

ОПЫТ РЕШЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ САХАЛИНСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОЕКТОВ

В.А. Надеин¹, М.Ф. Путилов¹, Ю.О. Кузьмин², А.И. Никонов³, Ю.Н. Дроздов⁴,
В.Н. Пучков⁴

1 – «НГБ-Энергодиагностика»; 2 – ИФЗ РАН; 3 – ИПНГ РАН; 4 – ИМАШ РАН

В статье рассмотрено решение сложных научно-технических проблем сооружения трубопроводной системы для транспорта нефти и газа от Пильтун-Астохского и Лунского месторождений до завода по производству сжиженного природного газа (СПГ) в район Южно-Сахалинска и добывающих платформ, расположенных на морском шельфе восточного берега о-ва Сахалин в Охотском море. Природные условия Сахалина и его шельфа характеризуются не только разнообразием растительного и животного мира, обилием морепродуктов, наличием краснокнижных морских млекопитающих, но и суровым климатом, высокой сейсмической опасностью, сложными тектоническими, инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, наличием опасных геологических явлений и процессов. Кроме того, в результате реализации сахалинских проектов по освоению углеводородных месторождений на шельфе острова существенно возрастает техногенная нагрузка на недра, что может привести к активизации природных геодинамических процессов с возможными значительными негативными последствиями. В этих условиях приобретают исключительное значение вопросы обеспечения промышленной и, как следствие, экологической безопасности при освоении Пильтун-Астохского и Лунского нефтегазовых месторождений в рамках реализации проекта «Сахалин-2».

С учетом грунтовых условий площадок размещения морских стационарных платформ Лун-А и ПА-Б определены следующие значения пиковых горизонтальных ускорений грунта, которые передаются на опорный блок платформы – железобетонное гравитационное основание:

Платформа Лун-А

- $\alpha_{\max} = 0,235 \text{ g}$ – для проектного землетрясения (ПЗ),
- $\alpha_{\max} = 0,595 \text{ g}$ – для максимального расчетного землетрясения (МРЗ).

Платформа ПА-Б

- $\alpha_{\max} = 0,207 \text{ g}$ – для ПЗ,
- $\alpha_{\max} = 0,482 \text{ g}$ – для МРЗ.

Для защиты верхних строений морских стационарных платформ и размещенного на них оборудования от сильных сейсмических воздействий в проектной документации на строительство платформ Лун-А и ПА-Б предусмотрена установка фрикционных маятниковых подшипников (ФМП) компании «Earthquake Protection Systems, Inc.» (далее EPS), по одному на опорную колонну.

На решение применить в проекте «Сахалин-2» ФМП повлияла также возможность с их помощью снизить не только сейсмические нагрузки на верхнее строение, но и устранить воздействие на них ударных нагрузок, вызываемых арктическими льдами и штормовыми волнами, так как в этих подшипниках действуют относительно малые силы трения.

ФМП устанавливаются между конструкциями, которые должны быть сейсмически развязаны: между верхним строением и его опорным блоком (рис. 1, см. Приложение).

Во время землетрясения шарнирный ползун внутри подшипника скользит вдоль вогнутой поверхности из нержавеющей стали, заставляя опору двигаться в пределах малых перемещений маятника. Поскольку вызванные землетрясением смещения возникают первоначально в подшипниках скольжения с низким трением, боковые нагрузки и колебательные движения, передаваемые на поддерживаемое сооружение, существенно уменьшаются.

Действие фрикционного маятникового подшипника позволяет верхнему строению и опорному блоку платформы оставаться параллельными друг другу и перемещаться относительно друг друга во время сейсмических колебаний.

Северо-восточное побережье Сахалина и примыкающая к нему часть континентального шельфа в окрестностях зоны восточно-сахалинского разлома, к которой относятся территории Пильтун-Астохского и Лунского месторождений, характеризуются 9-балльной сейсмичностью.

