



СОКОЛОВ ВИКТОР АРТЕМОВИЧ

Кандидат технических наук, генеральный директор Украинского государственного головного научно-исследовательского и производственного института инженерно-технических и экологических изысканий (УкрНИИНТИЗ), член-корреспондент Академии строительства Украины.

Основные направления научной деятельности: изыскания в сложных инженерно-геологических условиях и при реконструкции зданий и сооружений.

Автор более 40 опубликованных работ.

E-mail: niintiz@kharkov.ukrtel.net



ПОГРЕБНЯК АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ

Главный специалист Украинского государственного головного научно-исследовательского и производственного института инженерно-технических и экологических изысканий (УкрНИИНТИЗ).

Основные направления научной деятельности: изыскания в сложных инженерно-геологических условиях, освоение подземного пространства.

Автор 5 опубликованных работ.

E-mail: hgigo@ukr.net

УДК 624.012

НЕКОТОРЫЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗУПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ – ОСНОВАНИЙ ПРИ ВСКРЫТИИ ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНОВ

Ключевые слова: подземное пространство, котлован, разуплотнение грунтов, реконсолидация грунтов

В статье отражены проблемы, возникшие при вскрытии глубокого котлована, связанные с разуплотнением грунтов в его подошве. Дано теоретическое обоснование проблемы и предложен термин «реконсолидация грунтов». Предложена программа изучения явления реконсолидации.

В статті відображені проблеми, які були при розкритті глибокого котловану, пов'язані з розуцільненням ґрунтів у його підшві. Дано теоретичне обґрунтування проблеми і запропоновано термін «реконсолідація ґрунтів». Запропонована програма вивчення явища реконсолідації.

In article has reflected the problems which have arisen at opening of the deep foundation ditch, connected with reconsolidation grounds in his sole. The theoretical substantiation of a problem has given and the term «reconsolidation grounds» is offered. The program studying of the phenomenon reconsolidation is offered.

ВВЕДЕНИЕ

В современной строительной практике актуальна проблема рационального использования имеющегося земельного участка. Подземное пространство все более активно осваивается для строительства подземных паркингов, торговых площадей и т.д.

Технически и технологически использовать подземное пространство достаточно просто. Уже в настоящее время разработаны и внедрены строительные технологии по освоению подземного пространства как открытым способом (глубокие котлованы), так и закрытым (шахтным) способом.

И если сейчас такие проекты еще не являются массовыми, то в перспективе применение глубоких котлованов станет обычным в строительной практике, причем глубина использования подземного пространства будет расти.

В процессе реализации проекта освоения подземного пространства на стадии вскрытия котлована достаточно часто строители сталкиваются с проблемой т.н. поднятия дна котлована. При этом величина и геометрия поднятия имеют различные показатели, от нескольких сантиметров

до метра и более, в зависимости от проектной глубины котлована, его площади и геометрической формы.

При вскрытии котлована, в результате удаления грунта (снятия бытового давления), происходит разуплотнение грунтов основания. Кроме того, под действием давления грунта, располагающегося по периметру котлована, развиваются деформации, которые приводят к неравномерному поднятию дна котлована, а в дальнейшем - к неравномерным осадкам вследствие большего разуплотнения грунтов под центральной частью котлована, чем по его краям и в углах. Максимальные напряжения при этом возникают в придонной части бортов, и особенно углов котлована.

Достаточно часто вообще не происходит никакого поднятия, или поднятие не фиксируется (незначительное поднятие).

І. ИСТОРИЯ ВОПРОСА, ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ.

В 2006 году институт «УкрНИИТИЗ» выполнил инженерно-геологические изыскания для проектируемого жилого комплекса [1] в г. Харькове. По условиям «Технического задания» под жилыми домами предусматривались одноэтажные подземные паркинги с заглублением порядка 5,0 м от поверхности земли.

Для всех инженерно-геологических элементов (ИГЭ) в результате изысканий были проведены лабораторные испытания, результаты которых отражены в «Отчете». Среди них и характеристики ИГЭ 8 - тяжелые делювиальные неоген-четвертичные коричневые суглинки с вкраплениями окиси марганца. Данные лабораторных исследований имели высокую сходимость частных значений и характеризовались следующими нормативными показателями: удельный вес грунта – 19,91 кН/м³; удельный вес сухого грунта 16,58 кН/м³; коэффициент пористости 0,61 д.е., влажность природная 0,20 д.е. Консистенция твердая как в природном, так и водонасыщенном состоянии.

После получения материалов инженерно-геологических изысканий заказчиком были изменены технические характеристики сооружений, в частности были запроектированы 3-х этажные подземные паркинги с заглублением до дна котлована 11 – 12 м от поверхности земли. При этом материалы изысканий использовались без корректировки.

На (рис.1) приведен фрагмент инженерно-геологического разреза по площадке, где показано положение в разрезе проектного дна котлована (на отметке 166,25 м). Из разреза видно, что отметка дна котлована проектировалась в подошве суглинков ИГЭ 6, ниже залегают пески ИГЭ 7 мощностью более 1 м, а под ними тяжелые суглинки ИГЭ 8.

Весной 2007 года было начато вскрытие котлована. Проектный недокоп при этом составлял 1,5 - 2,0 м.

