



УДК 622.692.4.07:

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОКЛАДКЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПО ТЕРРИТОРИИ ОСТРОВА САХАЛИН

TECHNICAL SOLUTIONS FOR LAYING MAIN PIPELINES ON THE TERRITORY OF SAKHALIN ISLAND

Сторожева Мария Евгеньевна

старший преподаватель
кафедры геологии и нефтегазового дела,
Сахалинский государственный университет
storomariya@mail.ru

Сторожева Анна Евгеньевна

кандидат технических наук,
ведущий инженер
кафедры освоения морских нефтегазовых месторождений,
Российский государственный университет нефти и газа
(НИУ) имени И.М. Губкина
anne.storozheva@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы обеспечения безопасности сооружения и эксплуатационной надежности магистральных трубопроводов по сейсмоопасной территории острова Сахалин. Показано, что трасса трубопроводов проходит по сейсмоактивным зонам и пересекает активные разломы, способные образовать разрывы на поверхности грунта. Проведен анализ современных и уникальных технологий, использовавшихся при прокладке нефтегазопроводов в сложных инженерно-геологических, сейсмических и природно-климатических условиях. Данные технологии могут найти успешное применение при проектировании и строительстве трасс нефтегазопроводов в различных регионах страны.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, прокладка трубопровода, технологии, сложные инженерно-геологические условия, сейсмичность, тектонический разлом.

Storozheva Maria Evgenievna

Senior Lecturer,
Department of Geology and
Petroleum Engineering,
Sakhalin State University
storomariya@mail.ru

Storozheva Anna Evgenievna

Candidate of Technical Sciences,
Leading Engineer at the Department of
Offshore Oil and Gas Fields Development,
Gubkin Russian State University of Oil
and Gas (National Research University)
anne.storozheva@gmail.com

Annotation. The article discusses the issues of ensuring the safety of construction and operational reliability of main pipelines on the earthquake-prone territory of Sakhalin Island. It is shown that the pipeline route passes through seismically active zones and crosses active faults that can form ruptures on the ground surface. The analysis of modern and unique technologies used in the construction of oil and gas pipelines in complex geotechnical, seismic and climatic conditions is carried out. These technologies can be successfully applied in the design and construction of oil and gas pipelines in various regions of the country.

Keywords: main pipeline, pipeline laying, technologies, complex geotechnical conditions, seismicity, tectonic fault.

При прокладке трубопроводов (ТП) необходимо особо учитывать многочисленные сейсмические и геодинамические опасности и характеристики грунтов района работ. Основная задача расчетов сейсмических и опасных геологических факторов заключается в обеспечении защиты жизни и безопасности персонала и населения, в предупреждении ущерба окружающей среде в результате выбросов и разливов углеводородов, в максимальном сокращении ущерба объектам, предотвращении остановок технологического процесса.

Одним из самых сложных в техническом и инженерном плане сооружений на острове Сахалин является транссахалинская трубопроводная система (ТСС) проекта «Сахалин-2» (рис. 1), она же – один из самых уязвимых с точки зрения сейсмической угрозы элементов проекта. По сейсмическому районированию территории России Сахалин классифицируется как сейсмоопасная зона. Район прохождения трассы трубопроводов относится к 9-балльной зоне интенсивности сейсмических воздействий [1].

Маршрут наземных нефтегазопроводов пересекает почти всю территорию острова (протяженность каждой из двух ниток трубопровода составляет 800 км) и проходит через 19 тектонических разломов, где риск воздействия сейсмических явлений достаточно высок [3]. Перечень пересечений трассы трубопроводов с активными разломами представлен в таблице 1.

Трубопроводы пересекают две разломные зоны. Имеется одно пересечение через Горомайский разлом и 18 пересечений в зоне Ключевского разлома. Последний разлом проходит в основном параллельно трассе трубопроводов на большей ее части.

