

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 624.151+551.435.13(567)

АЛЬ-РОБАЙ
Али Абдулла Абд

**ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ВИДОВ ФУНДАМЕНТОВ,
ВОЗВОДИМЫХ НА ГРУНТАХ СЛОЖНОГО СТРОЕНИЯ
МЕЖДУРЕЧЬЯ ИРАКА**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.23.02 – Основания и фундаменты,
подземные сооружения

Минск, 2015

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

**Научный
руководитель**

БАРАНОВ Николай Николаевич,
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Геотехника и экология в
строительстве» Белорусского национального
технического университета

**Официальные
оппоненты:**

БОСАКОВ Сергей Викторович,
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник РУП «Институт
БелНИИС»;

ЛОБАЧЕВА Наталья Геннадьевна,
кандидат технических наук, доцент, старший
преподаватель кафедры «Строительные
конструкции» учреждения образования
«Полоцкий государственный университет»

**Оппонирующая
организация**

**Учреждение образования «Белорусский
государственный университет транспорта»**

Защита состоится «4» июня 2015 г. в 14⁰⁰ на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.05.09 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220114, Минск, пр. Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202.

E-mail: nrak@bntu.by, тел./факс 8(017) 265-96-97.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью учреждения, следует направлять на имя ученого секретаря совета по адресу 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «04» мая 2015 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент



Н.А. Рак

© Аль-Робай Али А. А., 2015

© Белорусский национальный
технический университет, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Центральная и южная части Ирака в виде широкой долины сформированы за счет геологической деятельности двух великих рек – Тигра и Евфрата. Покровная толща территории представляет собою сложный комплекс отложений глинистых и песчаных грунтов образовавшихся в условиях водной среды. Под действием внешних нагрузок отложившиеся породы испытывают значительные деформации. Долговечность и прочность зданий и сооружений в таких условиях может быть обеспечена устройством надежного и прочного основания при проведении особых мер и (или) возведением эффективных фундаментов.

В мировой строительной практике меры, осуществляемые при строительстве на сжимаемых грунтах, можно разделить на четыре группы. К первой относятся меры по исключению неблагоприятных воздействий (динамических, агрессивность воды-среды, изменения влажности) на грунты основания. Вторая группа мер объединяет разнообразные способы искусственного улучшения строительных свойств грунтов, с помощью которых повышается их прочность. Третья группа сводится к конструктивным решениям, ограничивающим неравномерность деформаций оснований. Меры четвертой группы заключаются в применении специальных типов фундаментов.

Белорусские ученые внесли большой вклад в решение ряда вышеупомянутых проблем. Как их числу можно отнести выполненные гидромеханизированным способом пласты намывного грунта на аллювиальных отложениях, устройство насыпных уплотненных песчано-гравийных подушек под монолитные фундаменты, армирование грунтовых оснований, геомассивы с вертикальными армирующими элементами. Исследованы буроинъекционные анкеры и сваи, фундаменты свайно-плитные и из систем перекрестных балок с жесткими сопряжениями в узлах. Разработаны методы решения контактных задач, в том числе с учетом неравномерных осадок оснований.

Строительство объектов в Ираке выполняется на тендерной основе. Следует отметить, что в стране отсутствует сформировавшаяся система проектирования и устройства фундаментов на базе нормативно-правовых актов, включая техническую экспертизу и контроль качества. В решении многих вопросов нередко доминируют субъективные представления заказчика и подрядчика.

Проведенные соискателем экспериментальные исследования (полевые испытания свай, обследования состояния построенных зданий, анализ инженерно-геологических изысканий) свидетельствуют о необходимости внесения и внедрения в устранившуюся практику строительной отрасли

Ирака более совершенных подходов, методов и технологий. Несомненную ценность представляет опыт фундаментостроения в Беларуси. Это и определило содержание настоящей диссертационной работы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами, темами Республики Беларусь и строительной отраслью Ирака

Научные исследования, приведенные в диссертационной работе, выполнены в рамках научной деятельности кафедры «Геотехника и экология в строительстве» в соответствии с программами Министерства образования Республики Беларусь и Белорусского национального технического университета по госбюджетным темам:

– ГБ 06-219 «Геотехническое обоснование системы мер для снижения рисков и смягчения последствий техногенных процессов и чрезвычайных ситуаций в строительстве Беларуси»;

– ГБ 11-260 «Исследования, связанные с внедрением в строительную практику европейских норм ТКП EN 1997-1-2009. Этап 3: Выполнение динамических и статических испытаний свай и анкеров новых конструкций с учетом требований национальных и европейских норм, сопоставление расчетных и опытных данных, уточнение расчетных схем».

