

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ ТОЛЩ ОДИНЦОВСКОГО РАЙОНА К ВОЗДЕЙСТВИЮ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Г.Л. Кофф

НИИЦ «ГЕОРИСК»

Уланский пер., д. 13, стр. 4, Москва, Россия, 101100

Е.Н. Огородникова

Экологический факультет

Российский университет дружбы народов

Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

На основании литологического строения разрезов проведена типизация грунтовых толщ. По трем критериям — литологическому строению, гидрогеологическим условиям и степени сжимаемости — проведено ранжирование, выбраны критерии устойчивости и проведена систематизация. Выделены высокоустойчивые, устойчивые и низкоустойчивые типы.

Ключевые слова: грунтовые толщ, устойчивость, литология, высокая, гидрогеологические условия.

В настоящее время Одинцовский район Московской области интенсивно осваивается в связи со строительством и реконструкцией оздоровительных сооружений, некоторых промышленных объектов и особенно частного сектора. При проектировании и строительстве объектов различного назначения основной задачей, решаемой проектировщиками, строителями, а затем эксплуатационниками является обеспечение устойчивости зданий и сооружений на весь эксплуатационный период. Сооружение должно удовлетворять требованиям устойчивости, прочности и долговечности в соответствии со сроками эксплуатации. Это требование распространяется на грунты основания, поскольку потеря прочности основания вызывает потерю устойчивости и прочности сооружения, что, в свою очередь, определяет экологические последствия.

Целью проведенных исследований являлась систематизация грунтовых толщ и оценка их устойчивости на основании литологической характеристики пород и среднестатистических значений показателей физико-механических свойств слагающих их грунтов в зоне воздействия возводимых сооружений на глубину

до 10 м. В работе использованы материалы инженерно-геологических изысканий, проведенных на 110 объектах, расположенных на территории Одинцовского района.

Под грунтовой толщей, по Трофимову [1], будем понимать толщу горных пород и почв, слагающих верхнюю 10-метровую часть разреза различных геоморфологических элементов, которые находят в зоне активного воздействия сооружений массовых видов строительства (гражданского, дорожного, сельскохозяйственного, мелиоративного) или могут попасть в эту зону. Разрезы грунтовых толщ различаются по особенностям состава, строения и свойств слагающих их пород.

Одинцовский район расположен к западу от Москвы по берегам Москвы-реки и граничит с городом по Кольцевой автомобильной дороге. В геоморфологическом отношении район относится к области холмистой и пологоволнистой моренной возвышенности с абсолютными отметками 170—200 м, пересеченной долиной Москвы-реки. В долине реки выделяются три надпойменные террасы и пойма.

Геологическое строение изучаемой территории характеризуется преимущественным распространением пород четвертичного периода. Дочетвертичные отложения юрского возраста, представленные черными глинами, обнажаются в уступах слонов, подмываемых рекой. Каменноугольные отложения — известняки — выходят на поверхность в русле реки и ее притоков. Непосредственно на отложениях юрской и каменноугольной систем залегают четвертичные образования среднеплейстоценового возраста, сформированные деятельностью ледника и талых ледниковых вод, приуроченные к водораздельным пространствам и аллювиальные отложения верхнего звена плейстоцена и голоцена. Наибольшее распространение имеют отложения среднего плейстоцена [4; 7].

Гидрогеологические условия определяются принадлежностью территории к центральной части Московского артезианского бассейна. Эта крупная гидрогеологическая структура характеризуется трехэтажным строением. В связи с задачами проведенных исследований интерес представляет верхний структурный гидрогеологический этаж, который включает рыхлые нелитифицированные отложения четвертичной и юрской систем [6]. Первый от поверхности водоносный горизонт — горизонт грунтовых вод — распространен повсеместно и приурочен к песчаным толщам водно-ледниковых и аллювиальных отложений. Водоупорное основание представлено моренными суглинками или слабопроницаемыми юрскими глинами. Воды безнапорные, глубина залегания изменятся в зависимости от геоморфологических условий и строения разреза от 0 до 18—20 м.

Анализ результатов инженерно-геологических изысканий, проведенных на территории Одинцовского района, позволил выделить 10 типов грунтовых толщ. Тип грунтовой толщи характеризуется набором грунтов, которые относятся к классу дисперсных, с механическими и водно-коллоидными структурными связями [2]. Ниже приводится описание выделенных типов.

