СОПРЯЖЕНИЕ С БЕРЕГОМ СОВРЕМЕННЫХ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Дарбинян Д.С., Кантаржи И.Г., Леонтьев И.О.

[1]ООО «ПитерГазИнжиниринг»

[2]Московский государственный строительный университет (МГСУ)

[3]Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН

E-mail: dardav@mail.ru

При проектировании и строительстве современных морских трубопроводов особое внимание уделяется районам их выхода на берег, поскольку на этих участках внешние воздействия могут быть особенно опасными для трубопровода. В первую очередь, возникает необходимость изучения литодинамических процессов, так как они могут представлять прямую опасность. В частности, абразия берегов, штормовые деформации дна и размыв основания трубы могут привести к оголению и провисанию трубопровода и, как следствие, к механическим повреждениям.

Как правило, комплекс литодинамических изысканий для района берегового примыкания трубопроводов состоит из анализа и обобщения фондовых материалов, обработки материалов полевых изысканий и моделирования литодинамических процессов (рис 1).

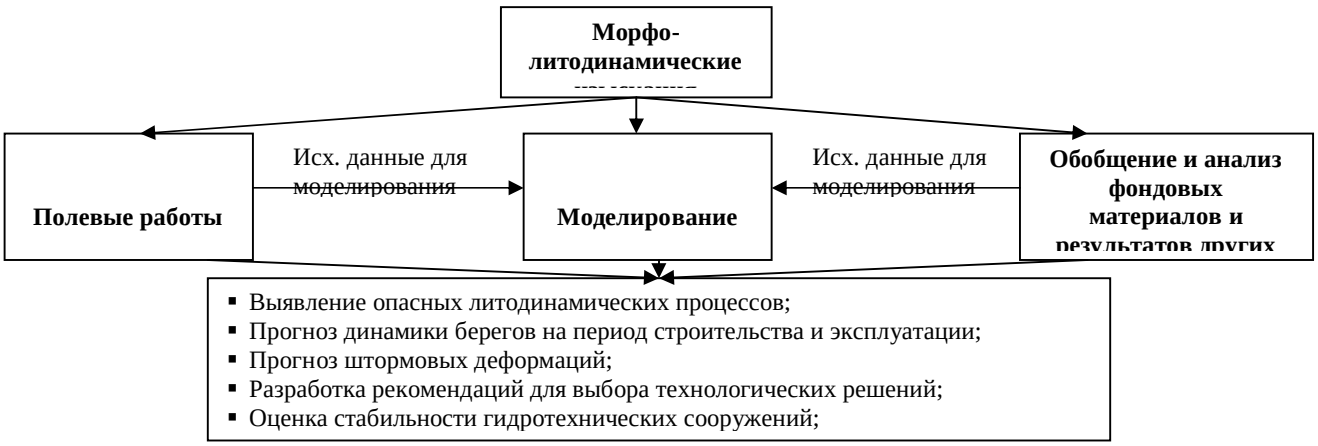

Рис 1. Схема проведения литодинамических изысканий

Исследование фондовых материалов и результатов других изысканий включает в себя: определение режимных гидрометеорологических характеристик исследуемого района, необходимых для моделирования литодинамических процессов; обобщение архивных данных о геолого-геоморфологическом строении береговой зоны; анализ и сопоставление разновременных спутниковых снимков. Космические снимки за различные годы позволяют оценить тенденцию и масштабы изменчивости берегов. Такие сопоставления проводились в ходе литодинамических исследований по проекту «Магистральный газопровод Сахалин – Хабаровск – Владивосток». Анализ снимков Хабаровского и Сахалинского берегов пролива Невельского за 1966, 1968, 2001 и 2006 годы позволил выявить устойчивость берега в районе мыса Каменный и сложный характер морфо-литодинамических процессов в районе мыса Уанги, в некоторых зонах которого скорость отступания берега достигает 2,1 м в год.

Основными задачами полевых изысканий является геолого-геоморфологическое описание исследуемого района, наблюдения за изменением рельефа дна и положения берегового

уступа (штормовые деформации и долгосрочные изменения), анализ гранулометрического состава наносов. Геолого-геоморфологическое описание берега позволяет идентифицировать типы берегов и их строение, выделить литодинамические процессы, происходящие в исследуемом районе, выявить наиболее опасные из них.