В ноябре 2007 года, когда закончилась экскавация недокопа и котлован вывели на проектную отметку, было обнаружено несоответствие грунтов в дне котлована мате-

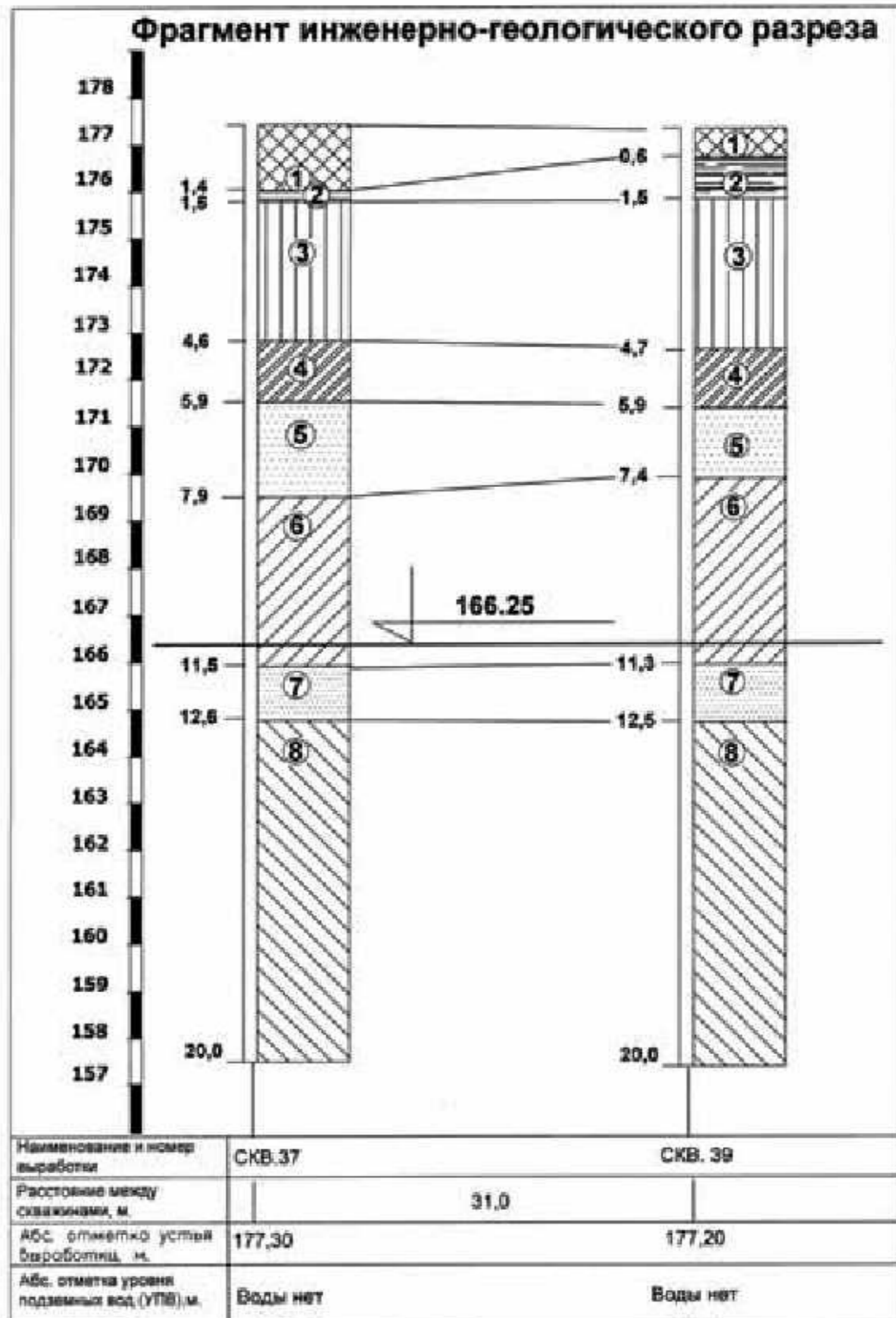


Рис. 1 Фрагмент инженерно-геологического разреза по площадке, где показано положение в разрезе проектного дна котлована (на отметке 166,25 м)

риалам инженерно-геологических изысканий. Вместо ожидаемого слоя суглинков ИГЭ 6, а под ним песков ИГЭ 7, в центральной части котлована на проектной отметке был зафиксирован нижележащий коричневый суглинок ИГЭ 8, а пески ИГЭ 7 остаточно присутствовали в пристенных частях котлована. Это потребовало проведения дополнительных исследований.

На рис. 2 приведен инженерно-геологический разрез по результатам обследования и контрольного бурения со дна котлована.

В результате контрольного бурения выяснилось:

- Текстура грунта в керне отличалась от первоначальной, природной, зафиксированной для ИГЭ 8 при изысканиях 2006 года. Вместо монолитного, тяжелого, очень плотного суглинка из скважин извлекался керн, раздробленный на слоистые «коржи» толщиной 0,3 – 0,5 см, твердый и сухой до глубины 1 – 1,5 м (Скв. 4). Из отобранных образцов в лаборатории были определены физические характеристики этого грунта.
- В результате поднятия кровли суглинков ИГЭ 8 под недокопом, на проектной отметке котлована вместо песков ИГЭ 7 были задокументированы нижележащие

