ОПЫТ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ВЫСОКОСЕЙСМИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ УНИКАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

И.В. Чеснокова, Г.Л. Кофф, О.В. Борсукова, О.В. Попова

Институт водных проблем РАН 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3 Тел.: +7 (499) 135-54-56
Факс: +7 (499) 135-54-15 E-mail: iwapr@aqua.laser.ru

В апреле 2010 г. в Балтийском море началось строительство газопровода «Северный поток» (Nord Stream). В сентябре 2011 г. было начато заполнение природным газом первой нитки газопровода. Ввод в эксплуатацию первой нитки «Северного потока» производительностью 27,5 млрд куб. м газа в год состоялся 8 ноября 2011 года. С этого дня по первой нитке «Северного потока» начались коммерческие поставки российского газа в Европейский союз. В 2012 г. вторая нитка газопровода выйдет на берег Германии в район г. Грайфсвальд. В проекте участвуют Россия, Германия, Голландия и Франция; против его реализации выступали страны-транзитёры российского газа, Польша и страны Прибалтики.

Трасса Северный поток протяжённостью 1200 км проходит от Выборга (Ленинградская область) до Грайфсвальда (Германия). Ожидается, что это будет один из самых протяженных подводных газопроводов. Рассматривается возможность строительства ответвления для газоснабжения Калининградской области. Мощность газопровода должна составить 55 млрд м³ газа в год (2 нитки), максимальная глубина моря в местах прохождения трубы до 210 м.

Маршрут газопровода намечен, насколько это возможно, как прямая линия и при этом скорректирован с учетом определенных зон, таких как экологически чувствительные зоны, участки захоронения химического оружия, военные зоны, важные навигационные маршруты и другие особые зоны, служащие экономическим или рекреационным целям. Маршрут «Северного потока» спланирован так, что он не пересекает места захоронений вооружений времен Второй мировой войны. Территория Балтийского моря по маршруту газопровода тщательно исследована до начала прокладки.

«Северный поток» является транснациональным проектом, и его строительство регулируется международными конвенциями и национальным законодательством каждого государства, через территориальные воды и/или исключительную экономическую зону которого пройдет газопровод.

В соответствии с национальными и международными соглашениями, при проведении всех работ компания-оператор проекта обеспечивает экологическую и техническую безопасность проекта. Для получения разрешений на строительство двух ниток газопроводной системы компания провела оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС) в каждой из стран, через

воды которых проходит маршрут газопровода – России, Финляндии, Швеции, Дании и Германии. В национальных отчетах об ОВОС компания Nord Stream сделала заключение, что строительство и эксплуатация газопровода окажет лишь минимальное воздействие на окружающую среду. Для отслеживания фактического воздействия газопровода на флору и фауну Балтийского моря на этапе строительства реализуются Программы экологического и социального мониторинга.

Для решения задач надежности и безопасности обычно выполняются следующие процедуры:

1. Проведение идентификации природных рисков.

2. Составление матрицы рисков с учетом их вероятности и риск-профилей с выделением рисков экономического, экологического и социального ущерба и расчетом косвенного ущерба.

3. Определение приоритетов стратегии смягчения рисков.

4. Обоснование страхования трубопровода от воздействия природных рисков и страхования прилегающей инфраструктуры. Расчет рисков повреждения СЕГ и загрязнения моря, дна и берегов. В соответствии с матрицей рисков разрабатываются защитные и природоохранные мероприятия, а также требования к мониторингу транспортных систем и окружающей среды.

При проведении экологических изысканий для проектирования трубопровода основное внимание уделялось возможному техногенному воздействию на окружающую среду, в частности правительством Швеции оператору проекта выставлены три существенных условия. Во-первых, замутнение воды при прокладке трубопровода не должно превышать 15 мг на литр воды в районе Hoburgs Bank и Norra Midsjobanken. Во-вторых, строительство не должно вестись в районах нереста трески в период с мая по октябрь. И наконец, компания должна нести полную ответственность за обломки военной техники и боеприпасов на дне и, где возможно, провести их консервацию и реставрацию. Однако, при проектировании, строительстве и эксплуатации трубопровода следует уделять внимание и уязвимости объекта к опасным природным воздействиям, в том числе сейсмотектоническим.

