УДК 624.131.3

Т.Н.НИКОЛАЕВА, Л.П.НОРОВА, Г.Б.ПОСПЕХОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*), *Россия*

АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОЛИГОНА СПГГИ (ТУ) В ПОСЕЛКЕ КАВГОЛОВО

Новая инновационная программа Горного института предусматривает организацию круглогодично действующего полигона в пос.Кавголово Ленинградской области. На нем планируется строительство новых корпусов для обучения и проживания студентов. Для осуществления строительства проведены исследования силами сотрудников кафедры гидрогеологии и инженерной геологии СПГГИ (ТУ) совместно с изыскательской организацией «СУ-299». На основании анализа архивных и литературных источников и результатов изысканий оценены инженерно-геологические условия и гидрогеологическое строение полигона, получены показатели физико-механических свойств песчано-глинистых пород основания проектируемых зданий. Материалы будут использованы при проведении учебной практики со студентами специальности «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания».

The new innovative program of the Saint-Petersburg State Mining Institute provides the organization of all-the-year-round operating range in Kavgolovo of the Leningrad region. There are new buildings for training and residing of students will be construct. Hydrogeology and engineering geology department of Mining Institute together with the prospecting organization «SU-299» were carried out the researchers for the construction of the buildings. The archival and literature data, results of the researches of engineering-geological conditions and a hydrogeological structure of Kavgolovo range were analyzed. The parameters of mechanical-and-physic properties of sandy-argillaceous rocks of the buildings rafts were obtained. The materials will be used during the field training with students of a specialty «Underground waters exploration and engineering-geological researches».

В рамках реализации Горным институтом инновационной образовательной программы в 2006 г. с целью повышения уровня подготовки студентов геологических специальностей были начаты работы по организации круглогодично действующих учебно-производственных полигонов. На одном из них, расположенном в пос. Кавголово Ленинградской области, в связи со строительством новых учебно-лабораторного и жилого корпусов, кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии СПГГИ (ТУ)* при помощи ООО «СУ-299» были проведены изыскательские работы. Результаты этих исследований позволили получить достоверную информацию об инженерно-геологических условиях строительства зданий, выявить особенности строения верхней части четвертичной толщи на территории полигона, а также установить причины возможного развития опасных геологических процессов и явлений вследствие увеличения техногенной нагрузки на геологическую среду. Все это послужит обоснованию видов и методик полевых исследований, осваиваемых студентами специальности «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» в период прохождения ими учебной практики на данной территории.

Орографической особенностью рассматриваемого региона является наличие в пределах пологоволнистой озерно-ледниковой равнины обособленных возвышенностей, зани-

* Лабораторные исследования выполнены при участии Ж.В.Кравцовой и М.Г.Стуккей.

мающих господствующее положение в рельефе. Облик этих возвышенностей характеризуется расчлененным рельефом: скопление холмов, чередующихся замкнутыми бессточными западинами. Вдоль подножия возвышенностей наблюдается несколько террасовых ступеней. В понижениях рельефа этих террас у подножий с послеледникового времени сохранились озера разного размера (например, Кавголовское и Хепо-Ярви у Токсовской возвышенности).

Территория учебного полигона приурочена к Токсовской возвышенности, которая имеет субмеридиональную протяженность более 20 км, абсолютную отметку вершин до 105 м с относительным превышением 35-50 м. У подножия возвышенности располагается впадина Кавголовского озера, которое рассматривается как реликт локального озерно-ледникового водоема последней лужской стадии валдайской ледниковой эпохи и послеледниковых стадий Балтики.

Как известно, характерной особенностью разреза рассматриваемых площадных возвышенных участков Карельского перешейка, а также изолированных водно-ледниковых форм рельефа является значительная (до 80 м) мощность четвертичных отложений. В верхней части разреза наибольшее развитие получили отложения региональных приледниковых озер, сформировавшихся в период деградации ледника при его таянии. Основная масса мощных озерно-ледниковых толщ Токсовской возвышенности сложена песчано-супесчаным материалом. Пески преимущественно мелко-, тонкозернистые и пылеватые, светлых тонов серого и коричневато-желтого цветов, полевошпатово-кварцевые, хорошо отсортированные, с редкими включениями гравия и гальки. Местами фиксируется отчетливо выраженная горизонтальная слоистость, причем она часто подчеркивается полосами и разводами гидроксидов железа. Иногда в верхних слоях встречаются ржаво-бурые сцементированные железистыми растворами маломощные песчаные прослои. Существенная роль в этих разрезах принадлежит серым пылеватым супесям. Мощность озерно-ледниковых образований обычно велика и составляет 40 м и более.