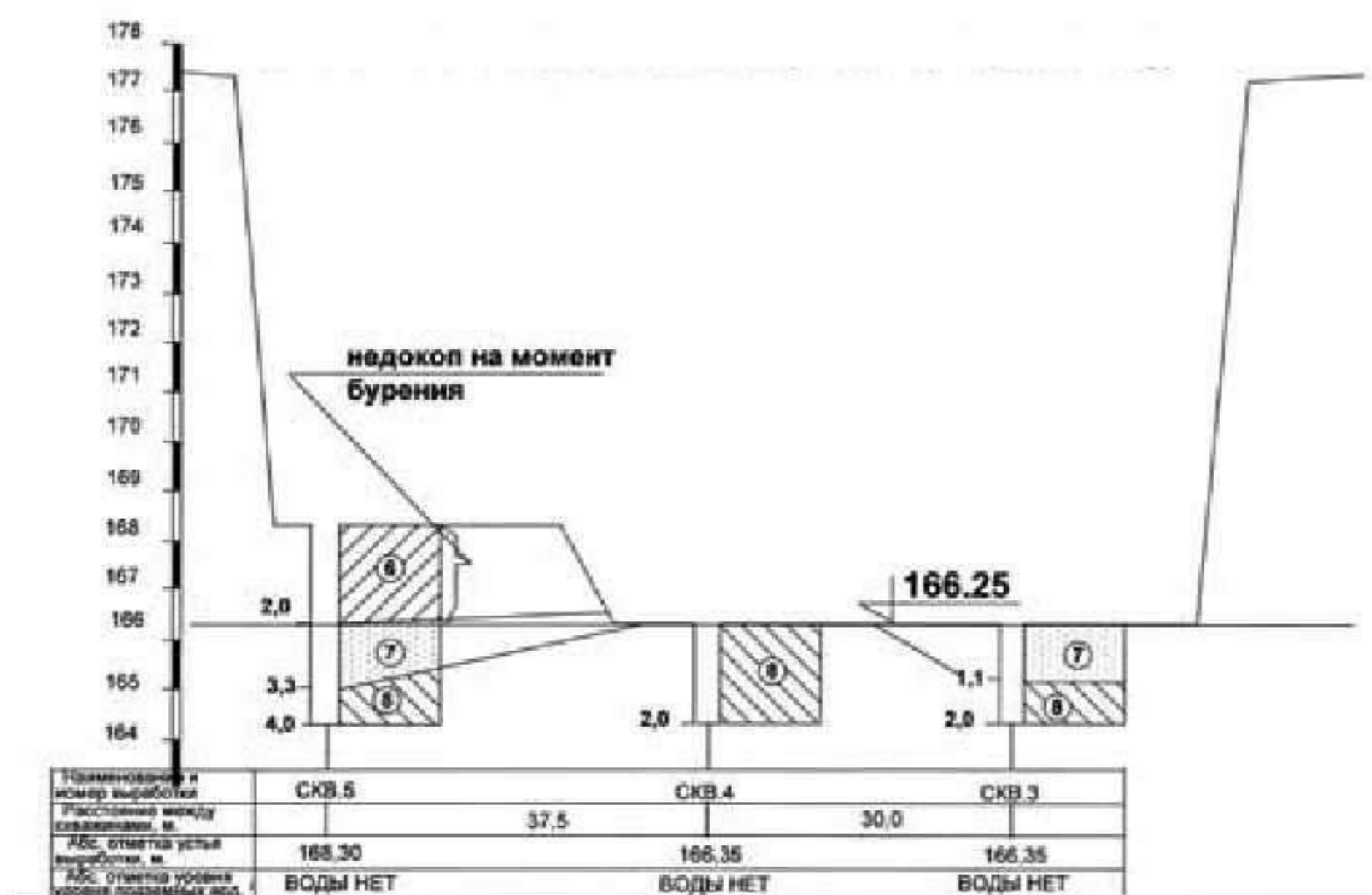


Рис. 2 Инженерно-геологический разрез по результатам контрольного бурения из котлована

Изменение физических характеристик грунтов ИГЭ 8 после открытия котлована (ноябрь 2007 г)

Таблица 1

	Показат. текучести	Показат. текучести водонас. грунтов	Удельный вес грунта кн/м ³	Удельный вес сухого грунта кн/м ³	Коэффиц. пористости д.е.
Изыскания, 2006 г.	-0,18	-0,10	19,91	16,58	0,61
Контроль из котлована (ноябрь 2007 г)	0,19	0,28	19,04	15,28	0,76
Коэфф. изменения			1,03	1,06	1,25

Изменение физических характеристик грунтов ИГЭ 8 после открытия котлована (декабрь 2007 г)

Таблица 2

	Показат. текучести	Показат. текучести водонас. грунтов	Удельный вес грунта кн/м ³	Удельный вес сухого грунта кн/м ³	Коэффиц. пористости д.е.
Изыскания, 2006 г.	-0,18	-0,10	19,91	16,58	0,61
Контроль из котлована (ноябрь 2007 г)	0,19	0,57	17,95	14,62	0,83
Коэфф. изменения			1,11	1,13	1,36

Изменение физических характеристик грунтов ИГЭ 8 после открытия котлована за период ноябрь - декабрь 2007 г

Таблица 3

	Показат. текучести	Показат. текучести водонас. грунтов	Удельный вес грунта кн/м ³	Удельный вес сухого грунта кн/м ³	Коэффиц. пористости д.е.
Изыскания, 2006 г.	0,19	0,28	19,04	15,28	0,76
Контроль из котлована (ноябрь 2007 г)	0,19	0,57	17,95	14,62	0,83
Коэфф. изменения			1,06	1,04	1,09

суглинки ИГЭ 8, которые при этом изменили свои физико-механические характеристики. Ведь при изысканиях 2006 года на этом участке кровля суглинков залегала на отметке 164,70 м, а при контрольном бурении 2007 года в пристенной части (Скв. 3) на отметке 165,25 м, а под недокопом (Скв. 5) на отметке 165,00 м. А в центральной части котлована (Скв. 4) суглинки ИГЭ 8 слагают дно котлована, и их кровля срезана.

Можно предположить, что в результате разуплотнения и связанного с ним увеличения объема грунта, в пристенной части котлована кровля поднялась на высоту около 0,5 м., а в центральной части до 1,50 м.

Сравним характеристики, полученные при изысканиях и при контрольном опробовании в ноябре 2007 года (табл. 1):

В декабре 2007 г были заказаны дополнительные изыскания со дна котлована для изучения новых характеристик грунтов-основания [2]. Было пробурено 3 скважины глубиной 5,0 метров с дна котлована, отобраны пробы ненарушенной структуры, проведен комплекс лабораторных исследований.

