УДК 624.131.1

А.М.ЖУКОВА, *аспирантка, zhuanna85@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

A.M.ZHUKOVA, *post-graduate student, zhuanna85@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЛОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ р.НЕВЫ)

Рассматривается специфика инженерно-геологических условий в локальной зоне на правобережье р.Невы. Анализируется влияние подземного рельефа кровли коренных пород верхнего венда, сформированного палеодолинами, на особенности инженерно-геологического разреза основания. Рассматривается влияние тектонических разломов на физико-механические свойства верхнекотлинских глин венда, которые планируется использовать в качестве основания высотных сооружений. Исследуется негативное влияние нижнекотлинского водоносного горизонта на свойства глин в основании сооружения и конструкционные материалы.

***Ключевые слова*:** высотное здание, инженерно-геологические условия, тектонический разлом, палеодолина, верхнекотлинские глины венда, трещиноватость, водоносный горизонт, напор, буронабивные сваи, деформация.

GEOTECHNICAL ENGINEERING AND HYDROGEOLOGICAL SPECIFICS OF ESTIMATE HIGH-RISE BUILDINGS CONSTRUCTION AND OPERATION CONDITIONS (IN TERMS OF LOCAL ZONE ON THE RIGHT BANK OF NEVA RIVER)

In the paper specificity of geotechnical engineering conditions in the local zone of the right river Neva bank are considered. The influence of underground topographies of Pre-Quaternary soils roof formed by paleovalleys on the specificity of engineering geological profile is analyzed. Influence of tectonic faults on physical and mechanical properties of Upper Kotlin clays (Upper Vendian) which it is planned to use as the basis for high-rise constructions is considered. Negative influence of Low Kotlin (Upper Vendian) pressure water-bearing horizon on clay properties in the construction foundation and structural materials is investigated.

***Key words*:** high-rise building, geotechnical engineering conditions, tectonic fault, paleovalley, Upper Vendian clays, fissuring, water bearing horizon, water pressure, auger piles, strains.

Генеральный план развития Санкт-Петербурга предполагает возведение вне исторического центра высотных зданий по типу доминантных кластеров. При решении о размещении принимались во внимание только незастроенность территории и отсутствие зеленых насаждений, при этом не учитывались инженерно-геологические, геоэкологические и гидрогеологические особенности территории, которые, как известно, во многом определяют устойчивость и конструктивные особенности сооружения, а также материальные затраты на их строительство.

В статье рассматривается специфика инженерно-геологических условий в локальной зоне на правобережье р.Невы. В структурно-тектоническом отношении данная территория характеризуется наличием узла тектонических субширотных разломов и разлома северо-западного направления. Бóльшая часть участка приурочена к склоновой зоне погребенной долины Пра-Невы, что определяет мощность четвертичных отложений, в разрезе которых присутствуют достаточно неустойчивые водонасыщенные песчано-глинистые отложения. Наличие мощной толщи неустойчивых четвертичных отложений предопределяет необходимость сооружения прочных водонепроницаемых «стен в грунте» для устройства глубоких котлованов и последующего сооружения фундаментов и других подземных конструкций.

Необходимо отметить, что рассматриваемая территория приурочена к зоне развития полюстровского водоносного горизонта и неэксплуатируемого в настоящее время Полюстровского месторождения минеральных вод. Этот горизонт характеризуется высокими напорами, обеспечивающими взвешивающий эффект вышележащей толщи, а также перетекание подземных вод через верхний водоупор (рис.1). При проходке глубоких котлованов может наблюдаться прорыв напорных вод через их дно. Следует отметить, что в пределах Полюстровского месторождения прорывы дна в отдельных случаях наблюдались даже при глубине котлована 3,5 м. Без строительного водопонижения работы нулевого цикла в таком случае не проводятся. В настоящее время не принимается во внимание, что при использовании свайных фундаментов и наличии напорного водоносного горизонта в их основании фильтрация подземных вод по контакту боковой поверхности свай и вмещающих свай грунтов будет приводить к существенному снижению несущей способности грунтов. Кроме того, высокое содержание углекислоты в водах полюстровского горизонта обеспечивает развитие углекислотной агрессивности в цементах бетонов и растворов.