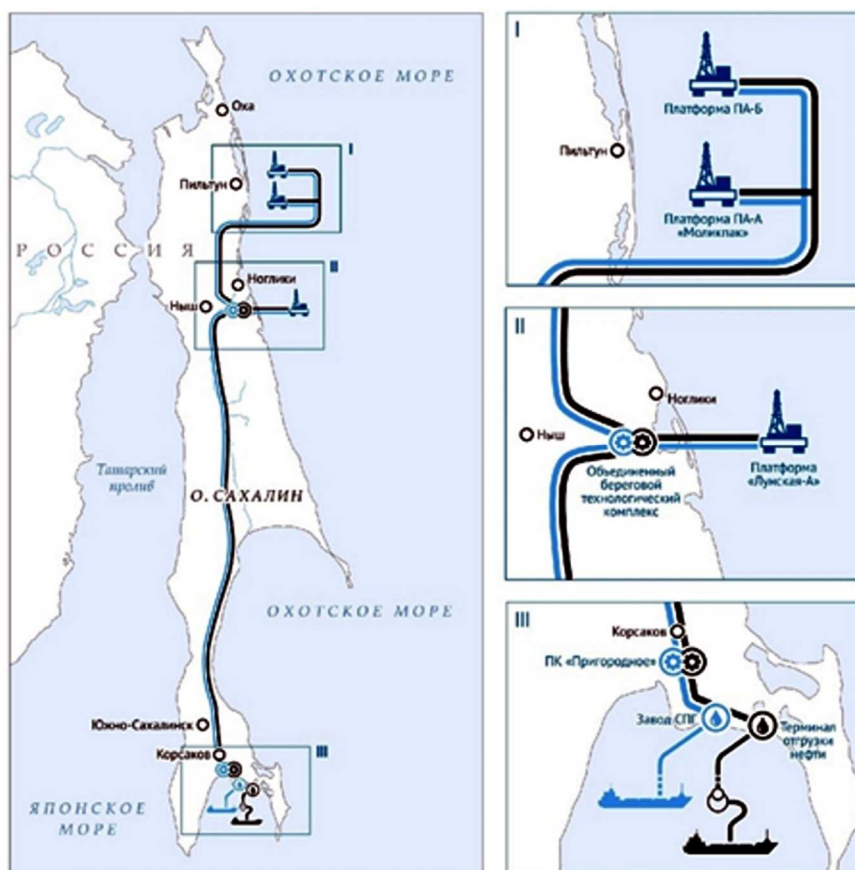


Рисунок 1 – Схема инфраструктуры проекта «Сахалин-2» [2]

Таблица 1 – Перечень пересечений ТТС с тектоническими разломами

№	Название разлома	Тип разлома
1	Пильтун-Горомайский	Правосторонний взбросо-сдвиг
2	Ключевской разлом, участок у поселка Ясное	Взброс
3	Ключевской разлом, участок у Десятой речки	Взброс
4	Ключевской разлом, Южно-Хандасинский участок	Взброс
5	Ключевской разлом, ответвление от основного разлома	Взброс
6	Ключевской разлом, Побединский участок	Взброс
7	Ключевской разлом, Смирныховский участок	Взброс
8	Ключевской разлом, Гастелловский участок	Взброс
9	Гастелловский разлом поднятого крыла	Левосторонний сдвиго-взброс
10–13	Восточно-Макаровские разломы	Правосторонний сдвиго-взброс
14	Западно-Макаровский разлом	Правосторонний сдвиго-взброс
15	Пересечение с разломом реки Черной	Левосторонний сдвиго-взброс
16	Переход через разлом реки Кирпичной	Диагональный правосторонний
17	Ключевской разлом, участок к югу от пос. Советское	Взброс
18	Ключевской разлом, участок реки Лебяжья	Взброс
19	Ключевской разлом, участок к западу от Южно-Сахалинска	Взброс

Трубопроводы пересекают две разломные зоны. Имеется одно пересечение через Горомайский разлом и 18 пересечений в зоне Ключевского разлома. Последний разлом проходит в основном параллельно трассе трубопроводов на большей ее части.

Преобладающие типы разломов в северной, центральной и южной частях острова различаются. В то время как в центральном и южном районах преобладают надвиги, на севере острова развиты преимущественно сдвиги. Различия в характере тектонических движений отражаются в сглаженности рельефа северного Сахалина по сравнению с расчлененным рельефом южной части острова.

Наиболее значительные сейсмические опасности для нефте- и газопроводов – это сейсмические события, которые вызывают постоянное смещение пород (ПСП) вдоль или поперек трасс трубо-



проводов, т.е. подвижки земной коры за счет тектонических нарушений, боковое смещение горных пород за счет размывов и оползней. ПСП представляет собой серьезную угрозу для трубопроводов потому, что заглубленный под землю трубопровод может деформироваться вдоль и поперёк своей оси. Зачастую ПСП, вызывает механические напряжения в заглубленных трубопроводах, которые намного превосходят напряжения, испытываемые в нормальных условиях эксплуатации.

Разломы, пересекаемые трассой трубопроводов, относятся к естественным препятствиям и представляют значительную опасность для заглубленного трубопровода: если во время сейсмического события разрыв выйдет на поверхность, трубопроводу придется противостоять значительным дифференциальным смещениям поперек зоны разрыва.

Для предупреждения повреждения, там, где это было возможно, маршруты ТТС были проложены в обход сейсмически опасных районов, в особенности таких, где присутствуют тектонические нарушения и вероятность оползней. Повсеместно осуществлялись мероприятия по усилению сейсмостойкости этих объектов.

Сооружение трубопроводов осуществлялось траншейным способом. Эту технологию при пересечении сейсмоактивных зон применяли впервые. Нефтепровод и газопровод укладывались параллельно друг другу в разные траншеи [4].

На горных участках трассы трубопроводов, при оползнях, где требовалось большое заглубление, использовались технологии, в том числе с модификацией буровзрывного метода. Для укрепления откосов, тектонических разломов по трассе применялись армогрунтовые конструкции: системы «Зеленый террамент» с «Биомат». Все материалы были разработаны специально для применения на территории Сахалина. В твердых породах для предотвращения повреждения изоляции использовался скальный лист. Для возведения подпорных стен и укрепления берегов водотоков применялись матрацы «Рено», габионовые конструкции и георешетки.