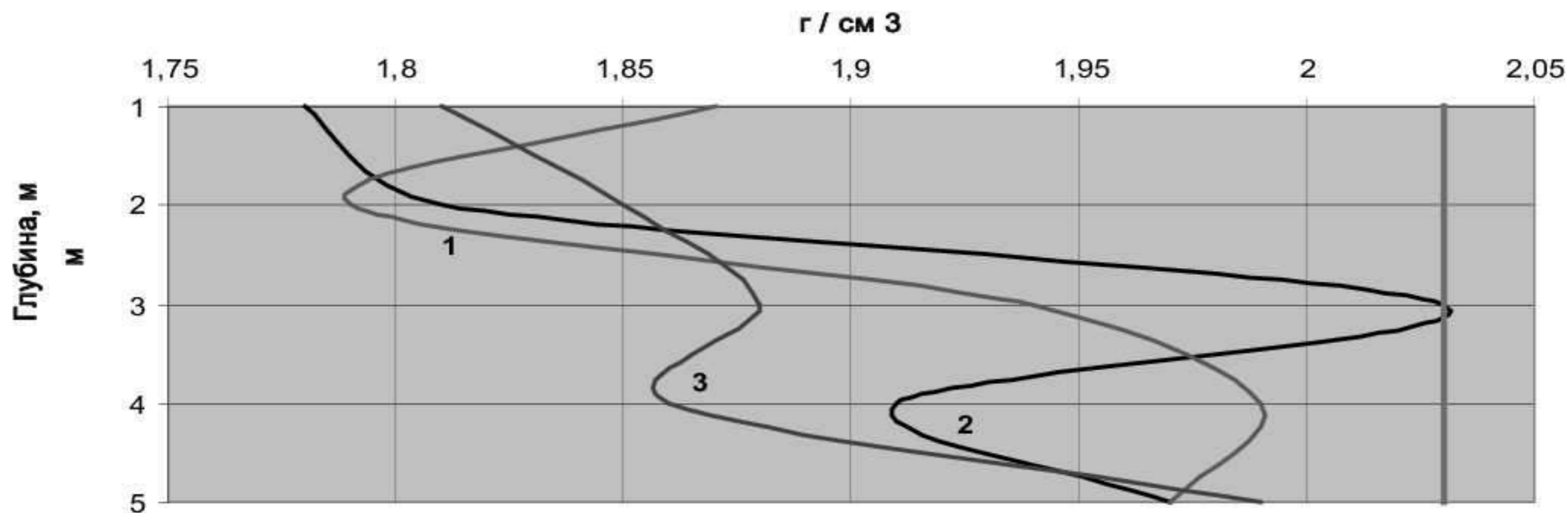
Результаты изысканий приведены ниже (табл. 2). Как видно из таблицы 3, за период с ноября по декабрь консистенция (показатель текучести) в природном состоянии грунтов не изменилась, а разуплотнение продолжалось. Значение удельного веса сухого грунта с 15,28 снизилось до 14,62 кн/м³. При этом не было ни обильных дождей, ни снега, ни морозов.

Констатируем факты. Суглинки твердой консистенции, которые и водонасыщенном состоянии оставались бы твердыми, превратились в полутвердые, а при водонасыщении приобрели возможность стать тугопластичными (ноябрь) и далее мягкопластичными (декабрь).

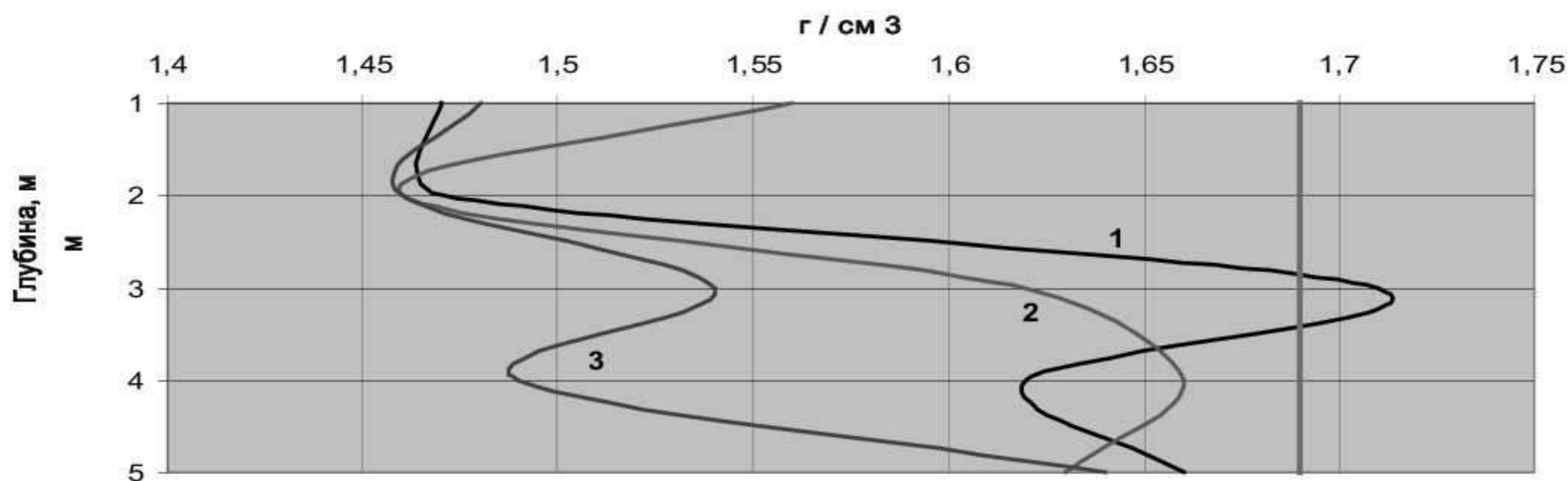
Кроме того, изучалось и изменение с глубиной физических параметров грунтов. Данные приведены в виде графиков на рисунках 3 - 5 ниже. Прямая линия – нормативное значение параметра при изысканиях 2006 года.