Озерно-ледниковая толща подстилается почти повсеместно лужской мореной. Глубина положения кровли морены колеблется в весьма широком диапазоне, что обусловлено неровным характером ее первоначального рельефа, последующими процессами размыва и условиями осадконакопления.

Площадка строительства учебно-лабораторного корпуса находится на неровной поверхности нижней террасовой ступени с относительным превышением ее над уровнем Кавголовского озера 1,6-5,2 м.

В пределах глубины бурения до 17,5 м вскрыта песчано-супесчаная толща озерно-ледниковых образований (*lg*III), в которой выделены следующие слои (сверху вниз):

– пески пылеватые, рыхлые до средней плотности, являющиеся водовмещающими породами верхнего грунтового водоносного горизонта (ИГЭ-2); мощность выделенного слоя изменяется от 2,4 до 3,7 м;

– супеси серого, буровато-серого цвета, пылеватые, с прослоями песка пылеватого и суглинка, пластичные, мощностью от 3,5 до 4,9 м (ИГЭ-3);

– супеси сильнопылеватые (алеврит) с прослоями песка пылеватого, серого цвета, тиксотропные, текучие; мощность слоя достигает 4 м (ИГЭ-4);

– пески мелкие, реже – средней крупности, с включениями гальки и гравия в подошве пласта, средней плотности; вскрытая мощность рассматриваемых отложений составляет от 2,5 до 5,5 м (ИГЭ-5).

Согласно результатам исследований отмечается определенная закономерность по глубине разреза, выражающаяся как в изменении цвета, так и в увеличении содержания пылеватой фракции. Верхние горизонты озерно-ледниковых отложений серо-коричневого цвета с желтоватыми и охристыми разводами. В нижней части толщи выделяются разности серого цвета без признаков ожелезнения.

Озерно-ледниковые пески слоя ИГЭ-2 в верхней части разреза классифицируются как песок пылеватый, реже мелкий. Среди песчаных фракций преобладают мелкие и тонкопесчаные частицы. Пески неоднородные (коэффициент неоднородности C_u из-

Таблица 1

Нормативные показатели физико-механических свойств грунтов площадки строительства учебно-лабораторного корпуса

Наименование грунта	Номер ИГЭ	Плотность ρ, г/см^3	Природная влажность W_e, доли единицы	Показатель текучести I_L, доли единицы	Модуль деформации E, МПа	Угол внутреннего трения φ, градус	Удельное сцепление C, МПа
Песок светло-коричневый с пятнами охристого и серого цвета, пылеватый, рыхлый и средней плотности	2	Средняя	-	-	20	30	0,004
Супесь серая, пылеватая, тиксотропная, участками ожелезненная, с прослоями песка пылеватого серого и суглинка темно-серого, пластичная	3	2,02	0,234	0,79	10	23	0,019
Супесь сильнопылеватая с прослоями песка пылеватого (алеврит) серого цвета, водонасыщенная, с зонами сильного ожелезнения, текучая	4	1,99	0,256	1,03	9	22	0,015
Песок светло-коричневый, пятнами серый, мелкий, с прослоями песка пылеватого и супеси, средней плотности, водонасыщенный	5	Средняя	-	-	29	33	0,002

Примечание. Геологический индекс *lg*III

меняется от 4 до 5), рыхлые и средней плотности.

Озерно-ледниковые супеси характеризуются как супесь пылеватая (ИГЭ-3) и супесь сильнопылеватая (ИГЭ-4). При одинаковом содержании глинистой фракции (в среднем 6-7 %) в слое 4 содержание пыли превышает 80 %. Число пластичности в соответствии с распределением глинистой фракции варьирует от 0,031 до 0,07. Средние значения плотности составляют 2,02 г/см^3 (ИГЭ-3) и 1,99 г/см^3 (ИГЭ-4), коэффициент пористости – соответственно 0,649 и 0,682. Средняя природная влажность по разрезу увеличивается от 0,234 (ИГЭ-3) до 0,256 (ИГЭ-4), при этом консистенция меняется от пластичной до текучей.

