

Р.Э.ДАШКО, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, regda2002@mail.ru*
А.А.КОРОБКО, *студентка, anastasiakorobko@gmail.com*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

R.E.DASHKO, *Dr. in geol. & min. sc., professor, regda2002@mail.ru*
A.A.KOROBKO, *student, anastasiakorobko@gmail.com*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ПРЕДГЛИНТОВОЙ НИЗМЕННОСТИ (ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Проведен анализ особенностей и специфики формирования Предглинтовой низменности. Выявлены закономерности изменения состояния и прочности синих глин по глубине разреза с учетом степени их дезинтеграции – слоистости и трещиноватости. Исследовано влияние макро- и микротрещиноватости синих глин в предглинтовой зоне на их прочность и деформационную способность. Разработаны основные положения инженерно-геологического анализа рассматриваемой территории. Предложены рекомендации по повышению надежности и достоверности оценки синих глин как основания и среды сооружений различного назначения.

Ключевые слова: нижнекембрийские синие глины, диапировая структура, оползень, транспортный тоннель, выемка, насыпь, полигон, карьер, гражданские и промышленные сооружения, трещиноватость толщи, расчеты устойчивости, основание сооружения, эксплуатационная надежность.

ENGINEERING-GEOLOGICAL SUBSTANTIATION OF SAFETY BUILDING AND OPERATION CONSTRUCTIONS OF DIFFERENT FUNCTION WITHIN THE LOWLAND PREDGLINTOVAYA (THE WESTERN PART OF THE LENINGRAD REGION)

The analysis the characteristics and specificity the formation of Predglintovoy lowlands is carried out. The regularities of changes in the state and the strength of blue clay at the depth of cut, taking into account their degree of disintegration – layering and fracturing. The influence of macro-and microcracks in the blue clay zone predglintovoy on their strength and deformation ability is investigated. Basic provisions of engineering-geological analysis of the territory are developed. Recommendations to improve the safety and reliability estimates of blue clay as base of constructions of different function are offered.

Key words: Lower Cambrian blue clay, diapir structure, landslide, the transport tunnel, cut slope, embankment, the area, borrow pit, civic and industrial buildings, fracture thickness, calculations of the stability, the basis of construction, operational reliability.

До настоящего времени территорию Предглинтовой низменности, расположенную в южной части Санкт-Петербургского региона между южным берегом Финского залива и Балтийско-Ладожским глинтом, было принято относить к зоне с благоприятными инженерно-геологическими условиями, что было связано с несколько формали-

зованным подходом к оценке коренных отложений осадочной толщи – нижнекембрийским синим глинам, которые выходят на поверхность, либо залегают под маломощным покровом четвертичных отложений.

Соответственно, на этой территории синие глины рассматриваются как объект многоцелевой инженерной деятельности:

- в качестве естественного основания сооружений (гражданских, промышленных и транспортных);
- как среда размещения транспортного тоннеля, в том числе (в перспективе) тоннелей метрополитена;
- как геологическая формация для захоронения опасных промышленных отходов (полигон «Красный Бор»);
- как сырье для керамической промышленности (карьер «Красный Бор» и карьер в г.Никольское).

Кроме того, до недавнего времени планировалось захоронение радиоактивных отходов Ленинградской АЭС в синих глинах вблизи Копорья.

Для инженерно-геологической оценки данной территории обязателен учет структурно-тектонических условий, поскольку с тектонической деятельностью связано формирование трещиноватости коренных глин, а также образование в четвертичное время диапировых структур в зонах узлов тектонических разломов. Явления диапиризма в этом регионе ранее изучались профессором Н.Г.Чочиа.

Литогенетическая и тектоническая трещиноватость формирует блочное строение синих глин. Кроме того, отмечается нетектоническая трещиноватость, которая фиксируется приблизительно до глубины 15-20 м, где и прослеживается мелкоблочное строение*.

* Дашко Р.Э. Геотехническая диагностика коренных глин Санкт-Петербургского региона (на примере нижнекембрийской глинистой толщи) // Реконструкция городов и геотехническое строительство. 2000. № 1. С.95-100.

Dashko R.E. Geotechnical diagnosis indigenous clays of the St. Petersburg region (for example, the Lower Cambrian clay mass) // The reconstruction of cities and Geotechnical Engineering, 2000. N 1. P.95-100.