Система морских и береговых нефтепроводов, газопроводов протянулась на 800 км от 53°с.ш. по меридиану на юг вдоль восточного побережья (рис. 2, см. Приложение).

Как показано на схеме, северная часть нефтепроводов и газопроводов до объединенного берегового технологического комплекса (БТК) выполнена из труб диаметром 20". Магистральный нефтепровод диаметром 24" и газопровод диаметром 48" от БТК до терминала отгрузки нефти и завода СПГ имеют соответственно протяженность 617,6 и 615,6 км. Магистрали проложены параллельно. Рабочее давление в магистральных трубопроводах 100 bar. Трассы трубопроводов уникальны по сложности природно-климатических условий. Они проложены по территории высокой сейсмической активности (до 9–10 баллов по MSK-64), пересекают множество рыбоохранных нерестовых рек и ручьев, участки, грунты которых разжижаются при землетрясении, гористую местность с неустойчивыми оползневыми склонами в 50° и др.

Но основную техническую сложность представляет пересечение трубопроводами 19 активных тектонических разломов, в том числе:

- ◆ 10 пересечений Ключевского разлома;
- ◆ 8 пересечений в поднятом крыле Ключевского разлома;
- ◆ одно пересечение Гаромайского разлома.

Активность тектонических разломов характеризуется наличием поверхностных смещений в голоценовый период (в течение последних 10 000 лет).

При этом рассматривалась вероятность землетрясения за 200;500;1000 и 2 000 лет. Максимальная сила землетрясений за 200 и 1000 лет была определена в 8,5 и 9,8 баллов по шкале MSK-64. Им соответствовали пиковые ускорения грунта 0,3 g и 0,69 g (g – ускорение свободного падения). Максимальные подвижки грунта, проектные смещения разломов:

- Ключевской разлом от 1 до 4,2 м;
 - Разрывы в поднятом крыле Ключевского разлома от 0,7 до 2,1 м;
 - Гаромайский разлом – 5,5 м.
- Проектные смещения соответствуют землетрясению с моментной магнитудой от 6,9 до 7,1 (Mw).

При землетрясениях возникают горизонтальные и вертикальные взаимные подвижки пластов грунта. Горизонтальные — вдоль разломов, образывая сбросы по простиранию. Подвижки поперек разлома вызывают вертикальные взбросы/сбросы. Возможны также их различные комбинации.

Важнейшими факторами сейсмоопасности, которые могут повлиять на механическую целостность трубопроводов, являются: движение взбросов/сбросов, разжижение грунта, неустойчивость склонов (оползни), распространение сейсмических волн и сотрясение грунта.

Среди перечисленных опасностей наибольшую представляют пересечения активных тектонических разломов. Трубопроводы, пересекающие зоны разломов, должны выдерживать продольные деформации и деформации изгиба, связанные со смещением поверхности грунта.

Проектирование переходов через зону разломов основано на использовании способностей сварных стальных трубопроводов деформироваться в соответствии с движением грунта.