Цель и задачи исследования

Цель диссертационной работы – обоснование и выбор эффективных способов устройства оснований, конструкций фундаментов, методов их расчета и технологий изготовления грунтовых условиях Междуречья Ирака с учетом опыта в Беларуси, обеспечивающих повышение эксплуатационной надежности объектов и уменьшение их стоимости.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

– выполнить анализ проектирования оснований фундаментов и особенностей их строительства в условиях Междуречья Ирака и в грунтовых условиях Республики Беларусь;

– на базе изучения материалов изысканий и лабораторных исследований грунтов составить таблицы нормативных значений величин прочностных и деформационных характеристик глинистых грунтов (как основу регионального нормативного документа по проектированию фундаментов) по аналогии с укоренившейся практикой в Республике Беларусь;

– оценить используемые в Ираке и Беларуси подходы к расчету оснований фундаментов при ограничении контактных напряжений (по

допускаемому давлению, расчетному сопротивлению и по данным инженер–геологов), а наиболее соответствующие условиям Междуречья рекомендовать для проектной практики Ирака;

- выявить структурные и текстурные особенности аллювиальных глинистых грунтов Междуречья Ирака и влияние их микростроения на величину полной осадки основания с учетом процесса вторичной консолидации (ползучести);

- разработать предложения по совершенствованию в Ираке методики испытания свай на вдавливание и определению воспринимаемой расчетной нагрузки при достижении осадкой предельного значения;

- определить области эффективных типов оснований, фундаментов и технологий их возведения в сложных комплексах аллювиальных отложений.

Научная новизна

- по результатам вероятностно-статистической обработки данных инженерно-геологических изысканий впервые получены и заtabулированы для региональных условий Междуречья Ирака нормативные значения величин деформационных и прочностных характеристик глинистых грунтов в зависимости от их физических свойств и гранулометрического состава, что позволяет повысить точность расчетов оснований фундаментов в стране по предельным состояниям;

- исходя из существующей в Ираке практики назначения расположения буровых выработок в плановых заданиях изыскательских работ и ее сравнения с действующими нормативными документами в Республике Беларусь внесены уточнения по назначению расстояний между скважинами в плане по линии разрезов, что обеспечит повышение достоверности и полноты потребных исходных данных о характере напластований грунтов и их свойствах для более обоснованных проектирования и принятия эффективных решений нулевого цикла;

- изучение особенностей микроструктур и микротекстур глинистых грунтов при седиментации минеральных частиц в пресной водной среде в условиях сложной динамики потоков Тигра и Евфрата выявило решающее влияние процессов наследственной ползучести на величину боковых сдвиговых смещений и необходимость учета в аллювии Междуречья вязко-пластических деформаций, позволяющих точнее определять значения полных длительных осадок оснований фундаментов;

- по результатам теоретически-экспериментальных исследований применительно к грунтам Междуречья Ирака разработаны предложения и даны рекомендации по выбору и назначению эффективных конструкционно-технологических решений оснований (геомассивы с

вертикальными армирующими элементами из сухой бетонной или песчано-гравийной смеси) и фундаментов (плитные на геомассивах, сваи конические, пирамидальные, виброштампованные), обоснована методика определения их размеров по фактическим значениям характеристик грунтов, что обеспечивает снижение стоимости нулевого цикла и повышение его эксплуатационных показателей.

Положения, выносимые на защиту:

- полученные по результатам статистической обработки значения прочностных и деформационных характеристик глинистых грунтов в зависимости от их физических свойств для условий Междуречья Ирака;
- обоснование применения в Ираке методики определения размеров фундаментов на базе расчетного сопротивления грунта вместо используемого в проектной практике допускаемого давления с субъективными коэффициентами запаса;
- необходимость оценки полных длительных осадок глинистых оснований на базе параметров первичной (фильтрационной), а также отсутствующего в современных расчетах учета вторичного уплотнения (ползучести) при расчете конечных деформаций;
- рекомендации по эффективным конструктивно-технологическим решениям оснований фундаментов и способам их устройства на территориях Иракского Междуречья;
- дополненная методика испытаний и прогнозирования несущей способности оснований буронабивных и забивных свай в Ираке.

