

Приложение 19.3: Опасные геологические процессы на суше и в море

Обзор

В черноморском регионе происходят опасные геологические процессы.

Как описано в **главе 5 «Описание проекта»**, опасные факторы проектирования были выявлены и оценены с использованием средств, рекомендованных в международной практике на стадии предпроектных работ (FEED)(п. 19.6, п. 19.7, п. 19.8). Сюда включены исследования по выбору трассы, как представлено в **главе 4 «Анализ альтернативных вариантов»**, с целью выбора трассы трубопровода с учетом опасных геологических процессов.

Как описано в **главе 4 «Анализ альтернативных вариантов»** и **главе 5 «Описание проекта»**, при выборе трассы трубопровода, конструкции и предложенной методологии строительства были учтены возможные опасные геологические процессы, с уменьшением рисков, насколько это практически осуществимо.

Как представлено в **главе 5 «Описание проекта»**, на стадии эксплуатации будет проводиться регулярный мониторинг и инспекция трубопровода. Таким образом, будут выявлены и учтены все изменения местной среды, в частности, связанные с сейсмическими и геоморфологическими процессами.

Опасные геологические процессы на суше

Опасные геологические процессы на участке исследования суши (участок берегового примыкания) включают оползневую устойчивость склонов, сейсмическую активность, береговую и речную эрозию и затопление.

В черноморском регионе происходят тектонические смещения (**глава 7 «Физическая и геофизическая окружающая среда»**). Опасные геологические процессы, связанные с сейсмической активностью и тектоническими смещениями, включают деформацию склонов (включая оползни и обрушение откосов или отвесных скал). Кроме того, сейсмическая активность может оказать воздействие на инфраструктуру и вызвать структурные нарушения конструкции; например, риск сейсмической активности включает сильные колебания грунта в связи с пиковым ускорением грунта и его смещением (горизонтальным и (или) вертикальным) в результате сдвига.

Неустойчивость склонов и сход оползня под влиянием силы тяжести представляют собой опасный геологический процесс в рамках исследования суши (участок берегового примыкания). Как описано в **главе 4 «Анализ альтернативных вариантов»**, трасса трубопровода, проходящая по суше, была выбрана с учетом местной топографии, а также геотехнических и сейсмических ограничений.

Трасса трубопровода пересекает зону Марфовского разлома. Этот разлом считается активным (п. 19.7). Как описано в **главе 5 «Описание проекта»**, пересечение разлома осуществляется открытым траншейным способом. Тем не менее, в целях максимального ограничения воздействия потенциального смещения в результате сейсмической активности каждая нитка газопровода будет укладываться в расширенную траншею длиной приблизительно 200 м и шириной дна приблизительно 5 м. Глубина проложенной

траншеи должна составлять не менее 3 м под самой низкой точкой газопровода, а толщина покровного слоя над трубопроводом будет составлять примерно 1,5 м. Трубопроводы на участке разлома будут укладываться в слой из песка и засыпаться рыхлым песком, а не ранее выкопанным грунтом. Сочетание более широкой траншеи и использования рыхлого песка для засыпания позволяет трубопроводам перемещаться в боковом направлении и сокращает риск нарушения целостности трубопровода при перемещении по Марфовскому разлому.

Вследствие крутизны прибрежного рельефа и наличия камней у поверхности прокладка трубопровода открытым траншейным способом на береговом участке не представляется возможной. Как описано в **главе 4 «Анализ альтернативных вариантов»** и **главе 5 «Описание проекта»**, в этой связи для пересечения береговой линии был выбран бестраншейный метод строительства - микротоннелирование. Применение метода микротоннелирования уменьшает риски, связанные с приповерхностными геоморфологическими процессами. Цементирование кольцевого пространства тоннеля также способствует обеспечению устойчивости трубопровода.

Выполненные изыскания выявили наличие обвально-осыпных процессов, представляющих собой смещения масс горных пород на участке берегового уступа, под которыми планируется микротоннелирование (п. 19.6). Почти все участки берегового уступа в изучаемом районе подвержены воздействию активных сейсмогенных оползней. Существует возможность, что потенциальные плоскости сдвига, расположенные внутри берегового уступа, могут быть связаны с этим типом тектонической активности. Профиль микротоннелей будет проходить ниже основных зон выявленной неустойчивости приповерхностной толщи пород (п. 19.6), при этом предполагается, что тоннели располагаются ниже зоны воздействия приповерхностных нарушений склона. Если возникает смещение вдоль глубоко залегающих потенциальных плоскостей сдвига, может произойти воздействие на устойчивость стенок тоннелей (п. 19.17); в случае большого оползня может быть нарушена целостность трубопровода.

Степень береговой эрозии, не включая оползни, не считается опасным геологическим процессом в рамках проекта, поскольку было принято решение осуществлять прокладку трубопровода методом микротоннелирования на участке перехода береговой линии.

