.tass.ru/>
29. [Электронный ресурс]: Официальный сайт Ненецкого автономного округа. URL: <http://adm-nao.ru/>

30. [Электронный ресурс]: Официальный сайт Ямало-Ненецкого автономного округа. URL: <http://правительство.янао.рф/region/ecology/>
31. [Электронный ресурс]: Официальный портал Красноярского края. URL: <http://www.krskstate.ru/>
32. [Электронный ресурс]: Официальный портал Республики Коми. URL: <http://www.rkomi.ru/>