Анализ графиков позволяет говорить о выраженной тенденции – максимальное разуплотнение грунтов произошло до глубины 2 м от поверхности котлована, и далее видно приближение на глубине 5 м исследуемых параметров к нормативным значениям

ИЗМЕНЕНИЕ С ГЛУБИНОЙ УДЕЛЬНОГО ВЕСА ГРУНТА



ИЗМЕНЕНИЕ С ГЛУБИНОЙ УДЕЛЬНОГО ВЕСА СУХОГО ГРУНТА



ИЗМЕНЕНИЕ С ГЛУБИНОЙ КОЭФФИЦИЕНТА ПОРИСТОСТИ ГРУНТА

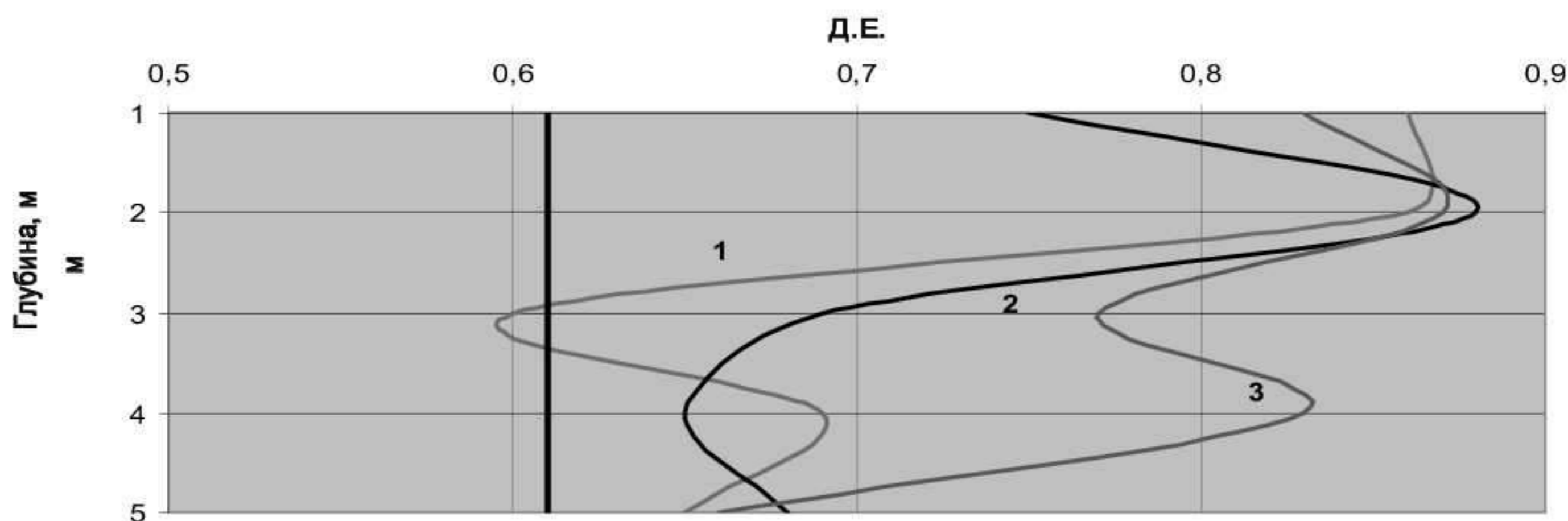


Рис. 3,4,5 Приведены данные изменений с глубиной физических параметров грунтов. Прямая линия – нормативное значение параметра при изысканиях 2006 года. 1 – скважина 2, 2 – скважина 1, 3 – скважина 3

Приведем сравнительные физико-механические, деформационные и прочностные характеристики для суглинков ИГЭ 8, полученные при изысканиях 2006 года и при контрольных изысканиях декабря 2007 года (табл. 4). При этом сразу отметим, что мощность измененной толщи соста-

вила около 5м, ниже которой свойства грунтов остались сходными с нормативными характеристиками изысканий 2006 года.

Как видно из приведенных данных, существенно изменились геотехнические условия площадки. Произошло

Таблица 4

Изучаемые характеристики	Изыскания 2006 года	Контрольные изыскания 2007 года
число пластичности	0,16	0,16
влажность природная (доли ед.)	0,20	0,23
влажность водонасыщения (доли ед.)	0,21	0,29
показатель текучести	-0,18	0,19
показатель текучести водонасыщенного грунта	-0,10	0,57
удельный вес частиц грунта, кН/м ³	26,78	26,78
удельный вес грунта, кН/м ³	19,91	17,95
удельный вес сухого грунта, кН/м ³	16,58	14,62
удельный вес водонасыщенного грунта, кН/м ³	20,11	18,84
удельный вес взвешенного в воде грунта, кН/м ³	10,52	9,25
пористость (доли ед.)	0,38	0,46
коэффициент пористости природного слоения, доли ед.	0,61	0,83
степень влажности	0,89	0,75
недостаток водонасыщения (доли ед.)	0,01	0,06
полная влагоемкость	0,22	0,31
модуль деформации грунта природном состоянии в мпа	24,0	10,7
модуль деформации грунта водонасыщ. состоянии в мпа	24,0	10,0
угол внутреннего трения в водонасыщ. состоянии, град.	17	17
удельное сцепление грунта в водонасыщ. состоянии, мпа	0,059	0,036

явления дано в трудах Б.И. Далматова [5, 6], где, в нескольких абзацах, дается его толкование. Он же [5] предложил термин «осадка разуплотнения – $S_{разуп}$ ». «Осадка разуплотнения развивается под действием нагрузки, не превышающей величину природной, т.е. нагрузки, равной весу вынутаго грунта при откопке котлована. Это объясняется тем, что при удалении грунта из котлована и уменьшении гидростатического давления происходит разуплотнение грунтов. ... Осадка разуплотнения $S_{разуп}$ может быть определена расчетом аналогично осадке уплотнения, но при этом вместо деформативной характеристики сжимаемости грунта следует принимать характеристику его набухаемости с учетом фактора времени, в течение которого грунты основания получают разгрузку».