Однопородные грунтовые толщи

1. Однопородные грунтовые толщи представлены в описываемом районе аллювиальными и аллювиально-водноледниковыми отложениями III надпойменной террасы и аллювиальными отложениями II надпойменной террасы Москвы-

реки. Грунтовая толща на глубину до 10 м сложена преимущественно песками разнородными, в верхней части рыхлыми или средней плотности, вниз по разрезу плотными. Толща не обводнена. Плотность песков составляет 1,50—1,60 г/см³, коэффициент фильтрации 14—40 м/сут, модуль деформации 20—40 МПа в зависимости от плотности сложения, угол внутреннего трения 32—35°.

Двухпородные грунтовые толщи

II. Двухпородные грунтовые толщи имеют наибольшее распространение в Одинцовском районе. К ним относится толща покровных отложений, развитая на моренном основании, приуроченная к холмистой правобережной и пологоволнистой левобережной моренной возвышенности. Верхняя часть толщи мощностью от 0,5 до 2—3 м представлена покровными суглинками, однородными, пылеватыми, преимущественно не обводненными, значение плотности 1,99—2,07 г/см³, влажности 0,17—0,24, модуль деформации около 20 МПа, угол внутреннего трения 21—23°, сцепление 0,03 МПа. Непосредственно под покровными суглинками залегают отложения морены московского оледенения — красно-бурые суглинки с включениями грубообломочного материала и линзами песков. Толща не обводнена, однако песчаные линзы водонасыщены, воды характеризуются незначительным напором. Моренные суглинки характеризуются значениями плотности 2,16—2,25 г/см³, влажности 0,1—0,16, коэффициентом пористости 0,314—0,421, модулем деформации 30—35 МПа, сцеплением 0,039—0,40 МПа.

III. Толща, сложенная покровными отложениями на флювиогляциальном основании распространена на левобережье р. Москвы в пределах холмистой моренной возвышенности. Верхняя часть толщи — покровные суглинки, описанные выше, мощностью от 0,7 до 2,0 м, подстилаются песчаными флювиогляциальными грунтами времени отступления московского ледника. Пески в основном разной степени зернистости, плотности, слоистые, чередующиеся с прослоями легкой супеси, с включениями гальки. Оценка соотношения пылеватых и песчаных разностей в разрезе показывает преимущественное распространение последних.

Плотность песков — 1,80—1,90 г/см³, влажность 0,15—0,20, модуль деформации 28—30 МПа, для плотных разностей с включениями гравийно-галечникового материала 45—50 МПа, угол внутреннего трения 30—35°. Грунтовая толща не обводнена.

IV. Грунтовая толща, сложенная покровными отложениями на флювиогляциальном основании, распространенная на правом берегу Москвы-реки, в пределах водораздельных пространств. Верхняя часть толщи на глубину до 2,2 м сложена покровными суглинками, описанными выше, которые подстилаются флювиогляциальными грунтами времени отступления московского ледника. Флювиогляциальные отложения этой толщи представлены пылеватыми песчаными прослоями, чередующимися с супесчаными и суглинистыми разностями. Преобладание суглинистых прослоев в разрезе над пылеватыми отличает выделенный тип от описанного выше. На глубине около 10 м водно-ледниковые пески перекрывают моренные суглинки. Пылеватые пески характеризуются значениями плотности 1,75—1,80 г/см³, влажности 0,11—0,16, модулем деформации 14—16 МПа, углом внутреннего трения 28—30°. Суглинки мягкопластичные, плотность 1,90—1,95 г/см³, влажность 0,22—0,25, модуль деформации 15—17 МПа, угол внутреннего трения

21°, сцепление 0,01 МПа. Толща преимущественно не обводнена, однако при наличии в разрезе суглинистых прослоев на отдельных участках в районе пос. Кубинки грунтовые воды вскрыты на глубине до 1 м.

V. Двухпородная толща озерно-болотных грунтов на морене московского оледенения имеет локальное распространение и описана в районе пос. Кубинка. Верхняя часть толщи мощностью до 5 м представлена торфом, заторфованным суглинком, пылеватым суглинком и слоистым суглинком, водонасыщенными, сильносжимаемыми. Значение модуля деформации составляет 5—7 МПа. На глубине около 5 м развиты грунты, представленные моренными суглинками, состав и свойства которых описаны выше (толща II). Грунтовые воды расположены на глубине 0,3—0,5 м.