Образование нетектонической трещиноватости связано с континентальным периодом развития рассматриваемой территории, начиная с позднего палеозоя и до раннечетвертичного времени.

В период материковых оледенений и межледникового времени регион подвергался периодическому нагружению – разгрузке, что способствовало развитию трещиноватости за счет морозобойного растрескивания пород, упругого отпора, гляциотектоники. Именно в этот период образуются клиновидные трещины, которые отчетливо прослеживаются в толще синих глин.

Соответственно, толща нижнекембрийских глин на данной территории должна рассматриваться как трещиновато-блочная среда, имеющая зональное строение по глубине вне зон тектонических разломов. В разрезе влияние тектонических нарушений на зональность толщи по глубине практически не прослеживается.

Недоучет особенностей зонального строения синих глин и широкое развитие оползневых процессов в пределах южной части Предглинтовой низменности провоцирует переход сооружений в аварийное и предаварийное состояние. В настоящее время в пределах рассматриваемой территории проанализирован ряд таких случаев.

В период строительства 9-этажного жилого дома в г.Пушкине здание перешло в аварийное состояние. В основании сооружения залежали нижнекембрийские глины. При определении расчетного сопротивления использовались параметры прочности глин без учета их трещиноватости ($\varphi = 14^\circ$, $c = 0,065-0,11$ МПа). В результате расчетное сопротивление было выше, чем давление от сооружения. Строительство и эксплуатация рассматриваемого здания согласно результатам расчетов не вызывало никаких опасений.

Однако после возведения 6-го этажа жилого здания началось активное развитие неравномерных осадок, затем произошло выдавливание глин в пределах всего конту-

ра здания, которое дало крен 27° *. Определение показателей сопротивления сдвигу в условиях трехосного сжатия с возможностью бокового расширения образца, моделирующее объемное напряженное состояние, а также введение коэффициента структурного ослабления для снижения характеристик прочности позволило повысить степень достоверности получаемых показателей. Учет микро- и макротрещиноватости при назначении расчетных параметров для определения расчетного сопротивления дал возможность сравнить действующее давление от 9-этажного здания на узких ленточных фундаментах ($p = 0,27$ МПа) с расчетным сопротивлением. Давление от сооружения превысило значение расчетного сопротивления. Здание было взорвано.

Несколько позднее наблюдался переход в аварийное состояние 9-этажного дома в г. Никольское. Разрушение канализационной системы привело к тому, что в течение 5 лет эксплуатации здание испытывало большие и неравномерные осадки, вследствие чего произошло сползание перекрытий за счет перекоса несущих конструкций (несущих стен). Здание было построено без бетонных полов в подвалах. Инфильтрация канализационных стоков шла по трещинам, в результате чего в основании сооружения сформировался техногенный водоносный горизонт. Взаимодействие синих глин с канализационными стоками привело к их полному преобразованию за счет активного набухания и потери прочности до 80 % от начальных значений. Снижение прочности синих глин в основании с резким возрастанием неравномерных деформаций привело к развитию перекоса несущих стен и сползанию межэтажных перекрытий. Дом был снесен.

* Дашко Р.Э. Особенности инженерно-геологического анализа нижнекембрийских синих глин как основания сооружений // Механика грунтов, основания и фундаменты: Межвузовский сборник научных трудов / ЛИСИ. Л., 1984. С. 85-93.

Dashko R.E. Especially engineering-geological analysis of the Lower Cambrian blue clay as the base facilities // Mechanics of soil, ground and foundations: Interuniversity collection of scientific papers / LISI. Leningrad, 1984. P. 85-93.

В 2007 г. при устройстве выемки на участке кольцевой автомобильной дороги в диапировой структуре произошли оползневые смещения. Во время изысканий данная структура не была выявлена.

В процессе инженерно-геологического анализа данной структуры была выявлена интенсивная трещиноватость глин. Глины, слагающие тело «глиняного диапира», как правило, алевритовые, квазипластичные, перемятые, сильнодислоцированные, повышенной влажности. Проектирование устойчивости дорожной выемки проводилось без учета трещиноватости пород.

Выполненный расчет с учетом трещиноватости показал, что при заложении половых углов менее 11° резко возрастает объем земляных работ, а также ширина выемки поверху достигает больших размеров, чем полоса отвода под земляное полотно.