В фундаментальном учебнике МГУ «Грунтоведение» [7] данное явление также трактуется в разделе, посвященном набухающим грунтам, как один из видов набухания, связанный с «расклинивающим действием воды» в «переуплотненных» грунтах.

З. Г. Тер-Мартirosян [8] данную проблему охарактеризовал так: «В случае сооружений, заглубленных на

8-15 и более метров, с большой площадью опирания (50x50 и более метров), с контактными напряжениями по подошве фундаментных плит до 800 кН/м² и более, при значительном взаимовлиянии сооружений, подобного опыта строительства и результатов его обобщения нет». И далее «Для определения параметров расчетной модели ИГЭ основания используются лабораторные данные трехосных испытаний. Минусы – проблема отбора образцов грунтов (реконсолидации)...».

Да, еще упоминается глубина, с которой это явление наблюдается. По мнению ряда исследователей (например Б. И. Далматов [5]), при устройстве фундаментов в котловане глубиной менее 5 м разуплотнение грунтов не происходит или оно незначительно. То есть разуплотнение грунтов начинается с глубины 5 и более метров. Другие исследователи называют начальной глубиной разуплотнения 8 м.

В статье к.г.-м.н. Козловского С.В. и к.г.-м.н. Кошелева А.Г., ведущих сотрудников ГУП «Мосгоргеотрест» [9] указано, что «...при вскрытии котлована и снятии бытового давления произойдет разуплотнение грунтов в подошве котлована на глубину от 2 до 5м». На основании наших исследований, представленных на рис. 3 – 5, это утверждение подтверждается.

Что же можно извлечь из приведенного выше? «Расклинивающее действие воды», как механизм данного явления – однозначно да. Мощность разуплотняющейся толщи примерно равна 5 м при вскрытии котлованов глубиной 10 – 15 м.

Несколько соображений по поводу «набухаемости». Если и можно отнести данное явление к разновидности набухания, то весьма условно, из-за отсутствия другой общепри-

изменение физико-механических свойств грунтов в сторону их ухудшения, и как результат, для строительного освоения площадки потребовались дополнительные ресурсы.

Что же произошло? В таком резонансном проявлении разуплотнение в практике сотрудников ГП «УкрНИИТИЗ» было встречено впервые и потребовало научно-технической оценки. Набухание? Нет. Данные грунты исследовались на набухающие свойства. Известный процесс поднятия дна котлована вследствие снятия гидростатического давления? Нет. Подземные воды на данной площадке залегают глубже 26 м от поверхности, да и практически не обладают напором. Остается разуплотнение грунтов вследствие снятия бытового давления. Что известно по данному вопросу?

II. АНАЛИЗ ОПУБЛИКОВАННЫХ И ФОНДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Поиск условно был разделен на два направления:

1. Что по этому вопросу освещено в опубликованной литературе?
2. Что можно найти в архиве?

В общем, упоминаний о поднятии дна глубокого котлована после его вскрытия достаточно много. В современной строительной практике это несколько не уникальное явление. Другое дело, что упоминается только факт поднятия, без анализа причин и тем более инженерно-геологических условий.

На примерах строительства гидротехнических сооружений об этом явлении пишет Л.А. Молоков [3, 4].

Наиболее полное, из встреченных, описание данного

Таблиця 5

Скважина I глубина, м	Удельный вес грунта, кн/м ³	Уд. вес сухого грунта, кн/м ³	Коэффиц. пористости, д.е.	Показ. текуч. водо- нас. грунта
4,5	19,31	16,37	0,64	0,15
5,5	19,31	16,66	0,60	0,25
6,2	19,21	16,56	0,61	0,30
7,0	18,72	15,97	0,67	0,48
8,0	19,40	17,15	0,55	0,21
9,0	19,70	16,66	0,60	0,14
10,0	19,70	16,37	0,63	0,14
11,0	18,62	15,09	0,77	0,41
12,2	19,21	15,78	0,70	0,21
13,0	19,11	15,58	0,72	0,29
14,0	18,52	14,90	0,79	0,44
15,0	18,52	14,80	0,81	0,23

Таблиця 6

Скважина I глубина, м	Удельный вес грунта, кн/м ³	Уд. вес сухого грунта, кн/м ³	Коэффиц. пористости, д.е.	Показ. текуч. водо- нас. грунта
4,0	18,33	15,19	0,77	0,38
5,0	18,72	15,97	0,67	0,02
6,0	18,72	15,78	0,70	0,23
7,0	18,33	15,19	0,77	0,29
8,0	18,82	15,39	0,73	0,22
9,0	18,82	15,78	0,69	0,24
10,0	18,72	15,48	0,74	0,08
12,0	17,35	14,11	0,90	0,54
14,0	18,13	15,39	0,74	0,39

нятой методики. Отличие же существенно. При процессах набухания в структуру грунта попадает вода, которая и приводит к увеличению его объема. При разуплотнении же все происходит как раз наоборот. Сначала происходит увеличение пористости, а затем грунт может принять дополнительную влагу. Увеличение влагоемкости является процессом вторичным.

В своем природном залегании переуплотненные суглинки являются водоупором, и по своим характеристикам не могут принять в структуру воду (см. табл. 3). Проблема начинается исключительно после снятия с них природного веса вышележащих грунтов – бытового давления. Только после этого данные грунты начинают проявлять свои специфические свойства.