При сооружении переходов через реки и ручьи рыбохозяйственного значения широко применялся усовершенствованный метод наклонно-направленного бурения. На восьми реках переходы выполнены методом горизонтально-направленного бурения общей протяженностью 19 км [5].

До и после укладки трубопроводов проводился мониторинг опасных геологических процессов, предупреждение обрушения, деформаций. Разработанные проектные решения по вопросам сейсмического мониторинга и других опасных геологических процессов, основаны на передовом опыте крупных нефтегазовых проектов, а некоторые являются уникальными.

Технологии, применяемые при прокладке трубопроводов ТТС, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технологии, использованные при прокладке трубопроводов

Технология	Объект использования
Модификация буровзрывного метода	Горные участки ТП, подверженные оползням
Траншея со стенкой с геомембраной	Почти на всей протяженности ТП
Горизонтально-направленное бурение	Залив Чайво (1350 м), р. Вал (750 м), р. Найба, р. Тымь, р. Вази, р. Буюклинка, р. Фирсовка, р. Найба (реки рыбохозяйственного значения)
Сухой метод строительства через водные объекты	Небольшие по глубине водотоки, которые пересекает трасса ТП
Мокрый метод строительства	Реки, не имеющие рыбохозяйственного значения
Коробчатые габионы	На всем протяжении ТП «Сахалин-1» и «Сахалин-2»
Матрацы «Рено»	На всем протяжении ТП «Сахалин-1» и «Сахалин-2»
Прокладка на полках, сделанных в скальных грунтах	Район горы Вайда
Армогрунтовые конструкции	Пересечение тектонических разломов

Анализ сезонной изменчивости кинематических и морфологических параметров ледяного покрова акваторий сахалинских месторождений нефти и газа показывает отсутствие их аналогов в мировой практике. Так, юго-западный шельф острова характеризуется легкими ледовыми условиями при средней продолжительности ледового периода около 2-х месяцев, а северо-восточный шельф – тяжелыми ледовыми условиями при продолжительности ледового периода до 9 месяцев в году.

В связи с вышеперечисленными факторами береговые переходы трубопроводной системы по проекту «Сахалин-1» в Охотском море сооружались методом строительства подводных переходов наклонно-направленным бурением для двух трубопроводов 24" и 36" через залив Чайво.

Для устранения потенциального риска повреждения подводными льдами береговых переходов трубопроводов по проекту «Сахалин-2» в Охотском море, укладка трубопроводов на участках, где



глубина моря составляет менее 30 метров, осуществлялась в предварительно подготовленную траншею в прибрежной зоне и на участке пересечения береговой линии (рис. 2).

При этом ширина траншеи зависела от возможностей оборудования, производящего подготовку траншеи и укладку трубопроводов, и от диаметра укладываемых трубопроводов (табл. 3).



Рисунок 2 – Траншея для береговых трубопроводов проекта «Сахалин-2»

Таблица 3 – Проектные параметры траншеи для береговых трубопроводов

Диаметр труб, мм	Диаметр труб с покрытием, мм	Количество ниток труб в одной траншее	Расстояние между осями труб, м	Откос (метод крепления стенок)	Ширина по дну, м
14" (~350)	~ 510 (бетонное)	4	5	1:0 (коффердам)	18

Технологии, успешно использованные при прокладке магистральных трубопроводов на территории уникальной по сложности геологических и природно-климатических условий острова Сахалин, можно использовать в различных регионах страны.

Литература:

1. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с Изменением № 1).
2. Сахалин-2. ПАО Газпром. – URL : <https://www.gazprom.ru/projects/sakhalin2/> (дата обращения: 30.03.2021)
3. Транссахалинская трубопроводная система. Сахалин Энерджи Инвестмент Компани ЛТД. – URL : <http://www.sakhalinenergy.ru/ru/company/assets/pipelines/> (дата обращения: 30.03.2021)
4. Надеин В.А., Иванцов О.М. Сахалинский трубопроводный меридиан // Трубопроводный транспорт (теория и практика). – 2009. – № 3 (15). – С. 10–17.
5. Иванецкая Е.В. Использование новых технологий при сооружении трубопроводных систем Сахалин-1 и Сахалин-2 // Трубопроводный транспорт (теория и практика). – 2010. – № 1 (17). – С. 8–13.

References:

1. SP 14.13330.2018 Construction in seismic areas. Revised edition of SNiP II-7-81* (as amended № 1).
2. Sakhalin-2. PJSC Gazprom. – URL : <https://www.gazprom.ru/projects/sakhalin2/> (accessed 30.03.2021).
3. Transsakhalin pipeline system. Sakhalin Energy Investment Company Ltd. – URL : <http://www.sakhalinenergy.ru/ru/company/assets/pipelines/> (access date: 30.03.2021)
4. Nadein V.A., Ivantsov O.M. Sakhalin pipeline meridian // Pipeline transport (theory and practice). – 2009. – № 3 (15). – P. 10–17.
5. Ivanitskaya E.V. Application of New Technologies in Construction of Sakhalin-1 and Sakhalin-2 Pipeline Systems // Pipeline Transport (Theory and Practice). – 2010. – № 1 (17). – P. 8–13.