Тоннели пересекают неактивный Шингарский разлом. Кроме того, в пределах зоны изысканий были выявлены трещиноватые зоны в береговом клифе, пересекающие трассу трубопровода; трещиноватые зоны могли образоваться в результате локальных тектонических сдвигов или смещений грунта под воздействием силы тяжести. Если эти зоны разлома и трещиноватые зоны связаны с характерным направлением подземных вод, это может усложнить процесс прокладки тоннелей. Потенциальное воздействие зон с высоким коэффициентом фильтрации будет смягчено за счет контроля тоннелепроходческой машины и использования бурового раствора (**глава 5 «Описание проекта»**).

Как описано в **главе 5 «Описание проекта»**, при проектировании сооружений на участке выхода трубопровода на берег учитывалась геоморфология ландшафта. Работы подготовительного периода на участке берегового примыкания потребуют проведения земляных работ для выравнивания территории под сооружения. Выровненная площадка

будет иметь уклоны и откосы. Создание уклонов и откосов требуется для стабилизации площадки и обеспечения того, чтобы сооружения на участке берегового примыкания не подвергались риску оползня со склонов находящихся рядом склонов в период эксплуатации.

В долинах происходят активные геоморфологические процессы, связанные с речной эрозией. Наводнения чаще происходят весной, что связано с дождями и таянием снега; внезапные кратковременные наводнения могут происходить при пересечении реки Шингарь и водотока в Графовой щели. Это может привести к овражной эрозии, разжижению осадочных отложений или неустойчивости склонов.

Только один водоток пересекается открытым траншеейным способом прокладки трубопровода – безымянный приток реки Сукко в Графовой щели. В летние месяцы этот водоток высыхает или имеет минимальный расход, в зимние месяцы расход более значителен. Проектирование пересечения газопровода Графовой щели учитывает местную геоморфологию ландшафта (**глава 5 «Описание проекта»**). После укладки трубопровода в траншею будут предприняты защитные меры для предотвращения возможных кратковременных наводнений в результате эрозии дна водоема и защиты внешнего покрытия трубопровода от воздействия (**глава 5 «Описание проекта»**). Поскольку водоток располагается внутри оврага с относительно крутонаклонными стенками, потребуются выравнивание площадки и проведение земляных работ, чтобы обеспечить устойчивость на этапе эксплуатации. Вследствие этого произойдет определенное изменение первоначального профиля оврага. Геотехническое укрепление склонов включено в расчетный профиль пересечения. Восстановление склонов, включая посев, как описано в **главе 11 «Экология суши»**, поможет уменьшить риск дождевой эрозии. Как описано в **главе 5 «Описание проекта»** и **главе 8 «Почвы, грунтовые и поверхностные воды»**, потребуются меры по ослаблению воздействия во время строительства и эксплуатации на данном пересечении для снижения риска воздействия, связанного с наводнением.

Опасные геологические процессы на море

Опасные геологические процессы на участке берегового примыкания и прибрежном участке (микротоннелирование) включают сейсмическую активность, цунами и береговую эрозию. Опасные геологические процессы на глубоководном морском участке включают сейсмическую активность, проблемы устойчивости склонов и движение масс, обнажение горных пород и валуны, рыхлые отложения, газопроявления и газогидраты.

В прибрежной топографии очевидны исторические сползания откосов прибрежных холмов вдоль береговой линии Анапы. Существует свидетельство перемещения периферической части одного из таких обрушений вдоль континентального шельфа в виде селевого потока,.

Береговые процессы также могут создавать риски проявлений геологических процессов. В результате геологических условий могут произойти береговая эрозия и обнажение заглубленного морского трубопровода. Рядом с побережьем может произойти размыв песчаных отложений, вызванное волнами. Микротоннелирование уменьшает риски,

связанные с опасными геологическими процессами при пересечении береговой линии (**Глава 4 «Анализ альтернативных вариантов»**).

Землетрясения в черноморском регионе могут также вызвать цунами. Сейсмические явления, локализованные на континентальном склоне российского сектора Черного моря, часто связаны с цунами (например, землетрясения в 1905 и 1966 годах). Тем не менее, цунами в этой области не всегда связаны с сейсмическими событиями, но также могут быть вызваны подводным оползанием склонов. Цунами может вызвать подмыв трубопровода и затопление или разрушение трубопровода на мелководье.

Как описано в **главе 5 «Описание проекта»**, участки морского трубопровода на мелководье (глубина составляет менее 88 м, включая заглубленный трубопровод) будут дополнительно покрыты железобетоном, чтобы увеличить их вес в целях повышения устойчивости против морских течений и обеспечения дополнительной защиты от внешних повреждений.

Как описано в **главе 4 «Анализ альтернативных вариантов»**, проложение трассы трубопровода на континентальном шельфе учитывает, прежде всего, воздействие на окружающую среду.

Бровка (перегиб) шельфа в российском секторе Черного моря хорошо выражен и характеризуется очень крутым склоном, который демонстрирует многочисленные признаки неустойчивости (п. 19.9). Вход коренных скальных пород и очень тонкий слой осадочных отложений на крупнозернистом материале в долинах подразумевают, что перемещение материала вниз по склонам в результате эрозии продолжается и в настоящее время (п. 19.6). Песчаные отложения рядом с бровкой шельфа могут быть подвержены размыву.

