Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1984 г., т. 100

УДК 624.131 551.351.2

ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА БЕЛОГО МОРЯ

Н.Г.КОРВЕТ

Важнейшими элементами инженерно-геологических условий шельфа являются рельеф, геологическое строение, гидрогеологические условия, геологические процессы и явления, физико-механические свойства горных пород. Необходимо учитывать и такие элементы, как гидродинамический и гидрохимический режимы бассейна осадконакопления, которые в значительной степени определяют условия формирования данных осадков.

Белое море приурочено к типичному гляциальному шельфу, расположенному по периферии Балтийского кристаллического щита. Оно является субполярным внутренним морским бассейном и относится к типу приливных морей.

Ведущими факторами формирования инженерно-геологических условий любой территории являются особенности геологического развития, главным образом в новейшее и современное геологическое время. Закономерности формирования и пространственной изменчивости инженерно-геологических условий территории могут быть четко установлены лишь на основе последовательного анализа этапов геологической истории исследуемого района.

Территория шельфа Белого моря расположена на стыке двух крупнейших структур Восточно-Европейской платформы: Балтийского кристаллического щита и Русской плиты. Эта зона характеризуется тектонической активностью в течение палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Неотектонический этап на северо-востоке Балтийского щита начался в олигоцене; первая стадия его продолжалась в течение всего олигоцена и начала миоцена, что и привело к образованию впадины Белого моря. В это время разнонаправленные движения крупных тектонических блоков обусловили морфологическое оформление крупных грабенообразных депрессий и во многом предопределили характер современного рельефа.

В четвертичное время данная территория неоднократно является ареной распространения ледникового покрова, который оставил на дне Белого моря ледниковые отложения, вскрытые под толщей более молодых осадков по всей акватории [3], среди которых главную роль играет морена валдайского оледенения. Ледниковые отложения пользуются широким распространением на данной территории и представлены донной или основной мореной и денудированными ледниковыми образованиями, включающими абляционную морену и флювиогляциальные отложения.

Таким образом, в результате ледникового этапа развития рассматриваемой территории в ее пределах был сформирован специфический комплекс от-

ложений, который характеризуется единым происхождением, пространственной ограниченностью и специфическим составом, строением и физико-механическими свойствами. Изучение свойств ледниковых отложений Онежского залива Белого моря проводилось лишь на отдельных участках, поэтому нет пока возможности в достаточной степени охарактеризовать их. В то же время физико-механические свойства морены на прилежащей суше изучены достаточно подробно [2]. По особенностям состава, строения и свойств моренные отложения изучаемой территории сопоставимы с карельским ледниковым комплексом, развитым на берегу. Литологический состав ледниковых отложений тесно связан с их происхождением, они отличаются значительной неоднородностью гранулометрического состава. Выделяются галечно-гравийные, песчаные, супесчаные, суглинистые и глинистые разности. Характерной особенностью морены является высокое содержание валунов, гравия и гальки, достигающие иногда 60-70 % и более. Необходимо указать на близость гранулометрического состава морены к составу оптимальных смесей, что обуславливает высокую их плотность (2050-2250 кг/м^3).

Повсеместно распространенная на дне Онежского залива Белого моря и обладающая замечательными строительными качествами (высокая плотность, низкая пористость, умеренная влажность, повышенная прочность и слабая сжимаемость), морена может служить надежным основанием для размещения сооружений различного типа. Кроме того, моренные отложения можно использовать в качестве строительного материала, необходимо лишь использование мощной землеройной техники.

Начало развития современного Беломорского бассейна по одним данным относится к аллереду [4], по другим [I] к более раннему периоду, и знаменует второй основной этап развития гляциональных шельфов, к числу которых относится и Белое море. В это время по периферии котловины возникают разрозненные пресноводные бассейны, в которые впадают временные водотоки, текущие от тающих ледников и образующие осадки типа ленточных глин. По мере потепления эти озера расширяются и начинают соединяться между собой, образовывая крупные озерные бассейны. За этот озерно-ледниковый период по периферии Беломорского региона образуются локальные накопления преимущественно тонкозернистых осадков.