В качестве основания для тяжелых сооружений в пределах рассматриваемой территории следует рекомендовать толщу верхнекотлинских глин венда, мощность которой значительно варьирует в зависимости от глубины эрозионного вреза погребенных долин. На рассматриваемой территории кровля глин отмечается на глубине от 40 до 75 м (рис.2).

Необходимо различать два типа разреза верхнекотлинских глин в зависимости от их расположения в зоне разломов и вне таких зон. Вне зон разломов верхнекотлинские глины характеризуются зональным строением; с увеличением глубины интенсивность трещиноватости снижается; размер блоков увеличивается; отмечается некоторое приращение плотности и снижение влажности глин. В верхней части разреза на тектоническую трещиноватость накладывается нетектоническая, связанная с выветриванием, упругим разуплотнением и гляциотектоникой [3]. В зоне тектонических разломов такой закономерности не наблюдается; дезинтегрированность пород будет определять снижение их несущей способности и возрастание деформаций тяжелых сооружений и их неравномерность даже при условии использования буронабивных свай большого диаметра, которые в трещиноватой толще глин работают как висячие.

Доказательством высокой степени дезинтеграции верхнекотлинских глин на рассматриваемой территории служат процессы интенсивного вывалообразования, которые наблюдались при проходке глубоких канализационных коллекторов на правобережье р.Невы в районе впадения в нее р.Охты.

В зонах тектонических разломов были проанализированы такие параметры физических свойств верхнекотлинских глин, как плотность и естественная влажность. Исследования показали выраженную тенденцию к увеличению плотности и снижению влажности только начиная с глубины порядка 90 м, однако даже на более низких горизонтах зафиксировано значительное варьирование показателей физических свойств. Разброс значений параметров сопротивления сдвигу и модуля общей деформации верхне-

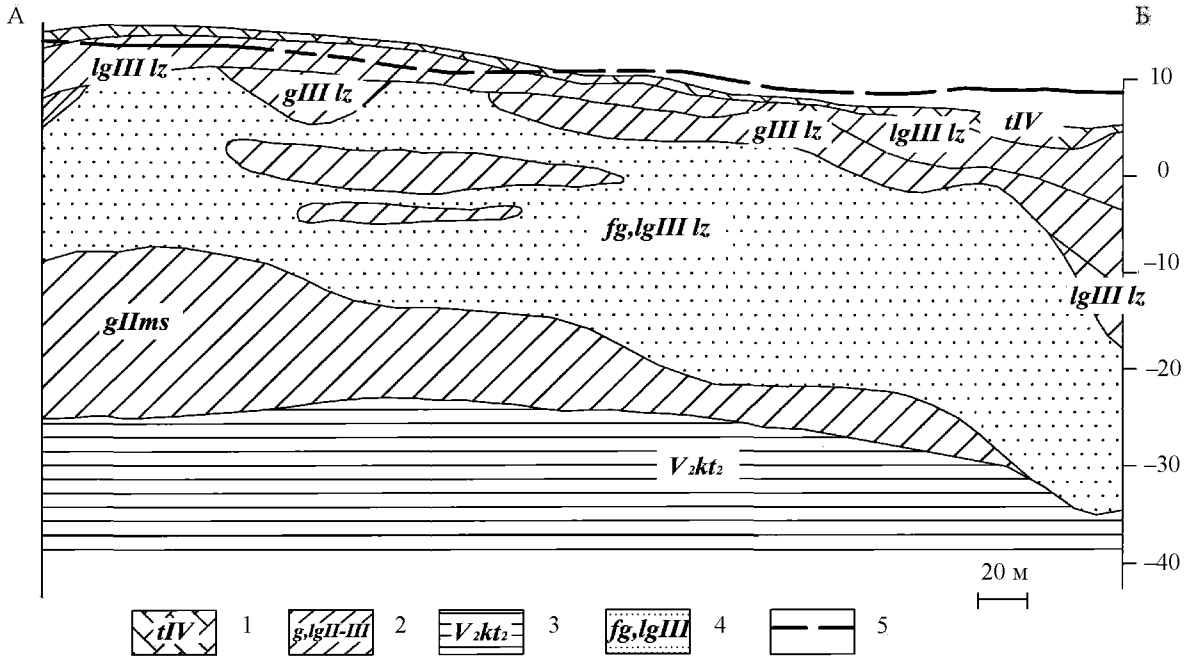


Рис.1. Схематический разрез полюстровского водоносного горизонта:

1 – техногенные образования; 2 – четвертичные водоупоры; 3 – дочетвертичный водоупор – верхнекотлинские глины венда; 4 – водовмещающие породы полюстровского горизонта; 5 – пьезометрическая поверхность полюстровского горизонта

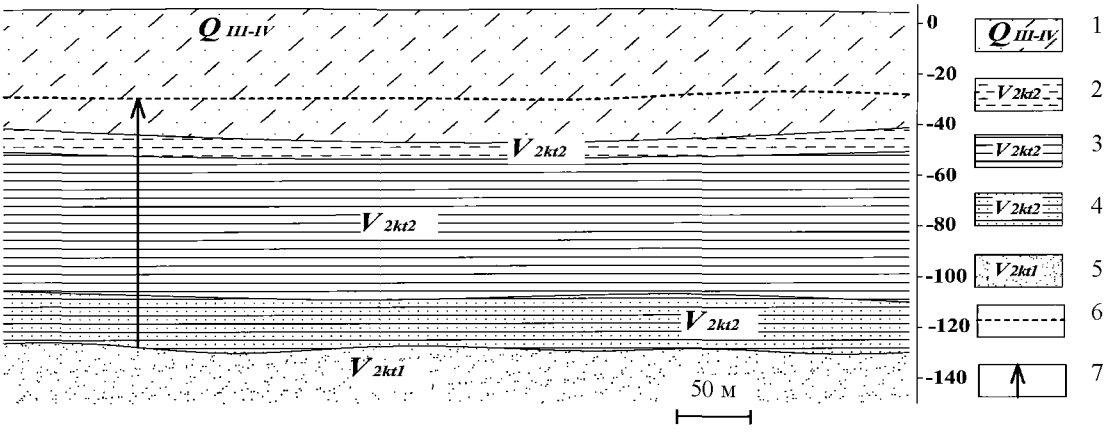


Рис.2. Схематический разрез рассматриваемой локальной зоны:

1 – песчано-глинистые отложения; 2 – дислоцированные глины; 3 – глины; 4 – толща переслаивания глин и песчаников; 5 – песчаник с тонкими прослоями глин; 6 – пьезометрическая поверхность нижнекотлинского водоносного горизонта; 7 – напор нижнекотлинского водоносного горизонта

котлинских глин подтверждает отсутствие на рассматриваемом участке увеличения прочности глинистой толщи с глубиной, что связано с наличием скрытых дефектов в глинистых породах (см. таблицу).

Для оценки устойчивости этих отложений in situ в основании тяжелых сооружений можно рекомендовать использование критерия квазисплошности и квазиоднородности. При росте отношения ширины проектируемого сооружения (B) к размеру блока трещиноватой породы (l) наблюдается снижение прочности породы с выходом на постоянное значение. При соотношении $B/l > 20$

трещины мало влияют на изменение параметров сопротивления сдвигу и несущую способность трещиноватого массива [1].

Изменения модуля общей деформации и параметров сопротивления сдвигу верхнекотлинских глин венда по глубине

Глубина, м	Модуль общей деформации, МПа	Параметры сопротивления сдвигу	
		Сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град.
40-50	10-30	–	–
50-60	10-97	0,40-0,50	17-19
60-70	12-179	0,22-0,41	13-15
70-80	12-106	0,29-0,63	12-16
80-90	13-72	0,16-0,54	12-20
90-100	34-108	0,25-0,47	16-20
100-110	36-107	0,25-0,50	14-20
110-120	31-215	0,31-0,51	16-22

При анализе условий эксплуатации высотных сооружений необходимо учитывать влияние нижнекотлинского водоносного горизонта на фундаменты и напряженно-деформируемое состояние массива основания. В рассматриваемом районе кровля горизонта вскрывается на глубине от 119 до 140 м, а минерализация вод достигает 5 г/л. Напор этого горизонта составляет 95-100 м и продолжает подниматься. Воды по составу – хлоридные натриевые.