Серьезные аварии нефтепроводов произошли из-за недоизученности сейсмических условий. В 1995 г. на о. Сахалин, где дефицит сейсмостойкости нефтепровода составил 3 балла, в результате при Нефтегорском землетрясении произошло 30 повреждений нефтепровода на расстояниях до 35 км от г. Нефтегорска, при этом разрушились объекты жилищно-гражданской и трубопроводной инфраструктуры. Ущерб понесли объекты не только на о. Сахалин, но также предприятия – потребители нефти в Хабаровском и Приморском краях. Общий ущерб экономике страны превысил сотни миллиардов рублей, еще большую величину полного ущерба при землетрясениях Балтики можно ожидать при реакции водной среды и территориях сопредельных стран.

Сейсмическая опасность в регионе Восточной Балтики регламентируется российскими и зарубежными картами сейсмической опасности, составленными в конце прошлого века. Общее сейсмическое районирование

(ОСР-97) проведено только в сухопутной части, собственно акваторию Балтийского моря исследования не охватывают. Западная граница карты зон ВОЗ (возможных очагов землетрясений) проходит по меридиану 18 °Е. Согласно ОСР-97, вероятная интенсивность сотрясений на Балтийском побережье не должна превышать 5 баллов для всех рассмотренных периодов повторяемости. Точно так же в соответствии с картой сейсмической опасности, составленной Европейскими сейсмологическими организациями, региону Балтийского моря присвоен наиболее низкий уровень опасности, то есть для периода повторяемости 475 лет максимальные ускорения движения грунтов не должны превышать 0.01 g. Эти оценки базируются на специально составленных картах сейсмической регионализации.

Все исследования, как российские, так и зарубежные, используют базы данных о землетрясениях по состоянию на 1993-1995 гг. Между тем, известно, что начало XXI века отмечено резким усилением, как мировой, так и региональной сейсмической активности. Наиболее заметными проявлениями активизации в регионе Восточной Балтики стали Калининградское землетрясение 21 сентября 2004 г., землетрясение 2002 г. в центральной части моря, 30 сейсмических событий 2000-2005 гг. в регионе северного берега Финского залива, 2 землетрясения 2004 г. в Осмуссаарской зоне, а также макросейсмически проявившие себя в 2004-2006 гг. и зарегистрированные инструментально в 2006 г. возможные землетрясения на о. Валаам в Ладожском озере.

Рассчитанное по известным соотношениям значение интенсивности в эпицентре Калининградского землетрясения с учетом полученных оценок глубины и положения очаговых зон равно 7 баллам. Анализ исторической и инструментальной сейсмичности по региону Восточной Балтики с использованием базы данных FENCAT показывает, что 7-балльные землетрясения, оказывается, случались и раньше.

Карта эпицентров землетрясений, построенная нами для Восточно-Балтийского региона, указывает на существование тектонически и геодинамически обусловленной четкой зональности северо-западного направления, проявляющейся в чередовании асейсмичных и сейсмически активных зон – Калининградской, Готландской, Осмуссаарской и Ладожско-Ботнической. Кроме того, намечаются Нарвская зона того же направления и субширотная зона северного берега Финского залива, которая, возможно, протягивается через Карельский перешеек к о. Валаам.

Ладожско-Ботническая зона сейсмической активности на территории России проявила себя целым рядом исторических землетрясений начала XX века. Некоторые из них детально изучены, например, Валаамская группа событий, которая имела место в центральной части Ладожского озера с 1911 по 1932 гг. Архивный поиск и последующий анализ дали возможность составить каталог землетрясений с магнитудами 1-2.7, насчитывающий более 100 событий, из которых 10 были ощутимыми, локализовать часть из них и рассчитать основные параметры. По комплексу геолого-геофизических данных с применением методики структурного анализа построена сейсмотектоническая модель Валаамской сейсмогенной зоны, в соответствии с которой ответ-

ственными за возникновение землетрясений в этом районе являются не только региональные разломы северо-западного направления, формирующие Ладожско-Ботническую зону, но и поперечные нарушения гораздо меньшей протяженности, создающие в локальном районе эффект «битой тарелки». Подтвердить современную сейсмическую активность выявленной по историческим данным сейсмогенной зоны должна стационарная сейсмическая регистрация, организованная в регионе в последние годы.