В конце аллереда начинается изменение ледовой обстановки; в Онежской губе образуется пресноводное озеро, покрытое плавучими льдами. В позднем дриасе в море проникают океанские воды, устанавливается связь между всеми его основными районами, и фактически по всей акватории устанавливается режим подледного морского осадконакопления. В это время формируется ледниково-морской комплекс осадков, залегающих на породах, представленных мореной, различными флювиогляциальными, а иногда и ледниково-морскими образованиями [4]. Мощности ледниково-морских осадков для различных участков Белого моря неодинаковы, в Онежском заливе мощность их увеличивается за счет заполнения эрозионных ложбин, а в приустьевых районах крупных рек аллювиальными выносами. Процесс осадконакопления на различных участках Онежского залива имел свои особенности, что привело к формированию различных типов ледниково-морских осадков.

Литологический состав осадков, накапливающихся в этот период, связан с особенностями геологического развития района. В пределах изученных участков широко распространены глинистые (содержащие небольшое количество песчаных частиц) отложения, сформированные в относительно глубоководных условиях, а также осадки, накапливавшиеся в местах впадения потоков талых вод в ледниково-водный бассейн. Они часто имеют слоистую текстуру, отражающую пульсационное поступление обломочного материала, связанное часто с сезонными изменениями климата.

Ледниково-морские осадки характеризуются повышенным, по сравнению с ледниковыми, содержанием биогенных компонентов ($C_{орг}$, $SiO_{2\ аут}$, $CaCO_3$); увеличение содержания органического вещества в осадках вызывает и определенные изменения в составе их поровых вод.

Изучение физико-механических свойств ледниково-морских осадков позволило также выделить несколько их типов.

Рассмотрим разрезы, вскрывающие толщу ледниково-морских отложений на некоторых участках Онежского залива. Район Западной Соловецкой Салмы характеризуется особыми условиями осадкообразования. В рассматриваемое время в сравнительно спокойной и обычной для Белого моря обстановке подледного осадконакопления формируются ледниково-морские осадки аллередского и позднедриасового возраста. На больших глубинах - это мощная толща глинистых осадков, фациально переходящих в более грубозернистые в направлении острова Соловецкий, на меньших глубинах - мелкозернистые пески с галькой. Серые и серо-зеленые глинистые осадки имеют достаточно высокую естественную влажность (64-84 %) и небольшую плотность (1530-1690 кг/м^3), коэффициент пористости составляет в среднем 2,34. Серые и серовато-зеленые глинистые осадки с песчаными прослоями отличаются по показателям физико-механических свойств: естественная влажность 24-32 %, плотность 2000-2050 кг/м^3, коэффициент пористости 0,67-0,81.

Другой тип ленточных глин изучен в центральной части Онежского залива, вскрытый разрезом между мысом Глубокий на востоке и Кондостровом на западе. Залегающие здесь во впадинах моренного рельефа ленточные глины коричневатого и серовато оттенков имеют сравнительно небольшую мощность и в значительной степени переработаны субаквальными процессами. Гранулометрический состав характеризует эти отложения как глины и суглинки (содержание глинистой фракции 0,002 мм составляет от 24 до 64 %). Естественная влажность меняется от 23 до 41 %, плотность 1790-2030 кг/м^3. Показатель относительной влажности больше единицы, результаты пенетрационных испытаний характеризуют состояние осадков как текучепластичное.

Как уже указывалось, на процессы седиментогенеза в этот период существенно повлияли сложные тектонические подвижки.

Основной неотектонической тенденцией Онежского залива в голоцене был неравномерный подъем, а в приустьевых зонах рек Онега и Выг, в проливе между островом Анзерский и восточным берегом отмечены признаки неотектонического погружения дна [4]. Это и позволило предварительно выделить в пределах рассматриваемого шельфа области, приуроченные к отрицательным и положительным морфоструктурам.