VI. Двухпородная толща озерно-болотных грунтов на флювиогляциальных песках времени отступления московского ледника развита в понижениях рельефа, обусловленных древними ложбинами стока. Верхняя часть толщи на глубину до 1,4—1,6 м представлена торфом и заторфованными песками, водонасыщенными, модуль деформации 1—5—7 МПа. Подстиляется заторфованная толща на глубину до 10 м песками разнозернистыми с прослоями супесей и суглинков, состав и свойства которых приведены при описании двухпородной грунтовой толщи, представленной покровными отложениями на флювиогляциальном основании. Глубина залегания грунтовых вод менее 3 м.

Многopодные грунтовые толщи

На изученной территории многопородные грунтовые толщи в основном характеризуются трехчленным строением.

VII. Грунтовая толща, представленная покровными суглинками, подстилающимися моренными суглинками. В основании толщи флювиогляциальные пески московско-днепровского времени. Этот тип грунтовой толщи распространен на правом и левом берегах Москвы-реки, на водораздельных пространствах. Покровные суглинки пылеватые полутвердой или тугопластичной консистенции мощностью от 0,5 до 2,5 м, значение плотности $1,95 \text{ г/см}^3$, влажность 0,15—0,17, модуль деформации 18—21 МПа, угол внутреннего трения $20\text{—}25^\circ$, сцепление 0,03—0,04 МПа. Моренные суглинки плотные, с включениями гравия и гальки мощностью от 1,5 до 5—6 м, характеризуются плотностью $2,16\text{—}2,25 \text{ г/см}^3$, модулем деформации 30—35 МПа углом внутреннего трения $20\text{—}23^\circ$, сцеплением 0,03 МПа. Флювиогляциальные пески разнозернистые, плотные с включениями гравелистого материала. Вскрытая мощность 1—2 м. Значения плотности песчаных грунтов изменяется в зависимости от содержания гравелистого материала от $1,14$ до $1,95 \text{ г/см}^3$, коэффициент фильтрации от 2 до 20 м/сут, модуль деформации 20—30 МПа, угол внутреннего трения $30\text{—}35^\circ$. Толща практически не обводнена, линзы песчаных грунтов, вскрытые при бурении в моренных отложениях сухие.

VIII. Грунтовая толща, представленная покровными суглинками, на флювиогляциальных песках времени отступления московского ледника, подстилающихся моренными суглинками, распространена на правом берегу р. Москва. Верхняя часть грунтовой толщи — покровные суглинки характеризуются мощностью 0,5—

2,5 м. Мощности флювиогляциальных песков 3—5 м. Состав и свойства грунтов этой грунтовой толщи аналогичны описанным выше, однако, присутствие в разрезе слабопроницаемых моренных суглинков обуславливает обводненность флювиогляциальных песков и способствует формированию водоносного горизонта на глубине 4—6 м, что определяет возможность подтопления.

IX. Покровные суглинки на флювиогляциальных песках времени отступления московского ледника, подстилающиеся озерно-ледниковыми глинистыми грунтами. Мощность покровных отложений, 1—3 м, водно-ледниковых песков 0,4—5,0 м. Состав и свойства этих разностей описаны выше, озерно-ледниковые отложения — суглинки тугопластичной и мягкопластичной консистенции, глины полутвердой консистенции, водонасыщенные, значения плотности 1,98—2,07 г/см³, модуль деформации менее 10 МПа, угол внутреннего трения 12—20°, сцепление 0,02—0,03 МПа. Наличие в разрезе местного водоупора приводит к обводнению флювиогляциальных и покровных грунтов, формированию местных водоносных горизонтов. Отметки уровня грунтовых вод в скважинах, пробуренных в этом типе грунтовой толщи, находятся на глубине менее 3 м.

X. Разнозернистая, пестрая по составу, обусловленная фациальными замещениями многопордная толща аллювиальных отложений поймы и I надпойменной террасы р. Москвы и ее притоков на юрских глинах или каменноугольных известняках. Верхняя часть толщи представлена аллювиальными грунтами: средними и легкими супесями, песками различной степени крупности и плотности, гравийно-галечниковым материалом. Мощность аллювиальных грунтов составляет 8—10 м, значения плотности 1,50—1,65 г/см³, модуль деформации 10—20 МПа. Толща аллювия подстилается черными тугопластичными юрскими глинами, характеризующимися плотностью 1,75—1,8 г/см³, модулем деформации 15—20 МПа, углом внутреннего трения 10—15°, сцеплением 0,02 МПа. В устьях небольших рек при впадении их в Москву-реку грунтовые толщи представлены комплексом аллювиальных грунтов на известняках каменноугольного возраста.