Согласно результатам сдвиговых испытаний, параметры прочности песков и супесей характеризуются следующими значениями: φ = 30º, C = 0,004 МПа для ИГЭ-2; φ = 23º, C = 0,019 МПа для ИГЭ-3; φ = 22º, C = 0,015 МПа для ИГЭ-4. Модуль общей деформации для указанных слоев составляет соответственно 20, 10 и 9 МПа. Нормативные показатели деформационных и прочностных свойств грунтов определены по лабораторным данным с учетом ТСН 50-302-04 и СНиП 2.02.01-83* (табл.1).

В нижней части озерно-ледниковой толщи вскрыт песок светло-коричневый, пятнами серый, мелкий, с прослоями песка пылеватого и супеси, средней плотности, водонасыщенный, который является водовмещающим для напорного водоносного горизонта (ИГЭ-5).

Подстилающие озерно-ледниковую толщу моренные суглинки лужской стадии оледенения (*g*III*vd*) в пределах полигона были вскрыты в 1960-1970 годах гидрогеологическими скважинами на глубине 20,4 м.

Верхний безнапорный водоносный горизонт мощностью 4-5 м сложен мелкозернистыми озерно-ледниковыми песками, водоупорные породы – супесями. Уровень грунтовых вод зафиксирован на глубине 2 м от поверхности земли. Этот горизонт гидравлически связан с Кавголовским озером, расположенным в непосредственной близости от участка проектируемого строительства. По данным опытных откачек, коэффициент фильтрации песков горизонта грунтовых вод составляет 2-3 м/сут. Питание горизонта осуществляется атмосферными осадками, разгрузка – непосредственно в Кавголовское озеро.

Нижний напорный водоносный горизонт приурочен к мелко- и среднезернистым пескам (участками к пылеватым разностям)

мощностью 11 м (по архивным материалам). В кровле водоносного горизонта залегают супеси, в подошве – валунные суглинки. По данным ранее пробуренных скважин, напор составляет 6,0-6,2 м, пьезометрический уровень приближается к уровню грунтовых вод и глубина залегания составляет 1,8-2,0 м. Коэффициент фильтрации песков напорного водоносного горизонта равен 5-6 м/сут.

Данные о химическом составе подземных вод грунтового водоносного горизонта представлены в табл.2. По органолептическим показателям анализируемая вода прозрачная, без цвета и запаха; по химическому составу – пресная, гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-натриевая, очень мягкая, характеризуется содержанием железа, приближающимся к границе ПДК (0,3 мг/л). Присутствие иона аммония, агрессивной углекислоты и значительная окисляемость свидетельствуют о загрязнении подземных вод бытовыми стоками, содержащими техногенную органику. По отношению к бетону марки *W*4 нормальной проницаемости в соответствии со СНиП 2.03.11-85 вода является слабоагрессивной по водородному показателю, слабоагрессивной по содержанию агрессивной углекислоты и слабоагрессивной по бикарбонатной щелочности.

Таблица 2

Химический анализ воды

Показатель	Количество
$Na^{++}K^{+}$	29,44 / 55,9
Ca^{2+}	16,00 / 34,9
Mg^{2+}	2,44 / 8,7
Fe^{2+} и Fe^{3+}	0,3 / 0,4
NH_4^+	Следы
Cl^-	12,50 / 15,3
SO_4^{2-}	50,00 / 45,4
HCO_3^-	54,90 / 39,3
Сухой остаток, мг/л	165,6
pH	6
Окисляемость, мг/л	11,0
CO_2 свободная, мг/л	37,6
Жесткость общая, мг-экв/л	1,0
Жесткость карбонатная, мг-экв/л	0,9
Щелочность, мг-экв	0,9

Примечание. Ионный состав в числителе указан в миллиграммах на литр, в знаменателе – в процент-эквивалентах.

Специфика химического состава грунтовых вод должна быть учтена при использовании их для хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также при устройстве фундаментов зданий и прокладке подземных коммуникаций.

Строительство жилого корпуса планируется на территории, расположенной на высокой террасовой ступени и возвышающейся над озерной котловиной на 10-15 м. Поверхность площадки неровная, имеет изолированные невысокие бугры и разделяющие их ложбины; относительный перепад высот составляет 0,5-2,5 м. С юго-востока и юго-запада площадка ограничена залесенными склонами, наиболее крутой из которых, спускающийся к грунтовой дороге, находится в юго-восточной части.