Области, приуроченные к отрицательным морфоструктурам, - приустьевые зоны рек Онега и Выг занимают особое место как по литологическому характеру разреза, так и по неотектоническим признакам. Остальную часть Онежского залива занимают области, приуроченные к положительным морфоструктурам.

Участки дна приустьевого пространства реки Выг являются либо стабильными, либо опускающимися. В совокупности с аллювиальным выносом со стороны реки это способствовало накоплению мощной толщи осадков.

Особые условия осадконакопления на этих участках (ослабленный гидродинамический режим, аллювиальный вынос рек) существенно повлияли и на распределение отдельных минералогических и химических компонентов в осадочной толще.

По содержанию железа (до 8 %), марганца (0,08 %), титана (до 0,5 %) и фосфора осадки приустьевых пространств рек Выг и Онега являются исключением. Увеличение содержания этих компонентов связано с поступлением взвесей в составе материала, вносимого реками.

Как в поверхностном слое осадков, так и в толще заметно повышается содержание $C_{орг}$, $SiO_{2аут}$. Необходимо в связи с этим отметить, что морским осадкам Белого моря присущи черты, отличающие их от подстилающих образований. Это обусловлено прежде всего формированием большинства осадков в слабовосстановительной среде, что сказывается на зеленоватых тонах окраски. Они заметно обогащены биогенными компонентами ($SiO_{2аут}$, $C_{орг}$, $CaCO_3$), для них характерна диагенетическая пятнистость, связанная с перераспределением $C_{орг}$.

Изучение химического состава поровых вод показало, что процессы диагенеза в морских отложениях по сравнению с ледниково-морскими развивались более активно. Все эти факторы наложили отпечаток на формирование физико-механических свойств морских осадков Онежского залива.

Для тонких пелитов зеленовато-серого цвета, накапливающихся в отдельных изолированных котловинах (содержание фракций менее 0,002 мм составляет 50-58 %), влажность в верхнем слое составляет от 45 до 102 %. С глубиной она заметно снижается и глубже 20 м составляет уже 30-65 %. Наблюдающееся иногда с глубиной увеличение влажности связано с ростом содержания $C_{орг}$. Плотность минеральной части колеблется в пределах 2780-2800 кг/м^3.

В типичных бассейновых глинистых осадках, содержащих большое количество черных диагенетических стяжений, придающих им характерный пятнистый облик, содержание органического вещества резко увеличивается (потери при прокаливании достигают 12 %). Естественная влажность в изученных разрезах колеблется от 70 до 101 %, достигая иногда 120-140 % (район Сорокской губы). Плотность осадков 1380-1700 кг/м^3, плотность минеральной части 2590-2780 кг/м^3. Показатель относительной влажности этих отложений больше единицы, показатель относительной консистенции во всех случаях имеет отрицательное значение, результаты пенетрационных испытаний характеризуют состояние этих осадков как текучее или текучепластичное.

Таким образом, анализ изменения естественной и относительной влажности морских осадков показывает, что как правило их влажность,хотя и незначительно, но равномерно уменьшается с глубиной, что свидетельствует о нормальных диагенетических преобразованиях осадка. Наблюдаемое в ряде случаев резкое увеличение значений естественной влажности с глубиной связано с увеличением содержания органического вещества. С глубиной также повышается уплотненность осадков, и они, как было показано выше, приобретают новые характеристики физического состояния.

Сложное переплетение морфологических, литодинамических, седиментационных и тектонических факторов в процессе образования морской пачки привело к формированию определенных групп осадков со специфическим составом,строением и свойствами. Эти отложения слабо или весьма слабо уплотнены, обладают высокой сжимаемостью, низкими прочностными качествами; без проведения специальных предварительных мероприятий они не могут служить удовлетворительным основанием для различного рода сооружений.