Личный вклад соискателя

Автором лично под руководством научного руководителя сформулированы цели и задачи, получены научные результаты, приведенные в диссертации, заключающиеся в разработке таблиц нормативных значений прочностных и деформационных характеристик грунтов, уточнении расчетных схем определения размеров плитных фундаментов и полной осадки основания с параметрами фильтрационного уплотнения и длительных процессов ползучести, дополненной методики испытания и прогнозирования несущей способности оснований свай в Ираке, а также разработаны рекомендации по эффективным конструктивно-технологическим решениям оснований и фундаментов на территориях Иракского Междуречья.

Влияние на ползучесть формы и физических свойств минеральных частиц и параметров вторичной консолидации выяснялось с участием научного руководителя. Оценка условий и области применения в слабых

грунтах плитных и свайных фундаментов выполнены совместно с Саадун Сура А.

Апробация результатов диссертации

Результаты исследований доложены автором на семинарах: «Конструкции жестких ленточных фундаментов малоэтажных зданий на песчаных подушках» (Ирак, Университет Аль-Кадисия, 2012 г.); «Деформации ползучести грунтов при расчете вероятных осадок оснований» (Ирак, Университет Аль-Кадисия, 2013 г.) и на НТК ППС БНТУ (г. Минск, 2013, 2014 гг.).

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 8 работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях из Перечня ВАК Республики Беларусь (общий объем 1.45 п.л.), 5 статей в сборниках материалов и тезисах конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений.

Общий объем диссертации составляет 116 страниц, в том числе 38 рисунков, 21 таблица, 4 приложения на 24 страницах, 131 библиографический источник (в том числе 64 иностранных).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

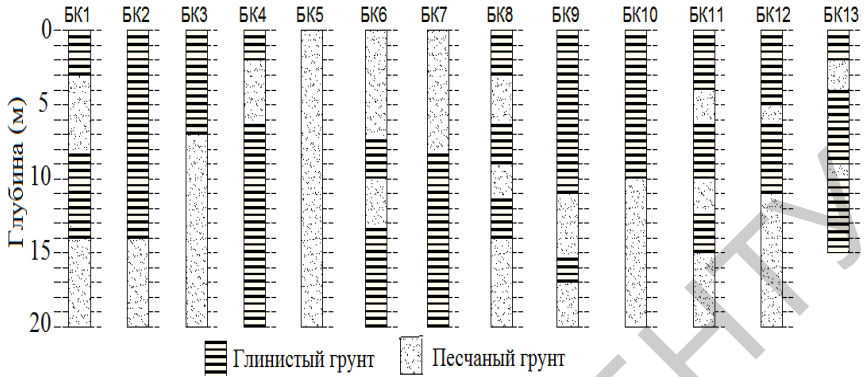
В первой главе представлен аналитический обзор научной и научно-технической отечественной и зарубежной литературы, посвященной изучению оснований и сооружений в условиях аллювиальных отложений Ирака. Проанализирован генезис покровного аллювия страны, при этом генетически выделены шесть зон четвертичных отложений, среди которых важная роль отведена аллювиальным отложениям Междуречья в Месопотамии в виде, главным образом, глинистых грунтов с их характерными свойствами исходя из условий формирования. Проведенный анализ позволил также установить особенности оснований зданий и сооружений (преимущественно малоэтажных) в условиях Среднего Ирака. Отмечено отсутствие нормативной базы в Ираке по грунтоведению и фундаментостроению. Это отрицательно сказывается на эксплуатационных показателях строений в характерных для данного региона неблагоприятных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях и свойственных им неудачным конструктивно-технологическим решениям оснований и фундаментов.