Структура континентального склона на морском участке на побережье Анапы характеризуется чрезвычайно изрезанной и разветвленной системой каньонов и многочисленными структурными деформациями. Континентальный склон имеет многочисленные особенности гравитационного перемещения пород, включая подводные оползни (в том числе трещины растяжения, связанные с потенциальными разломами у бровки шельфа), осадку грунта, селевые потоки и потоки взвешенных наносов (п. 19.6). Крупнейшей подводной структурой континентального склона является Анапский каньон. Анапский каньон образовался во время голоценовую эпоху (более 5000 лет назад), но в настоящее время его развития не происходит (п. 19.8). Течения и потоки вдоль склона вероятно транспортируют осадочный материал вдоль долин и дна каньона. По результатам сейсмического профилирования в подповерхностных слоях были выявлены признаки оползней.

Как описано в **главе 4 «Анализ альтернативных вариантов»**, выбор размещения трассы трубопровода учитывает инженерно-проектные работы и ограничения, связанные с воздействием на окружающую среду. Особое значение имел выбор метода прокладки трубопровода на континентальном склоне. Была составлена схема опасных геологических процессов, чтобы упростить размещение трассы на основе данных исследования морского участка и соответствующих инженерно-технических оценок (п. 19.7 и п. 19.8). Выбранная трасса учитывает неравномерную структуру и устойчивость

отложений. Для прокладки трубопровода были выбраны два устойчивых подводных канала со стороны Анапского каньона. Хотя трасса трубопровода обходит основной Анапский каньон, гравитационные течения, связанные с данным элементом рельефа, могут привести к локализованному размыву. Кроме того, необходимо учитывать перемещение масс в результате таких событий, как землетрясение.

Наличие очень низкопрочной глины и иловатых наносов, обнаруженных на абиссальной равнине, может привести к засыпке трубопровода. Отложения с очень низкой связностью также могут способствовать снижению несущей способности, что приведет к напряженному состоянию трубопровода. Это было учтено при проектировании трубопровода (**глава 5 «Описание проекта»**).

В верхней части материкового склона происходит обрушение горной породы (п. 19.7). Это может оставить вмятину на трубопроводе или пробить его. Выходы горной породы и валунов на континентальном склоне может способствовать образованию свободных пролетов, а также сосредоточенной нагрузки, что может привести к нарушению целостности трубопровода. Как описано в **главе 5 «Описание проекта»**, в зоне реализации проекта (морской участок) трубопровод будет укладываться непосредственно на морское дно в целях максимального уменьшения деформаций. Тем не менее, несмотря на то, что трасса трубопровода была спроектирована таким образом, чтобы свести к минимуму геолого-технические мероприятия на дне, некоторые из них все же потребуются в отдельных зонах перед укладкой труб или после нее. Это необходимо в целях ограничения или устранения свободных пролетов (например, в областях, где дно неровное) и для защиты трубопровода от таких опасных геологических процессов, как обрушение породы в местах большой крутизны склонов (например, на континентальном склоне). Несущие конструкции будут размещены так, чтобы обеспечить вертикальную поддержку трубопровода в местах значительной протяженности проемов.

Причиной обвала и гравитационных течений может стать сейсмическая активность в регионе. На бровке шельфа может произойти размывание песчаных отложений, вызванное сейсмической активностью.

Активные сдвиги не были обнаружены ни в одном из глубинных разрезов, проведенных вдоль трассы трубопровода. Поверхностный разрыв в результате сдвига не считается достаточно опасным геологическим процессом вдоль трассы трубопровода в зоне реализации проекта на морском участке (п. 19.8).

Наличие околоповерхностного газа в свободной форме или в виде гидрата может оказать триггерный эффект для обвала верхних частей склонов и возникновения сопутствующих селевых потоков. Возможно возникновение потенциальных ситуаций образования свободных пролетов над газонасыщенными структурами, такими как покмарки или линзы. В свою очередь, в результате накопления газа может произойти образование купола до выхода газа, что приведет к дополнительной нагрузке на трубопровод, если бы он располагался над элементом рельефа. Вдоль трассы трубопровода не было выявлено ни одной существующей куполообразной структуры. В рамках исследования участка в ряде мест наблюдалась карбонатное конусообразное образование, которая указывает на газопроявление (п. 19.9). Другие потенциальные виды воздействия, связанные с газом, включают снижение несущей способности, высвобождение токсичных газов, взрывы или

утрата плавучести судна. Опасным риском из-за своей способности изменять твердое состояние на жидкое являются газовые гидраты.

Оползание грунта связано с более глубокими рыхлыми отложениями на континентальном склоне. Землетрясения с моментной магнитудой $\geq 4,7$ (Mw), вероятно, спровоцируют появление небольших грязевых оползней в области нижнего уступа континентального склона, особенно в областях, в которых угол склона составляет от 7 до 10°. Была выявлена потенциальная опасность разжижения при наличии песчаных отложений на континентальном склоне. В спецификациях проекта трубопровода были учтены геотехнические характеристики морского дна.

При выборе трассы вдоль абиссальной равнины в России отсутствовали значительные инженерные ограничения (**глава 4 «Анализ альтернативных вариантов»**).