Для оценки деформаций дна прибрежного района и изменения береговой линии проводится топо-батиметрическая съемка. Съемка, проведенная до и после шторма, позволяет оценить вертикальные штормовые деформации береговой зоны. Ежегодная или полугодовая съемка (в зависимости от литодинамического режима) по заданным профилям, позволяет оценить скорость и направленность изменения берегов. С началом изысканий по проекту строительства перехода магистральными газопроводами через Байдарацкую губу Карского моря в 1988 г. была заложена сеть профилей на каждом из берегов, Уральском и Ямальском, для мониторинга динамики берегов. Ежегодные промеры по профилям проводились вплоть до 1997-го г. и были возобновлены в 2005 г. Это позволило с высокой степенью достоверности оценить скорость изменения берегов – отступание берега в районе примыкания на Уральском берегу до стигает 2.5-3 м/год.

Определение гранулометрического состава пляжа, осушки и подводного склона исследуемого района необходимо, прежде всего, для определения крупности частиц наносов. Этот параметр используется при моделировании литодинамических процессов для расчета транспорта наносов в прибрежной зоне. В свою очередь, потоки наносов позволяют оценить заносимость траншей и каналов, устойчивость оснований трубопроводов и гидротехнических сооружений к размыву.

Помимо расчета транспорта наносов, литодинамическое моделирование позволяет оценить послештормовые деформации рельефа и составить прогноз изменений берегов на период эксплуатации трубопровода. Исходными данными для моделирования служат батиметрические данные, характеристики ветра, волнения, уровня моря, параметры наносов, и характерная продолжительность штормов различной повторяемости. Первоначально на прямоугольной сетке рассчитываются характеристики волн в прибрежной зоне (трансформация, рефракция, диссипация и, при необходимости, дифракция). Вслед за этим рассчитываются параметры придонной циркуляции, потоки наносов и определяются деформации дна. Расчеты проводятся с заданным шагом по времени, до тех пор, пока время не будет равно заданной длительности шторма. Результатом моделирования штормовых деформаций являются новые глубины, вдольбереговые и поперечные придонные скорости течений и объем перемещаемых наносов. При разработке документации стадии «Проект» для газопровода «Nord Stream» проводилось моделирование деформации профиля берегового склона в районе берегового сопряжения в бухте Портовой. Рассматривались шторма возможные раз в 1, 10 и 100 лет и долгосрочные тенденции развития берегов. По результатам моделирования был сделан вывод о том, что берега в бухте Портовой стабильны, бюджет наносов положительный, максимальные вертикальные деформации, обусловленные перемещением бер егового вала, достигают ± 0.8 м.

Полученные данные о морфо- и литодинамических условиях в районе береговых примыканий используются, при выборе места выхода трубы и выработки технологических решений для пересечения береговой линии. После выбора технологических решений проводится повторное моделирование с целью оценки взаимного влияния трубопровода (учитывая способ укладки) и окружающей среды. В первую очередь учитывается изменение транспорта наносов: его влияние на берега и на устойчивость трубопровода.

Помимо математического моделирования может проводиться и физическое (гидравлическое), являющееся одним из способов исследования влияния гидротехнических сооружений на процессы, происходящие в прибрежной зоне. Так, при

исследовании литодинамических условий в районах береговых примыканий газопровода Джубга – Лазаревское – Сочи проводилось гидравлическое моделирование в волновом лотке. Основными задачами моделирования были оценка устойчивости галечного пляжа, создаваемого для предотвращения абразии флишевых коренных пород и оценка влияния трубопровода на рельеф песчаного дна, за счет изменения потока наносов. По результатам гидравлического моделирования были сделаны следующие выводы: отсыпной пляж надежно защитит коренные породы от абразии, так как оттягивание пляжного материала на глубину не наблюдается; размыв дна за трубой (по течению) при шторме повторяемостью 1 раз в 100 лет может достигать 1 м и будет наблюдаться на расстоянии 3-4 диаметра трубы; придонные течения не вызовут подмыв дна под газопроводом; газопровод окажет незначительное влияние на процессы осадконакопления и размыва в прибрежной зоне; трубопровод не окажет влияние на естественный ход береговых процессов.

Немаловажной задачей является мониторинг литодинамической обстановки в процессе строительства и эксплуатации трубопровода. Основными задачами мониторинга на стадии строительства являются: оценка воздействие строительства на берега; подготовка рекомендаций для избегания или снижения негативных воздействий в процессе строительства; обеспечение достоверной информацией о состоянии окружающей среды в процессе строительства. В процессе эксплуатации трубопровода основными задачами литодинамического мониторинга являются: оценка изменения берегов под влиянием трубопровода, кофердамов и других гидротехнических сооружений; сбор информации о локальных опасных литодинамических процессах; уточнение прогнозных оценок изменения берегов и рельефа дна и разработка рекомендаций для устранения возможных негативных последствий, обеспечение достоверной информацией о состоянии окружающей среды в процессе эксплуатации. При этом, объем выполняемых работ определяется сложностью литодинамических условий.