Такое положение продемонстрировано на базе результатов собственных обследований многих зданий и сооружений в своем регионе. Проанализированы существующие в мировой геотехнической практике методы улучшения свойств грунтов оснований посредством: уплотнения разными статическими и динамическим способами, ускорения консолидации пластичных глинистых грунтов, заменой их и биогенных отложений на песчаные подушки, обычным водопонижением и электроосушением, армированием и дренированием с использованием естественных хорошо фильтрующих грунтов и искусственных материалов и др.

Существенный вклад в исследования, касающиеся обширной гаммы геотехнических вопросов по теме диссертации внесли Г.А. Колпашиников, Е.Ф. Винокуров, Ю.А. Соболевский, П.С. Пойта, М.И. Никитенко, В.А. Сернов, С.В. Босаков, С.Д. Семенюк, А.П. Кремнев, С.В. Игнатов, М.Ю. Абелев, О.Л. Алексив, В.Ф. Бабков, А.В. Захаренков, П.А. Коновалов, В.Н. Кравцов, Н.Н. Морарескул, Г.И. Черного, В.Е. Сеськов, В.В. Талецкий, В.В. Штабинский, С.И. Элердашвили, С. Аль-Сной, Я. Аль-Паой, А. Аль-Неджа, М. Аль-Сной, Т. Buday, I.M. Kassab, S.Z. Jassim, Y.Y. Sabah, Кадими, Д. Абд и Сисакьянь, В. Хачик, Ю. Аль-Шакарчи, V.K. Sissakian, S.J. Jones, A. Arzani, J. Domas, H. Elshazly, D. Hafez, M. Mossaad, D.A. Greenwood, B. Indraratna, A.S. Balasubramaniam, P. Ratnayake, S.Z. Jassim, J.C. Goff. Dolin, С.Е. Larsen, Evans, G. Evans и др.

На основании выполненного анализа литературы по рассматриваемому вопросу сформулированы цель, задачи и направление дальнейших исследований по выбору эффективных конструктивно-технологических решений оснований фундаментов, совершенствования методов их проектирования и способов возведения с учетом свойств аллювиальных грунтов Междуречья Ирака.

Вторая глава посвящена изучению характеристик грунтов Междуречья Ирака и используемым величинам давления под подошвами фундаментов. Здесь отражен анализ особенностей инженерно-геологических изысканий в строительной практике Ирака. Обращено внимание на несовершенство существующей строительной практики таких изысканий в силу ограниченности получаемых исходных данных о грунтовых условиях застраиваемых площадок при установлении заказчиками объемов исследований, особенно при больших расстояниях между геологическими выработками и малых их глубинах. Анализ большого количества отчетов по изысканиям позволил сгруппировать для него характерные строения грунтовых массивов и колонки в разных районах Междуречья (рисунк 1).



Аль-Дивания (БК1, БК 2); Хидр (БК 3); Аль-Насрия (БК 4, БК 5, БК 6, БК 7, БК 8, БК 9); Хила (БК 10, БК 11, БК 12); Аль-Зубайдия (БК 13)

Рисунок 1. – Буровые колонки некоторых районов Междуречья

Таблица 1. – Значения величин удельного сцепления C , кПа, и угла внутреннего трения φ , град, для покровных аллювиальных глин Междуречья (рекомендуемые в качестве основы нормативного документа)

Характеристики	Обозначения характеристик	Значения характеристик грунтов при числе соотношение по массе песчаных и глинистых части				
		0.8	0.6	0.4	0.2	0.1
Удельные сцепления	C	19	30	37	47	64
Угол внутреннего трения	φ	13	10	8	7	5

Таблица 2. – Значения величин компрессионного модуля деформации E , МПа, для глин Междуречья

Коэффициент пористости	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9
Модуль деформации	3.8	3.2	3.7	2.2	1.8

В Ираке практически нет сведений о региональных строительных свойствах грунтов. В этой связи были обрабатывались данные испытаний грунтов различных скважины региона Междуречья. Для глин, встречающихся практически повсеместно с поверхности и служащих основанием сооружений, в таблице 1 представлены данные статической обработки значений удельного сцепление C , кПа, и угла внутреннего

трения φ , град, которые рекомендуются в качестве основы нормативного документа. Величины компрессионного модуля деформации E , МПа, представлены в таблице 2. Суглинки имеют характеристики $C=12-24$ кПа, $\varphi = 19-21^\circ$ и $E = 5.1-6.2$ МПа. Пески мелкие и пылеватые встречаются эпизодически с характеристиками $C = 12-14$ кПа, $\varphi = 19-22^\circ$ и $E = 7.3- 9.6$ МПа.