Действующие высокие напоры определяют повсеместное восходящее перетекание минерализованных вод через толщу трещиноватых глин, интенсивность процесса зависит от проницаемости глин и градиента напора. Поднимаясь по трещинам, напорные воды будут оказывать на верхнекотлинские глины физико-химическое, химическое и биохимическое действие, что приведет к изменению их состояния и свойств, а также напряженно-деформируемого состояния массива. Доказательством реальности перетекания минерализованных хлоридных натриевых вод служат результаты выполненных наблюдений в перегонных тоннелях метрополитена, которые пройдены в верхнекотлинских глинах венда. При действии хлоридно-натриевых вод под напором более 0,3 МПа, бетоны фундаментов становятся проницаемы для ионов хлора и натрия, которые, проникая в поры бетона, вызывают образование легко растворимых соединений, а также коррозию стальной арматуры [2].

Кроме того, при взаимодействии хлоридно-натриевых вод с тонкопористыми блоками верхнекотлинских глин относительного водоупора происходит реакция физико-химического поглощения (ионного обмена). Находящиеся в диффузном слое глин кальций и магний обмениваются на натрий. Рост содержания натрия в обменном комплексе глин приводит к разрушению агрегатов частиц, повышению содержания тонкодисперсных фракций, что способствует возрастанию степени гидрофильности и пластичности породы в блоке и снижению ее прочности.

Устройство буронабивных свай, связанных с проходкой скважин большого диаметра, может вызвать рост трещиноватости глин за счет разгрузки массива, что определит рост коэффициента фильтрации. В отдельных нетрещиноватых блоках коренных глин коэффициент фильтрации составляет 10^{-5}-10^{-6} м/сут, в массиве повышается на 2-3 порядка, а в зонах тектонических разломов может возрасти до 10^{-1}-10^{-2} м/сут.

Таким образом, при проектировании высотных зданий необходимо обоснование выбора места их размещения вне зон тектонических разломов и глубоких частей палеодолин. Под действием высоких давлений от сооружений возможно развитие длительных деформаций, что приведет к росту осадок и их неравномерности. В таком случае можно говорить об использовании сплошных (плитных) фундаментов, которые должны проектироваться с использованием параметров квазисплошности и квазиоднородности массива in situ при анализе устойчивости системы сооружение – глинистые породы основания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дашко Р.Э.* Механика горных пород. М.: Недра, 1987. 264 с.

2. *Дашко Р.Э.* Загрязнение подземного пространства как фактор развития техноприродных процессов (на примере Санкт-Петербурга) / Р.Э.Дашко, А.А.Александрова // Материалы годичной сессии Научного совета РАН по

проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии «Сергеевские чтения X». М.: ГЕОС, 2008. С.62-66.

3. *Дашко Р.Э.* Инженерно-геологические особенности коренных глин Санкт-Петербурга как среды для размещения подземных сооружений / Р.Э.Дашко, А.А.Еремеева // Материалы Международного симпозиума «Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий». Екатеринбург: Аква-Пресс, 2001. С.675-681.

REFERENCES

1. *Dashko R.E.* Rock mechanics. Moscow: Nedra, 1987. 264 p.

2. *Dashko R.E., Aleksandrova A.A.* Pollution of underground space as the development factor of technogenic processes (on an example of St.-Petersburg) // Materials of annual session of Scientific council of the Russian Academy of Sciences on problems of geoecology, engineering geology and hydrogeology «Sergeevsky readings X». Moscow: GEOS, 2008. P.62-66.

3. *Dashko R.E., Yeremeyeva A.A.* Engineering-geological features of St.-Petersburg bedrock clays as environment for placing of underground constructions // Materials of the International symposium «Engineering-geological problems of the urbanised territories». Ekaterinburg: Akva-press, 2001. P.675-681.

Научный руководитель д-р геол.-минерал. наук, профессор *Р.Э.Дашко*