Объективные данные об усилении сейсмической активности в регионе Восточной Балтики в начале XXI века, а также полученный новый материал об исторической сейсмичности требуют пересмотра нормативных документов, определяющих уровень сейсмической опасности, то есть, проведения в регионе, по крайней мере, детального сейсмического районирования, которое позволит уточнить и подробно охарактеризовать основные системы разрывных нарушений.

С точки зрения сейсмической опасности особое внимание привлекают активизированные разрывные нарушения в основном субширотного и меридионального простирания. В ряде случаев разломы на морском дне фиксируются протяженными линеаментами, имеющими выражение в донном рельефе в виде уступов и амплитуд 5-7 м. Особое внимание привлекают зоны пересечения разломов.

К зонам разломов и тектонической трещиноватости приурочены проявления эпигенетической минерализации радиоактивных элементов и тяжелых металлов. Здесь же имеют место подводный грязевой вулканизм в виде специфических образований «покмаков». В донных осадках Ладожского озера присутствуют специфические текстурные элементы, указывающие на разрывы и сдвиги сплошности что, скорее всего, связано с сейсмическими событиями, имеющими возраст 2-2,5 тыс. лет. Существует предположение, что именно это спровоцировало прорыв Ладожского моря в Финский залив с образованием р. Невы на фоне Ладожской трансгрессии.

Для обеспечения адекватного проектирования и безопасной эксплуатации нужно для полосы прохождения газопровода срочно выполнить детальное сейсмическое районирование и при необходимости внести соответствующие дополнения в проект.

С целью предварительного районирования полосы трассы СЕГ по микросейсмичности был выполнен пространственный анализ преобладающего состава донных грунтов на участках; распределение крупных донных морфоструктур в пределах тех или иных участков; распределение глубин моря на различных участках.

Таким образом, сейсмичность увеличивается на Готландском и Эландском участках и в меньшей мере в северной части Борнхольмского участка.

В России пока не разработаны рекомендации по выбору сейсмических параметров для проектирования сооружений на шельфе типа рекомендаций API (1993), широко применяемых на практике в США и других странах. По территории России задание параметров для расчета сейсмических нагрузок регламентируется лишь одним официальным документом – СНиП-II-7-81*,

в котором отсутствуют понятия "проектного" (ПЗ) и "максимального расчетного" (МРЗ) землетрясений.

Особенности изучения сейсмичности шельфа заключаются в необходимости учета влияния гидростатических сил при расчетах сотрясений морского дна, прогнозирования реакции грунтов оснований на максимально возможные сейсмические воздействия, в оценке динамической устойчивости рыхлых обводненных донных отложений при длительных вибрационных воздействиях техногенного характера, а также изучении резонансных сейсмических эффектов в грунтовой толще.

При изучении акваторий следует выделять: уточнение исходной сейсмичности района работ; сейсмическое микрорайонирование участков транспортных сооружений; создание временной сети сейсмологических станций, расположенных на суше в прибрежной зоне, а также регистрация землетрясений с помощью автоматизированных донных сейсмических станций.

Анализ экспериментального материала позволил установить взаимосвязь активизации сейсмичности: с определенными сейсмическими параметрами геологического разреза, его литологией; с видом напряженного состояния, морфологией активных тектонических нарушений;

В России сейсмическая опасность определяется в терминах макросейсмической интенсивности сотрясений по шкале MSK-64, тогда как в западных нормах и практике приняты оценки в терминах пиковых ускорений движения грунта. В региональном нормативном документе должны быть согласованы переходные соотношения между этими показателями. Впоследствии в Специальных технических условиях (СТУ) проектирования и строительства СЕГ будут изложены основные требования к проведению комплексных работ для оценки сейсмической опасности и для обеспечения сейсмоустойчивости газопровода.

В состав СТУ для строительства СЕГ должны быть также включены:

- оценка сейсмической опасности участков;
- региональный каталог землетрясений Балтики;
- структурная карта Балтики.

В настоящее время совершенно, ясно, что землетрясение в Восточной Балтике не является экзотикой. Уточнение вопроса о сейсмической активности Восточной Балтики является настоятельно необходимым не только на областном, но и на межгосударственном уровне (одновременно для Российской Федерации, Польши, Германии, для Скандинавии и Прибалтийских стран).

В Калининградской области необходимо создать региональную сеть сейсмостанций. Подобные станции уже есть в соседних странах – Литве и Польше. Другая сторона вопроса – необходимо сейсмическое районирование города и области.