Приведенная систематизация выделенных грунтовых толщ позволяет перейти к оценке их устойчивости. Устойчивость системы определяется способностью восстанавливать исходное (или практически близкое к нему) состояние после какого-либо возмущения, проявляющегося в отклонении параметров системы от нормального значения. Под экологической устойчивостью территории, по Кюнцелю [5], будем понимать способность геологической среды сохранять и восстанавливать при природных и техногенных воздействиях показатели состава, структуры и свойств, непосредственно обеспечивающих нормальное развитие и функционирование всех компонентов биосферы, включая человеческое сообщество.

Отказы оснований и фундаментов зданий и других сооружений являются серьезной проблемой, так как их сохранность и безаварийная служба определяется комплексным воздействием таких факторов, как давление от нагрузки сооружений и состояние пород основания. Трансформация геологической среды, играющей роль основания или вмещающей среды сооружений при промышленном и строительном освоении территорий происходит весьма интенсивно за счет техногенного

воздействия на нее, реализуемого через статическую нагрузку от веса сооружений, динамическую нагрузку типа вибрации, непреднамеренное или преднамеренное изменение уровня грунтовых вод, а также тепловой поток от коллекторов, отапливаемых зданий, цехов промышленных предприятий [3]. Грунты основания в зависимости от их типа, физического состояния и прочности характеризуются различной предрасположенностью к развитию деформаций и переходу к разрушению. В соответствии с вышеизложенным целесообразно провести оценку устойчивости грунтовых толщ для изучаемого района.

Оценка и систематизация устойчивости грунтовых толщ Одинцовского района к воздействию строительства и эксплуатации сооружений проводилась методом экспертных оценок по трем критериям: строению разреза, уровню залегания грунтовых вод и сжимаемости грунтов (модулю деформации). Каждому критерию был присвоен определенный вес. Цифровые выражения критериев устойчивости, принятых при оценке грунтовых толщ, представлены в табл. 1.

Из трех перечисленных факторов строение разреза является наиболее существенным, так как определяет гидрогеологические условия, связанные с проницаемыми и слабопроницаемыми слоями. В совокупности строение разреза и его обводненность влияет на физико-механические свойства грунтов.

Строение разреза определяется однородной, двухпородной или многопородной грунтовыми толщами. Наиболее устойчивой является однородная толща, представленная песками, менее устойчивая двухпородная толща, сложенная покровными или болотными отложениями на моренном или флювиогляциальном основании. Сложное литологическое строение многопородной толщи отвечает ее наименьшей устойчивости.

По гидрогеологическим условиям степень устойчивости оценивалась также по трем критериям: уровень грунтовых вод на глубине до 3 м — наиболее неустойчивый тип; глубина залегания уровня грунтовых вод более 3 м — относительно устойчивый тип; устойчивый тип — сухие грунтовые толщи. Выбор и градация выделенных критериев определяется возможностью подтопления территории при ее хозяйственном освоении, проявлениями пучения грунтов, суффозионных процессов, оплывин в бортах котлованов.

По степени сжимаемости грунты расклассифицированы как слабосжимаемые — модуль деформации > 20 МПа, среднесжимаемые — 10—20 МПа, сжимаемые — < 10 МПа. Цифровые выражения критериев устойчивости, принятых при оценке грунтовых толщ, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Критерии устойчивости, принятые при оценке грунтовых толщ Одинцовского района

Строение грунтовой толщи (3)			Гидрогеологические условия (2)			Сжимаемость грунтов (1)		
однопородная грунтовая толща	двухпородная грунтовая толща	многопородная грунтовая толща	грунтовая толща сухая	уровень грунтовых вод на глубине > 3 м	уровень грунтовых вод на глубине < 3 м	Слабосжимаемые $E > 20$ МПа	Среднесжимаемые $E 10—20$ МПа	Сжимаемые $E < 10$ МПа
0,50	1,00	1,50	0,33	0,67	1,00	0,17	0,33	0,5

Расчет критериев устойчивости в цифровом выражении проводился в соответствии с ранжированием признаков, определяющих устойчивость. Строению грунтовой толщи присвоен балл 3, гидрогеологическим условиям — 2, сжимаемости — 1. Внутри каждого ранга проведено подразделение по признакам, их характеризующим, и придан вес каждому признаку в соотношении 1 : 2 : 3.