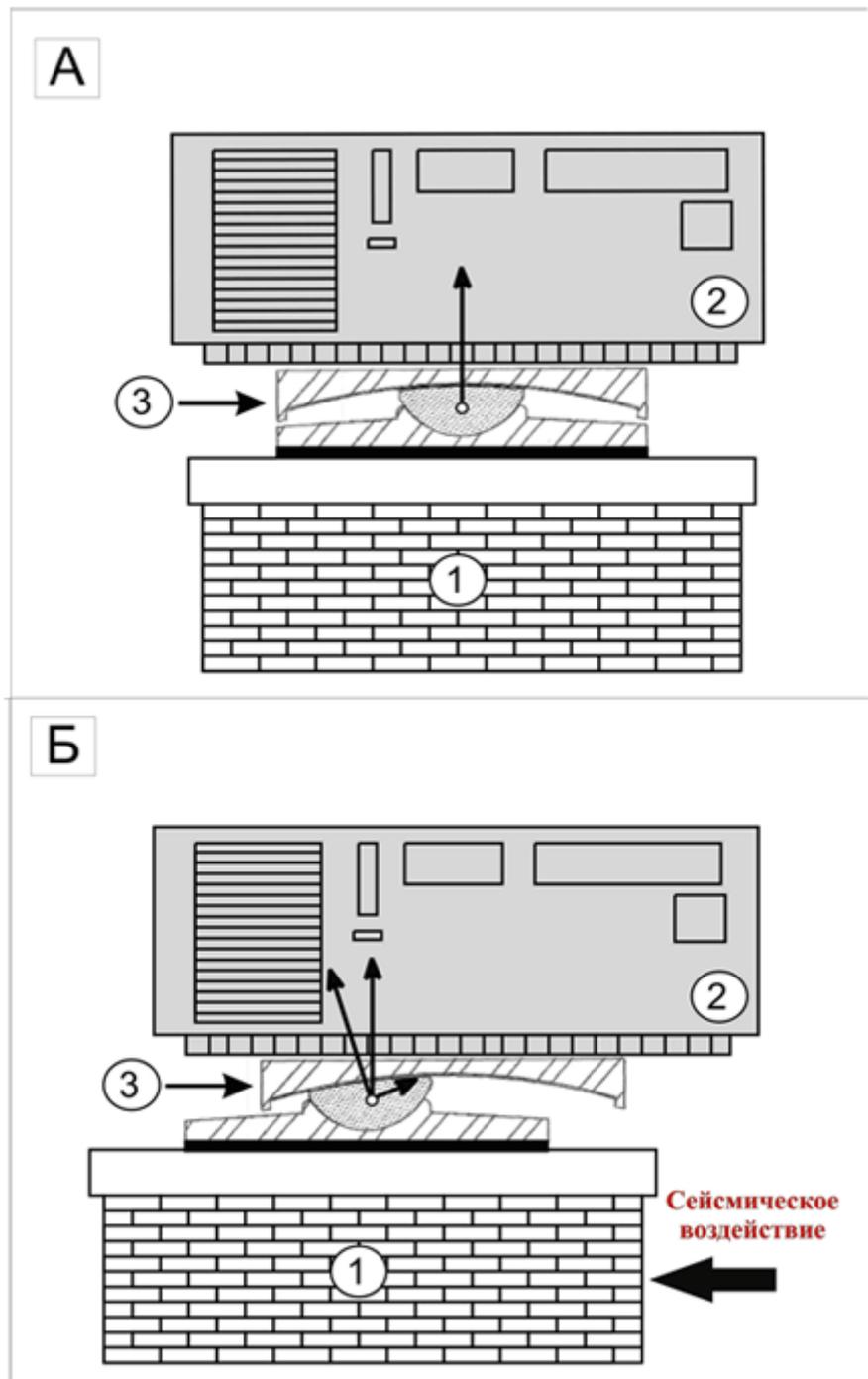
Дополнительные инженерно-геологические изыскания, проведенные во время этапа рабочего проектирования, заставили пересмотреть геотектонику разломов и практически увеличить расчетные смещения разломов, в некоторых случаях выходя за рамки решений предварительного проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Боровский Д.И., Кузьмин Ю.О., Надеин В.А., Никонов А.И.* Опыт создания системы геодеформационного мониторинга в рамках реализации проектов «Сахалин-1» и «Сахалин-2» // Геодинамика в решении экологических проблем развития нефтегазового комплекса: Материалы IV Междунар. совещ. (Санкт-Петербург, сентябрь 2003). Т. 2. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. С. 49-54.

2. *Махутов Н.А., Надеин В.А., Щеглов Б.А., Семьянистов А.И.* Устойчивость магистрального трубопровода при продольном сейсмическом сжатии // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2008. № 4. С.103-110

ПРИЛОЖЕНИЕ



1 - опорный блок; 2 - верхнее строение платформы;
3 - маятниковый подшипник скольжения.