Теперь о глубине, с которой переуплотненные грунты начинают проявлять специфические свойства. Было проанализировано большое количество материалов инженерно-геологических изысканий прошлых лет. В качестве изучаемого инженерно-геологического элемента (ИГЭ) были выбраны делювиальные коричневато-бурые неоген - нижнечетвертичные суглинки твердой консистенции (аналогичные суглинкам ИГЭ 8 [1]). Для территории г. Харькова эти грунты являются широко распространенными в отложениях высоких террас. Они достаточно однородны, перекрыты

толщей покровных отложений, мощность их достигает 15-20м, а на отдельных участках и больше. Кровля их залегает на глубинах от 3-4 м до 20м от поверхности земли на различных участках. Данные грунты во многих местах как раз и попадают в активную зону фундаментов при проектировании сооружений с глубокими котлованами.

Объективно, это наиболее подходящий материал для изучения данной проблемы.

Приведем несколько примеров.

Пример 1 [10]

Опробование на объекте проводилось согласно действующим нормам. Результаты в таблице 5:

Пример 2 [11]

Технологические данные аналогичны.

Результаты, приведенные в таблицах 5-6, взяты из материалов инженерно-геологических изысканий 1988 г. Однозначно, это не целевые научные исследования, а обычное стандартное опробование при изысканиях, когда в лаборатории отобранные монолиты подвергались лабораторному анализу через 7 – 10 дней.

Что иллюстрируют приведенные результаты?

За 7 -10 дней после извлечения образцов на поверхность, в момент анализа у данных грунтов уже наметился процесс реконсолидации [8]. Ранее или позже, по соседним площадкам, когда образцы подвергались анализу в течение 1-2 дней, показатели физико-механических характеристик были значительно выше. Удельный вес сухого грунта для суглинков находился в пределах 16,56 -17,15 кн/м³, коэффициент пористости в интервале 0,6 – 0,62 д.е., консистенция в водонасыщенном состоянии не опускалась ниже полутвердой, а зачастую оставалась твердой. Примерно те же характеристики давал и радиоактивный каротаж.

Таким образом, за время неполного разуплотнения грунты приобрели совсем другие качества, чем в природном залегании. Задача изучить режим разуплотнения тогда не стояла. Отметим только, что наблюдается разуплотнение и в монолите с глубины 4 м.

Можно ли говорить об ошибочном объединении всей толщи грунтов в один ИГЭ, поскольку физические характеристики грунтов имеют такие вариации?

Нет. Данная толща в пределах высоких террас города Харькова очень хорошо изучена, проведены тысячи испытаний, в т.ч. и опытно-полевые. И практически всегда лабораторные испытания давали хорошую сходимость, что служило основанием объединять эти грунты в один ИГЭ. Приведенные в таблицах 5-6 примеры являются исключением (поэтому здесь и приведены) для данного ИГЭ, чем правилом. Флуктуации конечно возможны, но мы однозначно имеем дело с единым «геологическим телом» [12], с едиными характеристиками состава, состояния, свойствами, единым генезисом. В данном случае при документировании скважины геолог не имел предпосылок для расчленения единой толщи на более мелкие слои. Да и другие характеристики, не имеющие отношения к плотности, при лабораторном анализе для всей толщи давали очень хорошую сходимость.

III. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.

Причина разуплотнения грунтов оснований – снятие бытового давления, что нарушает динамическое равновесие грунтового массива, равновесие между поровым давлением грунта и весом вышележащих грунтов. Процессы

седиментации в течение геологического времени сформировали сложную динамически равновесную систему, при которой грунты потеряли некое количество внутрипоровой влаги, в зависимости от веса вышележащих грунтов (бытового давления), приобрели максимально возможную при известной величине частиц грунта плотную структуру. Если при этом не произошла цементация скелета грунта, при которой сила цементационных связей больше порового давления – получаем потенциально опасные грунты с точки зрения возможности их разуплотнения.

Поскольку формирование данных грунтов происходило с периода осадкообразования и до настоящего времени в определенных условиях, что привело к их природной консолидации, то вмешательство техногенного фактора (или природного – например эрозия) приведет к изменению природной консолидации.

Авторы предлагают данный процесс и сопровождающие его явления называть реконсолидацией грунтов. По мнению авторов, более корректно употреблять термин «коэффициент реконсолидации - $K_{рек}$ » вместо термина «осадка разуплотнения» по Б.И. Далматову. Причина в том, что при начавшемся процессе реконсолидации «осадка разуплотнения» не равна «осадке уплотнения», с учетом временного фактора. Время существования любого сооружения не сопоставимо с геологическим временем, в течение которого формировалось первоначальное динамическое равновесие (произошла консолидация), а значит, если равномерно и нагрузить грунты основания аналогичной первоначальной природной техногенной нагрузкой, то за нормативное время существования сооружения грунты не достигнут первоначальной плотности.

Процесс реконсолидации начинается при нарушении динамического равновесия системы «поровое давление – бытовое давление». При этом коэффициент реконсолидации зависит от физических показателей грунта (A), величины снятого бытового давления ($P_{быт}$) и времени разуплотнения (t), что подтверждается данными, приведенными в таблицах 1-2.

$$K_{рек} = f(A, P_{быт}, t)$$

С учетом того, что для каждого конкретного случая, при вскрытии котлована в конкретном месте и на известную глубину A и $P_{быт} = const$, получаем, что коэффициент реконсолидации является функцией времени $f(t)$. Таким образом, с момента начала реконсолидации (нарушения динамического равновесия системы) оно будет продолжаться либо до момента приобретения системой новых равновесных параметров, либо до погашения реконсолидации весом строительных конструкций (с весом обратной засыпки).

Но при этом деформационные характеристики уже будут отличаться, в некоторых случаях существенно, от первоначальных - в зависимости от стадии реконсолидации. Также будут изменяться и прочностные характеристики. По имеющимся данным, существенно изменяется удельное сцепление, а угол внутреннего трения не изменяется.

Итак, если при вскрытии глубокого котлована соблюдены технологические нормы и требования нормативных документов по порядку и срокам разработки котлована, то зачастую до начала бетонирования фундаментной плиты негативные явления не успевают проявиться.