Все выделенные типы грунтовых толщ были оценены в соответствии с полученными критериями устойчивости, сумма баллов которых позволила выделить три градации грунтовых толщ по устойчивости к воздействию строительства и эксплуатации сооружений. Результаты оценки приведены в табл. 2. К высокоустойчивому типу отнесены грунтовые толщ, для которых сумма оценочных баллов $U \leq 1$, устойчивому типу — $1 < U \leq 2$ и низкоустойчивому $U > 2$. Анализ приведенных результатов исследований позволил сгруппировать грунтовые толщ, описанные в Одинцовском районе, и выделить три типа по степени устойчивости к техногенному воздействию:

— высокоустойчивые грунтовые толщ — однородные толщ песков, приуроченных к II и III надпойменным террасам р. Москвы;

— устойчивые грунтовые толщ:

двухпородная толщ покровных суглинков на моренных суглинках, сухая, слабосжимаемая,

двухпородная толщ покровных суглинков на водно-ледниковых песках с прослоями супесей, сухая, слабосжимаемая,

двухпородная толщ покровных суглинков на водно-ледниковых песках с прослоями супесей и суглинков, сухая, среднесжимаемая,

многопородная толщ покровных суглинков на моренных суглинках, подстилающаяся водно-ледниковыми песками, необводненная, слабосжимаемая;

— низкоустойчивые грунтовые толщ:

двухпородная толщ озерно-болотных грунтов на моренных суглинках, глубина залегания грунтовых вод менее 3 м, сжимаемая,

двухпородная толщ озерно-болотных грунтов на водно-ледниковых песках, глубина залегания грунтовых вод менее 3 м, сжимаемая,

многопородная толщ покровных суглинков на маломощных флювиогляциальных песках, супесях, суглинках, подстилающихся моренными суглинками, глубина залегания грунтовых вод более 3 м, среднесжимаемая,

многопородная толщ покровных суглинков на маломощных водно-ледниковых песках, в основании озерно-ледниковые суглинки, глубина залегания грунтовых вод менее 3 м, сжимаемая,

многопородная толщ песчано-супесчаных грунтов на юрских глинах или выветрелых известняках, глубина залегания грунтовых вод менее 3 м, среднесжимаемая.

Приведенная схематизация грунтовых толщ может быть использована при проектировании, строительстве и эксплуатации гражданских и промышленных сооружений различного назначения в Одинцовском районе Московской области.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Грунтовые толщи Западно-Сибирской плиты // Под ред. В.Т. Трофимова. — М.: Изд-во МГУ, 1988.
- [2] ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. — М.: МНТИКС, 1996.
- [3] *Жигалин А.Д.* Факторы, способствующие развитию деформационных процессов в основаниях сооружений. Экспертная оценка экологической устойчивости территории в системе мониторинга геологической среды на персональной ЭВМ: Сб. трудов (Вып. 1). Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг. — М., 1995. — С. 27—33.
- [4] *Коломенская В.Н., Кофф Г.Л.* Особенности инженерно-геологической типизации территории Московской области с целью рационального использования и охраны геологической среды // *Инженерная геология*. — 1985. — № 5. — С. 79—89.
- [5] *Кюнцель В.В., Бондаренко А.А., Жудина С.И.* Экспертная оценка экологической устойчивости территории в системе мониторинга геологической среды на персональной ЭВМ: Сб. трудов (Вып. 1). Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг. — М., 1995. — С. 20—22.
- [6] Полевые методы гидрогеологических, инженерно-геологических, геокриологических, инженерно-геофизических и эколого-геологических исследований. — М.: Изд-во МГУ, 2000.
- [7] *Чистяков А.А., Макарова Н.В., Макаров В.И.* Четвертичная геология. — М.: ГЕОС, 2000.

ASSESSING THE SUSTAINABILITY OF GROUNDWATER THICKNESS ODINTSOVO DISTRICT TO THE EFFECT OF THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF INDUSTRIAL AND CIVIL BUILDINGS

G.L. Coff

«Georisk»

Ulanskii per., 13, str. 4, Moscow, Russia, 101100

E.N. Ogorodnikova

Ecological Faculty

Peoples' Friendship University of Russia

Podolskoye shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

Based on the lithological structure cuts a classification of groundwater thickness. By three criteria: lithological structure, hydrogeological conditions and the degree of compressibility, a ranking, selected criteria for sustainability and a systematization. There are highly resistant, resistant and low resistant types.

Key words: Groundwater thickness, resistens. Lithological, highly resistant, hydrogeological conditions.