УДК 624.131.1

А.М.ЖУКОВА
Геолого-разведочный факультет, группа РГОм-02

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Рассматриваются возможности использования коренных пород осадочного чехла Санкт-Петербурга в качестве основания высотных зданий. Анализируется влияние подземного рельефа кровли коренных пород верхнего венда, сформированного палеодолинами, на особенности инженерно-геологического разреза основания. Приведены обобщенные показатели трещиноватости и физико-механических свойств верхнекотлинских глин верхнего венда и нижнекембрийских глинистых отложений, позволяющие оценить несущую способность этих грунтов. Даны рекомендации по возможности использования различных типов фундаментов в зависимости от инженерно-геологического разреза.

Opportunities of radical breeds of sedimentary cover usage in St.-Petersburg as the basis of high-altitude buildings are considered in the paper in compressed form. Influence of a underground relief of a radical breeds roof of late Vendian, generated by buried bottomlands, on feature of an engineering-geological cut of the basis is analyzed. The generalized parameters of jointing and physic mechanical properties of top-kotlin clay of late Vendian and early Cambrian clay adjournment are resulted, allowing to estimate bearing ability of these soils. Recommendations whenever possible uses of various types of the bases depending on an engineering-geological cut are given.

В настоящее время в Санкт-Петербурге под высотными зданиями понимаются сооружения, высота которых более 75 м, а отношение высоты к ширине составляет 3 и более. Подобные сооружения в Санкт-Петербурге функционируют в виде единичных примеров. Вместе с тем, во многих мегаполисах высотные здания, в том числе причисляемые к небоскребам, служат предметом гордости и престижа. Первое высотное здание было построено в Чикаго (США) в 1884 г. Самый высокий небоскреб в мире сейчас – башня Бержд Дубаи (проектная высота 818 м).

В Санкт-Петербурге существует серьезная проблема обоснования достаточно надежного основания, которое будет гарантировать безопасность строительства и эксплуатации таких зданий, а также выбор оптимальных по технико-экономическим критериям фундамента и наземных конструкций, поскольку прочные скальные породы залегают на глубине от 180 м и более.

Исходя из мирового опыта строительства небоскребов, возможно применение нескольких технологий устройства фундаментов в соответствии с инженерно-геологическими условиями подземного пространства Санкт-Петербурга (табл.1). При использовании массивных опускных колодцев и кессонных фундаментов появляется возможность более полного использования подземного пространства за счет дополнительных площадей внутри здания ниже дневной поверхности.

В Санкт-Петербурге наиболее надежным основанием для высотных зданий будут служить осадочные толщи коренных пород (от верхнего венда до среднего ордовика), схематическая карта распространения которых показана на рис.1. Котлинские глины и песчаники верхнего венда распространены на большей части территории города, нижнекембрийские синие глины залегают в его южной части, отложения нижнего и среднего ордовика – известняки и доломиты – в юго-западной части. Таким образом, на рассматриваемой территории в разрезе преобладают глинистые отложения.

Таблица 1

Возможности применения различных фундаментов

Тип фундамента	Возможность применения в зависимости от инженерно-геологического разреза	Использование в пределах Санкт-Петербурга	Примечание
Буровые сваи большого диаметра и буровые опоры	Глубина залегания скальных и полускальных пород менее 120-150 м	Невозможно, глубина залегания скальных пород более 180 м, сваи погружаются в нижнекотлинский горизонт	Для высотных зданий несущим горизонтом могут служить породы с модулем деформации $E_0 > 100$ МПа
Массивные опускные колодцы	Современная глубина опускания до 150 м	В пределах территорий, где отсутствуют неустойчивые грунты, способные «наплывать» во внутреннюю полость фундамента	Есть опыт строительства очистных сооружений. Глубина опускания до 70 м в коренных глинах в Санкт-Петербурге
Кессонные фундаменты	Глубина опускания зависит от условий выемки грунта (человеческий труд или автоматизированная система выемки грунта)	Возможно при наличии в верхней части разреза неустойчивых грунтов (плывунов и тиксотропных разностей)	Есть опыт строительства береговых устоев мостов в 19-20 вв. в Санкт-Петербурге
Жесткие плиты при условии быстрой замены веса вынутой породы весом сооружения	Глубина заложения фундамента в слабых грунтах не должна превышать 12-15 м	Возможно использовать в слабых грунтах при большой площади фундаментов, чтобы избыточное давление не превышало 0,15-0,20 МПа	Отсутствует опыт строительства в Санкт-Петербурге. В мировой практике высотного строительства с 1957 г.