В геологическом отношении терраса до глубины 12 м сложена комплексом песчано-глинистых отложений озерно-ледникового генезиса, подразделенных по данным бурения и лабораторных определений на следующие слои (сверху вниз):

1) пески светло-коричневого цвета, мелкие, с редкими включениями гравия, маловлажные, рыхлые, с прослоями супеси; мощность выделенного слоя изменяется от 2,5 до 4,8 м, причем наибольшее значение приурочено к разуплотненной юго-восточной склоновой части площадки;

2) пески светло-коричневого цвета, средней крупности, влажные, средней плотности сложения; мощность изменяется от 2,7 до 5,0 м;

3) супеси светло-коричневые, с пятнами серого цвета, сильнопылеватые, с прослоями песка, тиксотропные, пластичные; вскрытая мощность слоя составляет 2,3 м;

4) супеси слоистые, светло-коричневые, с прослоями серой супеси, содержащие линзы и прослойки песка серого с частыми вкраплениями ржавого цвета, пластичные; вскрытая мощность слоя составляет 2,4-4,3 м.

Песчаным отложениям свойственны низкая влажность, малая степень уплотненности, увеличивающаяся с глубиной. По гранулометрическому составу это, преимущественно, мелко- и среднезернистые неоднородные разности (C_u изменяется от

3,0 до 6,0). Неоднородность песков сказывается на показателях прочности и деформируемости. Верхний слой песка оценивается параметрами прочности $\varphi = 31°$, $C = 0{,}009$ МПа и модулем деформации $E = 12$ МПа, а подстилающий, соответственно, $\varphi = 32°$, $C = 0{,}005$ МПа и $E = 17$ МПа.

Глинистые отложения по гранулометрическому составу классифицируются как супеси пылеватые и супеси песчанистые. При одинаковом количестве (в среднем 4-5 %) в этих слоях глинистой фракции содержание частиц размером 0,05-0,002 мм в пылеватой супеси увеличивается до 78 %. Число пластичности варьирует от 0,065 до 0,07, плотность в среднем составляет 1,98-2,00 г/см^3, коэффициент пористости для пылеватой супеси равен 0,704, уменьшаясь до 0,631 для песчанистой. Параметры прочности и модуль деформации характеризуются следующими значениями: $\varphi = 20°$, $C = 0{,}018$ МПа, $E = 11$ МПа (супесь пылеватая) и $\varphi = 22°$, $C = 0{,}021$ МПа, $E = 13$ МПа (супесь песчанистая).

Коэффициент фильтрации песков мелких и средней крупности, по данным лабораторных определений, варьирует от 1,5 до 8,2 м/сут; для супесей пылеватых и песчанистых коэффициент фильтрации может быть принят равным 0,1 м/сут и менее.

При бурении на верхней террасовой ступени уровень грунтовых вод не был зафиксирован, поскольку выдержанных водоупоров в основании изученной фильтрующей толщи нет. Однако на подобных возвышенных расчлененных участках в периоды ливневых дождей и снеготаяния могут формироваться временные горизонты типа верховодки со значительными колебаниями уровня.

Вследствие неоднородности гранулометрического состава песчано-глинистых отложений и при возникновении высоких гидравлических градиентов возможны разуплотнение пород и суффозионный вынос тонких и мелких частиц. Подрезка и пригрузка склонов, вырубка деревьев и кустарника и другие техногенные воздействия могут явиться причиной гравитационных смещений.

На основании анализа результатов изысканий можно заключить, что в разрезах нижней и верхней террас до глубины 12-15 м преобладают пески рыхлые и средней плотности от пылеватых до средней крупности, подстилаемые супесями невыдержанной мощности сильнопылеватыми, слоистыми, неравномерно сжимаемыми, малопрочными, часто тиксотропными. Подземные воды, как напорные, так и безнапорные, встречаются на низких террасах, имеют связь с поверхностными водоемами и при использовании в хозяйственно-питьевых целях должны быть надежно защищены от техногенных загрязнений. При устройстве фундаментов необходимо учитывать вероятную неравномерность осадки основания, близкое от дневной поверхности залегание напорного водоносного горизонта, возможность потери устойчивости пород вследствие явлений разуплотнения, суффозии и склоновых процессов.