Но это не значит, что они не проявятся в процессе строительства или эксплуатации здания. С другой стороны, поднятия может и не произойти.

При одинаковой глубине котлована в одном случае происходит заметное поднятие, в другом оно незначительно, в третьем поднятия нет вовсе. То есть, поднятие дна котлована является внешним признаком реконсолидации грунтов основания фундаментов или грунтов в активной зоне фундаментов.

Авторами предлагается следующая типизация грунтов, при которых может происходить разуплотнение или его не будет.

1. Участки, на которых при проектировании глубоких котлованов последствий реконсолидации грунтов-оснований можно не учитывать:
 - скальные и полускальные породы;
 - песчаные и крупнообломочные грунты;
 - закрепленные грунты.
2. Участки, на которых при проектировании и вскрытии глубоких котлованов произойдет или может произойти реконсолидация грунтов-оснований:
 - связные грунты (без цементационных связей), на дне котлована или в зоне разуплотнения.

Получается, что при инженерно-геологических изысканиях для разработки проекта с учетом глубокого котлована, что определено «Техническим заданием», помимо всего прочего, в задачу изыскательской организации может входить и определение потенциальной опасности реконсолидации грунтов в основании фундаментов.

При устройстве котлованов глубокого заложения необходимо учитывать рекомендации «Пособия по производству работ при устройстве оснований и фундаментов (к СНиП 3.02.01-83)», в т.ч. п. 2.1 «Перерыв между окончанием разработки котлована и устройством фундаментов, как правило, не допускается. При вынужденных перерывах должны быть приняты меры к сохранению природных свойств грунта», п. 2.2. «Сохранение природной структуры грунтов в основании включает: защиту котлована от попадания поверхностных вод...», п. 2.24 «Не допускается перерыв более двух суток между окончанием разработки котлованов и устройством фундаментов. При более длительных перерывах должны быть приняты меры против обводнения котлованов поверхностными водами...» и др. Соблюдение строительных норм может предотвратить проявление и этого негативного процесса.

Авторы безусловно понимают, что вскрытие котлована глубиной 10 – 15 м в кратчайшие сроки и с максимальной безопасностью для грунтов оснований требует новых технологических приемов, и убеждены, что в проекте вскрытия глубокого котлована для разработки рекомендаций должна участвовать изыскательская организация. Тем более, что это является требованием ДБН В.1.2-5:2007 «Научно-техническое сопровождение строительных объектов», где указано, что в случае проектирования объекта в сложных инженерно-геологических условиях, при отсутствии мирового опыта строительства в данных условиях, что полностью справедливо в нашем случае, для принятия решений необходимо проведение научных геотехнических исследований, т.к. процесс реконсолидации грунтов-оснований и/или грунтов в зоне разуплотнения под фундаментами не регламентированы действующими нормами и стандартами.

IV. ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Учитывая, что в настоящее время, а далее особенно, проблема реконсолидации будет все более и более остро стоять перед строителями, мы не собираемся останавливаться на констатации вышеизложенных фактов и проблем. Понимая всю сложность данной темы, мы планируем ее изучать, и среди первоочередных и среднесрочных задач ставим перед собой следующие:

- Моделирование процесса реконсолидации грунтов в лабораторных условиях.
- Определение параметров реконсолидации для различных типов грунтов при различных переменных.
- Определение параметров сжимаемости и прочностных характеристик после полной и неполной реконсолидации.
- Определение нагрузок, останавливающих начавшуюся реконсолидацию на различных этапах.
- Определение стадийности реконсолидации.

Целью настоящих и будущих исследований может быть разработка методики изучения грунтов, подверженным реконсолидации, рекомендаций по их использованию в строительстве, а также разработка необходимых дополнений к строительным нормам.

Авторы будут благодарны всем, за предоставление информации по вопросу поведения грунтов оснований в глубоких котлованах. Информацию, замечания и пожелания, с благодарностью, примем по адресу: hgigo@ukr.net.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Научно-технический отчет об инженерно-геологических изысканиях для строительства жилого комплекса с объектами социальной и инженерной инфраструктуры по адресу: г. Харьков, пр. Московский (между ул. Двенадцатого Апреля и ул. Второй пятилетки)», архив ХГ ИГО ГП «УкрНИИИТИЗ», г. Харьков, 2006.
2. «Технический отчет о дополнительных инженерно-геологических изысканиях в котловане строящегося жилого комплекса «Парковый-4» (1-й пусковой комплекс по пр. Московскому) в г. Харькове» архив ХГ ИГО ГП «УкрНИИИТИЗ», г. Харьков, 2008 год.
3. Л.А. Молоков «Инженерно-геологические процессы», «Недра», Москва, 1985.
4. Л.А. Молоков «Взаимодействие инженерных сооружений с геологической средой», «Недра», Москва, 1988.
5. Б.И. Далматов «Механика грунтов, основания и фундаменты», Стройиздат, Ленинград, 1988.
6. Б.И. Далматов «Расчет оснований зданий и сооружений по предельным состояниям», издательство литературы по строительству, Ленинград, 1968.
7. «Грунтоведение» под ред. В.Т. Трофимова, Москва, Из-во «Наука» 2005 г.
8. З.Г. Тер-Мартirosян, А.Л. Крыжановский, «Проблемы геомеханики и надежности фундаментов сооружений повышенной этажности».
9. С.В. Козловский, А.Г. Кошелев, «Достоверность определения деформируемости грунтов полевыми методами исследований...», сайт ИВС МГСУ
10. «Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях на участке проектируемого строительства по Салтовскому шоссе в г. Харькове» арх. № 22243, УВГ, г. Харьков, 1988.
11. «Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях на участке проектируемого строительства по ул. Корчагинцев в г. Харькове» арх. № 21721, УВГ, г. Харьков, 1988.
12. Г.К. Бондарик «Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород», Издательство «Недра», Москва, 1971.