Толща как вендских, так и нижнекембрийских глин характеризуется зональным строением по глубине, каждая из зон имеет свою интенсивность трещиноватости (табл.2),

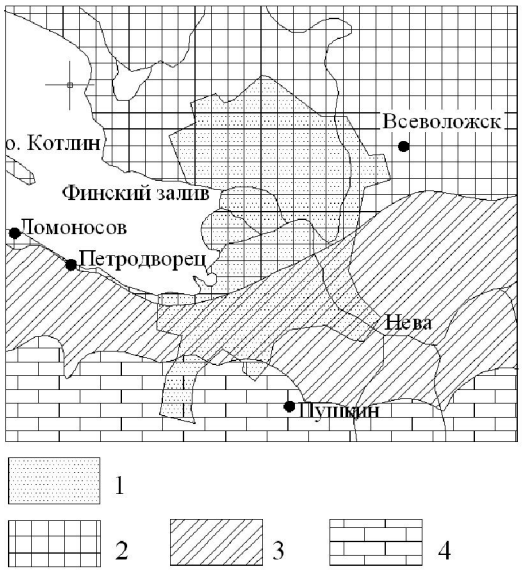


Рис.1. Схематическая карта развития коренных отложений на территории Санкт-Петербурга

1 – территория Санкт-Петербурга; 2 – верхнекотлинские глины венда; 3 – нижнекембрийские отложения; 4 – отложения нижнего и среднего ордовика

диапазон изменения влажности и параметров сопротивления сдвигу, наиболее дезинтегрированы эти глины в узлах тектонических разломов. На контакте котлинской толщи с четвертичными отложениями прослеживается зона гляциодислокации мощностью до 10 м с пониженными параметрами механических свойств. Наличие трещиноватости предопределяет повышение проницаемости глин на два порядка и более, снижение их сопротивления сдвигу и рост деформационной способности. Параметры сопротивления сдвигу вендских глин с учетом трещиноватости приведены в табл.3. Таким образом, при проектировании зданий прежде всего необходимо выделить ту зону, в пределах которой будет производиться оценка степени их трещиноватости и физико-механических свойств.

При рассмотрении разреза вендских отложений как основания высотных зданий необходимо учитывать наличие или отсутствие погребенных долин, прорезающих на различную глубину котлинскую толщу (рис.2). Котлинская толща рассматривается в большинстве случаев как трехслойная по литологическим особенностям.

Таблица 2

Изменение степени трещиноватости и влажности верхнекотлинских и синих глин по глубине

Зона	Слой	Глубина от кровли глин, м	Размер блока, м	Диапазон изменения влажности, %
		Верхнекотлинские глины венда		
I	1	0-20	0,1-0,5	12-23
II	2	20-40	0,5-0,7	10-20
	3	40-60	0,7-1,0	10-19
	4	60-75	1,2	10-17
	5	> 75	> 1,2	9-15
		Нижнекембрийские синие глины		
I	1	0-3	0,08-0,25	23-28 (25-32)
II	2	3-10	0,25-0,40	21-25 (22-29)
	3	10-20	0,38-0,60	17-21 (19-26)
	4	20-30	0,40-0,85	16-20 (18-24)
	5	30-40	0,60-0,90	16-19 (17-23)
	6	> 40	1,0-1,40	15-18 (17-23)

Примечание. В скобках указаны значения в зонах тектонических разломов.

Таблица 3

Закономерности изменения параметров сопротивления сдвигу верхнекотлинских глин

Глубина, м	Параметры сопротивления сдвигу			
	C, МПа		φ, град	
	В блоке	В массиве	В блоке	В массиве
0-10	0,18 (0,14)	0,13 (0,05)	5 (2)	5 (2)
10-20	0,30 (0,05)	0,12 (0,02)	24 (18)	24 (18)
20-30	1,40 (0,82)	0,60 (0,33)	22 (11)	22 (11)
30-40	2,04 (1,10)	1,82 (0,56)	23 (18)	23 (18)
40-60	2,80 (1,90)	1,12 (0,62)	23 (19)	23 (19)

Примечание. В скобках указаны значения в зонах тектонических разломов.

В верхней части – верхнекотлинские глины, под которыми залегает толща переслаивания глин и песчаников (средняя зона), в нижней части она представлена нижнекотлинскими песчаниками, к которым приурочен горизонт высоконапорных вод с минерализацией 3-5 г/л и величиной напора 95-100 м. При глубине вреза погребенных долин 50-60 м пласт верхнекотлиских глин размыт практически на всю мощность. Следовательно, в основании сооружений будет прослеживаться разуплотненная трещиноватая толща переслаивания глин и песчаников (средняя зона).