Высокая чувствительность дислоцированных синих глин к дополнительному увлажнению атмосферными осадками не обеспечивает длительной устойчивости откосов выемок.

В 2010 г. при строительстве одной из трасс автомобильной дороги вблизи г. Ломоносова произошло разрушение песчаной насыпи высотой 9,5 м и углами заложения 30° , возведенной на синих глинах. Разрушение было вызвано отдавливанием глин из-под основания рассматриваемого сооружения. В расчетах устойчивости использовались завышенные значения показателей сопротивления сдвигу дислоцированных синих глин, что привело к неправильным выводам о гарантии устойчивости рассматриваемого участка трассы. Дополнительные изыскания показали, что насыпь построена на старом оползневом языке (ниже синих глин залегают моренные отложения). При проведении расчета устойчивости той же насыпи при условии учета трещиноватости глин, залегающих в основании, и их квазипластичного состояния коэффициент устойчивости оказался менее 1,0, что свидетельствует о невозможности обеспечения устойчивости данного сооружения.

В 2011 г. при проведении реконструкции автодороги второй технической катего-

рии М-20 «Санкт-Петербург – Киев» произошел переход транспортной тоннельной конструкции неглубокого заложения в пред-аварийное состояние. На стадии изысканий не был исследован важный фактор – подрезка пологого склона, сложенного дезинтегрированными нижнекембрийскими синими глинами, что привело к развитию оползневых смещений и деформации стенок тоннеля.

При проведении расчета устойчивости подрезанного тоннелем склона при условии учета трещиноватости глин коэффициент устойчивости составил 0,60. Как и в рассмотренных выше случаях, эксплуатационная надежность транспортного сооружения не может быть гарантирована. Коррозия бетонов и растворов также способствовала разрушению обделки тоннеля.

В настоящее время в синих глинах размещается опытно-промышленный полигон «Красный Бор», на котором промышленные отходы складировались в котлованы глубиной 20-25 м. При проектировании объекта синие глины рассматривались в лабораторных условиях как тонкопористые отложения с низким значением коэффициента фильтрации ($K_f = 10^{-5}-10^{-7}$ м/сут), обладающие надежными водоупорными свойствами и хорошей сорбционной способностью. Расчеты времени опускания стоков до Ломоносовского водоносного горизонта были выполнены без учета трещиноватости и составили 2000 лет. Для расчетов использовалась формула Цункера. О проницаемости глин по трещинам свидетельствует разгрузка сильно загрязненных вод в форме нисходящих источников в пониженных частях рельефа. Состав вод и их минерализация (8-10 г/дм³) полностью отвечают составу жидкой фазы промышленных отходов. Расчет по той же формуле Цункера с учетом трещинной пустотности показал, что время опускания фронта загрязнения в зависимости от интенсивности трещиноватости составляет от нескольких десятков суток до года.

Проведенные в ГПП «Севзапгеология» специальные геофизические исследования на полигоне «Красный Бор» показали наличие тектонических разломов и интенсивную трещиноватость глин, за счет которой идет формирование обширного фронта загрязнения по глубине и по площади в толще синих глин.

Выводы

1. Сложность инженерно-геологических условий Предглинтовой низменности зависит от особенностей ее структурно-тектонической обстановки и наличия разломов, которые определяют степень дезинтеграции коренных нижнекембрийских глин, развитие диапировых структур, а также по направлению тектонических разломов трагируются погребенные долины.

2. Обоснование длительной устойчивости сооружений различного назначения, для которых основанием либо средой служат нижнекембрийские глины, должно базироваться на их анализе как трещиноватоблочной среды, что определяет необходимость понижения прочности глин за счет их микро- и макротрещиноватости, показателей деформационной способности (модуль общей деформации) и повышение водопроницаемости.

3. Нижнекембрийские синие глины обладают высокой степенью уязвимости по отношению к воздействию стоков различного состава, в том числе канализационных, активизирующих микробную деятельность. В канализационных стоках в 5-7 раз возрастает интенсивность набухания глин.

4. Синие глины не могут служить надежной средой захоронения опасных промышленных отходов, поскольку наличие макро- и микротрещиноватости приводит к загрязнению Ломоносовского водоносного горизонта, который используется для водоснабжения, и его разгрузка происходит в Финский залив.