Характеристики, приведенные в таблицах 1 и 2 можно использовать для предварительных расчетов сооружений среднего уровня ответственности и окончательных расчетов временных и малоэтажных зданий жилого комплекса.

В мировой геотехнической практике при расчете оснований принимают две группы предельных состояний: 1-я – по несущей способности (потеря устойчивости, разрушение грунта); 2-я – по деформациям (горизонтальные смещения, осадки, разности осадок, крены). Важное значение имеет контактное давление под подошвами фундаментов и напряженное состояние в основании, а при водонасыщении глинистых грунтов также фильтрационная консолидация и ползучесть скелета. При проектировании оснований фундаментов в Ираке используют британско–американские нормы, основанные на теории предельного равновесия. Нагрузка соответствует развитию зон сдвигов и испытанию несущей способности. Для определения величины предельного вертикального давления применяют формулу по Терцаги-Мейергофу. В ней учтены коэффициенты влияния формы и глубины заложения подошвы, а также приведены безразмерные коэффициенты несущей способности. В странах СНГ определяют расчетное сопротивление грунта R , базируясь на теории упругости при ограничении зон сдвига под краями фундаментов. Размеры их подошв с заданными глубинами заложения определяют из условия достижения контактным давлением расчетного сопротивления грунта, что позволяет вычислять осадки фундаментов в линейной стадии их развития.

В некоторых случаях в проектной практике Ирака используют величины допускаемого давления на грунт, которые рекомендуют инженер-геологи в отчетах по изысканиям. Значения давления принимаются в зависимости от глубины заложения подошвы фундамента и типа грунта (таблица 3). Анализ грансостава грунта свидетельствует о существенном влиянии на результат числа соотношения по массе песчаных фракций к глинистым (с уменьшением числа допускаемое давления характеризуются диапазоном 90–55 кПа).

Диссертантом обоснована предпочтительность формулы для R , поскольку входящие в нее параметры учитывают реальные свойства грунтов основания, жесткость конструктивной схемы сооружения и наличие в нем подвала.

Таблица 3. – Допускаемые давления грунтов для районов Междуречья

Район	Глубина, d , м	Допускаемое давление, $q_{ал}$, кПа	Тип грунтов
Аль-Дивания	1	50–55	Глинистый
	2	65–70	
	3	90–95	
Хидр	3	60–65	
	5	50–80	
	7	65–95	
Аль-Насирия	1.5	130	Песчаный
	2	145	
	3	165	
Аль-Зубайдия	1	75	Глинистый
	2	75	
Хилла	1	63	
	2	75	
	3	90	
	4	106	

В третьей главе рассматривается деформирование грунтовых толщ Междуречья на базе проведенных с 2005 по 2010 год при участии соискателя обследований состояния зданий и сооружений с монолитными ленточными фундаментами. Среди многих факторов, нарушивших нормальную эксплуатацию обследованных объектов, кроме конструктивных недочетов, важнейшими были неравномерные осадки фундаментов за счет смещения грунтовых масс с решающим влиянием вязко-пластических процессов (ползучести), а также неверно оцененные особенности напластований и свойств грунтов (в наибольшей мере слабых глинистых) в пятнах застройки, а порой ограниченность исходных данных для расчетов в материалах изысканий. Опыт практической деятельности диссертанта в исследовательском отделе университета Аль-Кадисия показал, что фактические осадки на глинистых грунтах значительно превосходили рассчитанные при проектировании.