Разрез котлинских отложений с точки зрения основания высотных зданий можно разделить на три типа: 1-й тип – толща расположена вне зон погребенных долин. В данном случае в качестве фундаментов могут применяться массивные опускные колодцы либо кессонные фундаменты, в зависимости от устойчивости вышележащей четвертичной толщи. Второй тип – склон погребенных долин, является более

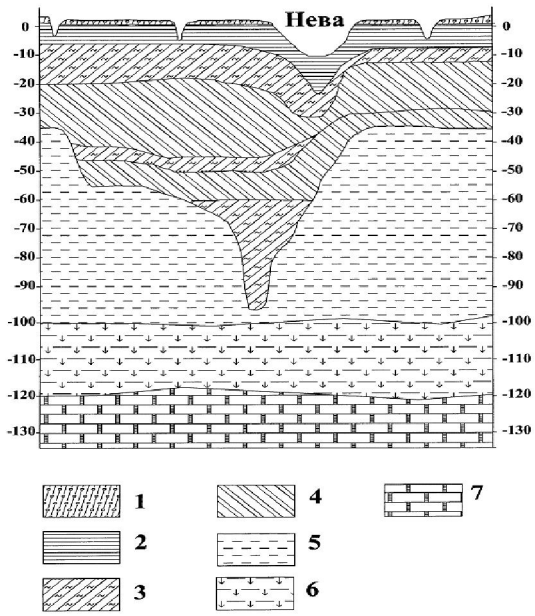


Рис.2. Схематический разрез палеодолины под р.Невой

1 – техногенные образования; 2 – озерно-морские отложения; 3 – межморенные отложения; 4 – моренные отложения; 5 – верхнекотлинские глины; 6 – толща переслаивания глин и песчаников; 7 – нижнекотлинские песчаники

сложным с инженерно-геологической точки зрения. Кровля залегает на больших глубинах, ее отметки по площадке строительства могут значительно различаться и соответственно изменяется мощность четвертичных отложений и возрастает вероятность наличия в их разрезе неустойчивых грунтов. Возможным решением могут быть кессонные фундаменты. Третий тип – это тальвеговые зоны глубоких погребенных долин. При исследовании подземных сооружений, пройденных в котлинской толще над высоконапорным нижнекотлинским горизонтом, повсеместно фиксируется восходящее перетекание минерализованных вод. Использование свайных фундаментов в этом случае исключается, поскольку при восходящей фильтрации значительно снижается трение свай по боковой поверхности. Минерализованные хлоридно-натриевые воды при контакте с бетонами фундаментов будут оказывать негативное влияние на их прочность.

При использовании в качестве основания нижнекембрийских синих глин, мощность которых 100-120 м, в качестве оптимальных решений могут быть предложены два типа фундаментов – фундамент-плита при условии быстрой замены веса вынутой породы весом сооружения и массивный опускной колодец.

Отложения ордовика как основания для высотных сооружений представлены в верхней части разреза закарстованными, трещиноватыми известняками и доломитами с прослоями мергелей. К этим отложениям приурочен водоносный горизонт. Показатели физико-механических свойств ордовикских известняков и доломитов близки между собой:

Плотность, г/см^3	2,26-2,45
Пористость, %	14,3-20,2
Водопоглощение, %	4,0-6,9
Параметры сопротивления сдвигу:	
Сцепление в блоке (в массиве), МПа	3,2-10,7 (2,26-2,45)
Угол внутреннего трения в блоке (в массиве), град	14,3-20,2 (4,0-6,9)

Для возведения высотных зданий на таких породах можно рекомендовать использование плитного фундамента, при наличии на участке строительства закарстованных пород необходимо производить их инъекционное закрепление.

Расчетные сопротивления коренных пород для фундамента-плиты шириной 30 м:

Порода	Глубина заложения фундамента, м	Расчетное сопротивление, МПа
Верхнекотлинские глины	65	8,1
Верхнекотлинские глины в зоне разломов	65	3,9
Кембрийские синие глины	35	2,0
Ордовикские известняки и доломиты	6	2,0

Допускаемое давление на основание по величине расчетного сопротивления для рассмотренных пород значительно превышает давление от высотных зданий, составляющее 0,6-0,9 МПа, что гарантирует отсутствие развития пластических деформаций, влияющих на неравномерность развития осадок сооружений в основании. Однако необходимо учитывать, что коренные глинистые породы характеризуются высокой чувствительностью к изменению физико-химических и биохимических условий, а также активизации микробной деятельности.

Научный руководитель д-р г.-м. н. проф. *Р.Э. Дашко*