В пределах изучаемой территории в течение всего голоцена происходило интенсивное разрушение берегов, сложенных рыхлыми четвертичными отложениями. Темпы абразии различных районов существенно отличались, что объясняется прежде всего различиями в геологическом строении берегов, а также палеогеографическими причинами [4]. К абразионным берегам Белого моря относятся берега Соловецких островов, Хедострова на юге Онежской губы, район мыса Ворзогоры к западу от устья Онеги. В настоящее время процессы абразии во многих местах затухают. На Онежском полуострове современные участки абразии сохранились только в отдельных местах. Здесь в результате размыва глинистых ледниково-морских и ледниково-озерных отложений западного побережья в Белое море поступает небольшое количество обломочного материала.

Итак, изучение инженерно-геологических условий южной части шельфа Белого моря позволило дать сравнительную оценку различных частей этого региона и существенно уточнить их границы с целью типизации инженерно-геологических условий.

Взаимосвязь и взаимообусловленность факторов, влияющих на инженерно-геологические условия территории, а также характер их изменения в пространстве предопределил разнообразие типов инженерно-геологических условий различных частей рассматриваемой территории.

Важное значение для формирования инженерно-геологических условий территории имел четвертичный этап. В голоцене было завершено окончательное формирование закономерностей пространственной изменчивости инженерно-геологических условий южной части Белого моря.

В четвертичный период формирования инженерно-геологических условий южной части шельфа Онежского залива четко выделяются этапы, соответствующие основным этапам развития гляциальных шельфов (максимальному распространению ледникового покрова, его деградации и развитию современных морских бассейнов): ледниковый, ледниково-морской и морской.

В связи с этим в геологическом строении изучаемой территории можно выделить следующие типы разреза:

I. Разрез, представленный всеми тремя основными генетическими формациями, закономерно сменяющими друг друга: от ледниковой до морской.

2. Разрез, в котором видны следы размыва и выпадения ряда возрастных горизонтов.

3. Разрез, в котором морские осадки отсутствуют и на поверхности дна обнажаются ледниково-морские осадки, ныне размываемые.

4. Разрез, в котором морские и ледниково-морские осадки смыты и на дне обнажаются породы базального основания.

Такое разнообразие типов разреза является в основном результатом неоднородных неотектонических подвижек различных участков дна, в отдельных случаях оно связано с перестройкой общего плана течений в результате дегляциации [4].

Длительность выделенных этапов определяла мощность и распространение каждого комплекса осадков. Для Онежской губы характерны маломощные позднеи послеледниковые слои осадков, развитые на большей части площади его дна в связи с преимущественным неотектоническим подъемом. Мощность слоев морской пачки осадков резко колеблется по площади дна: основная часть морских осадков имеет мощность до 100 см, достигая максимальных значений (300-500 см) в зонах устойчивых неотектонических погружений, а также в приустьевых зонах рек, особенно если эти зоны совпадают (реки Выг и Онега).

Основной инженерно-геологической особенностью рассматриваемой территории является распространение в зоне активного влияния инженерных сооружений различных типов осадков: от пород базального основания до пород особого состава, состояния и свойств (современные тиксотропные илы, весьма слабые со строительной точки зрения). Более древние осадки имеют более благоприятные инженерно-геологические свойства и поэтому важное инженерно-геологическое значение.

Инженерно-геологические условия данной территории усложняются развитием современных процессов и явлений, которые необходимо учитывать в процессе проектирования, строительства и эксплуатации различного рода инженерных сооружений на шельфе.

ЛИТЕРАТУРА

Алявдин Ф.А., Мануйлов С.Ф., Рыбалко А.Е. и др. Новые данные по четвертичной геологии северо-западной части Белого моря. - В кн.: Хронология плейстоцена и климатическая стратиграфия. Л., изд. Геогр. об-ва СССР, 1973.

2. Каган А.А., Солодухин М.А. Моренные отложения Северо-Запада СССР. М., Недра, 1971.

3. Медведев В.С., Невесский Е.Н. История развития бассейна Белого моря в поздне-послеледниковое время. - В кн.: Проблемы геологии шельфа. М., Наука, 1975.

4. Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калиненко В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М., Наука, 1977.