Рис. 1. Работа фрикционного маятникового подшипника скольжения

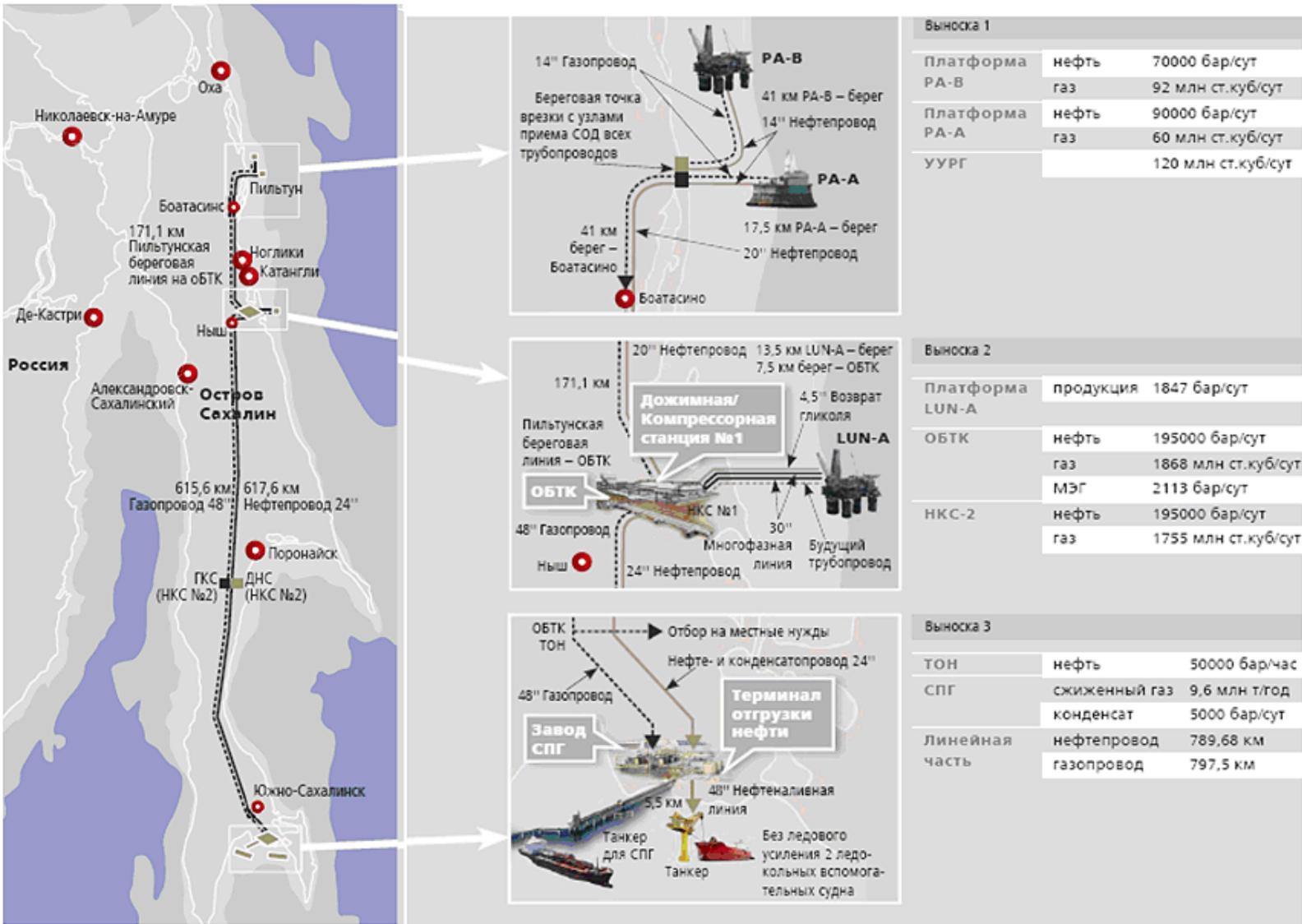


Рис. 2. Схема трубопроводной системы «Сахалин-2»