В этой связи исследованы особенности микростояния глин Междуречья. Глинистые минералы пластинчатой и шестоватой (игольчатой формы) обладают высокой гидрофильностью, влияющей на многие физико-химические и механические свойства: набухание, усадку, пластичность, сжимаемость, сопротивление сдвигу, а также реологические характеристики (расслабление напряжений, ползучесть скелета). Аллювиальные толщи Междуречья откладывались в пресных водах Тигра и Евфрата. Глинистые частицы при седиментации имеют ориентировку разно наклонную к горизонтальной поверхности и контактируют по типу ребро-плоскость и плоскость-плоскость. Содержание растворенных в пресной воде минеральных веществ незначительное (доли г/л), поэтому цементирующие связи в местах касаний практически отсутствуют. Сравнительно однородная текстура такой среды со слабым внутренним трением в местах контактов деформируется уже при незначительных напряжениях. Все это сильно влияет на строительные свойства мягко-и текучеplastичных глинистых грунтов Междуречья и особенности их деформирования (с преобладанием вязко-пластичной составляющей даже при малых напряжениях) под нагрузкой, а соответственно на эксплуатационную обстановку возводимых на таких грунтах зданий и сооружений.

Таким образом, дисперсная и турбостратическая структура глинистых грунтов в естественных основаниях влекут за собою длительные осадки ползучести (вязко-пластичное смещение). Деформируемость таких оснований оценивалась на базе положений интегральной теории наследственной ползучести Больцмана–Вольтерра, впервые примененной к грунтам В.А. Флориным. Она носит название теории наследственной ползучести, поскольку исходит из принципа учета (наследования) предшествующего напряженного состояния и его влияния на последующее поведение грунта.

Расчет вероятной полной (за счет фильтрационной консолидации и ползучести скелета) осадки выполнен для глин района Аль-Дивания с коэффициентом первичного уплотнения $\alpha_{\text{перв}} = 0.00047 \text{ кПа}^{-1}$. Параметры ползучести (коэффициенты затухания $\delta_1 = 0.014 \text{ мин}^{-1}$ и вторичного уплотнения $\alpha_{\text{вт}} = 0.0018 \text{ кПа}^{-1}$) приняты по опубликованным данным (в Ираке отсутствуют приборы и оборудование для их определения). Полученное при нагрузке $P=100 \text{ кПа}$ значение величины осадки равно 39.9 см при 7 см от первичного уплотнения т. е. боковое вязко-пластичное смещение увеличило осадку в 5.7 раза.

Изложена также сущность мер по ограничению деформативности оснований из малопрочных песчаных грунтов за счет их армирования, эффективность которой проверена конкретными расчетами.

Четвертая глава содержит исследования плитных и свайных фундаментов и рекомендации по выбору их рациональных конструктивно-технологических решений в районах Междуречья Ирака. В ней по материалам опытов на реальных объектах г. Минска при испытании плитных фундаментов в аналогичных с Междуречьем слабых глинистых грунтах изучался эффект уплотнения при их дренировании. На одном из этих объектов основание на большую глубину сложено слабыми глинистыми и биогенными водонасыщенными грунтами. Устроенный здесь геомассив под сплошной фундаментной плитой включал систему дренирующих столбов из сухой бетонной смеси в скважинах, устроенных при вибропогружении обсадных труб с теряемыми крышками.

Фрагменты геомассива испытали статической нагрузкой в трех точках согласно ГОСТ 20276-99 посредством железобетонных штампов и использования упорной системы в виде анкерных винтовых свай и стальных балок. Прочностные и деформационные свойства грунтов до и после устройства дренажных армирующих столбов контролировали статическим зондированием. За счет вытеснения грунта в стороны и упрочнения дренами-столбами его модуль деформации E увеличился с 4.3 МПа до 15 МПа. Песчаную подушку толщиной 1.0 м под фундаментной плитой выполняли с вибрационным уплотнением до получения характеристик: $\gamma = 17 \text{ кН/м}^3$; $E = 30 \text{ МПа}$.

На другом объекте параметры уплотнения окружающих грунтов до и после устройства выштампованных дрен-столбов также оценивали зондированием. При этом в среднем модуль деформации E до устройства столбов был 10.3 МПа, а после стал 36.1 МПа, что согласовалось со значением 40 МПа, полученным при статических испытаниях трех фрагментов геомассива штампом размером 1.5×2.7 м.

Упрочнение рыхлых песков при вытеснении сваями изучалось на маломасштабных моделях в лаборатории кафедры «Геотехника и экология в строительстве» БНТУ исходя из апробированного здесь принципа приближенного моделирования. Он предполагает, что грунты принимаются одинаковыми для модели и прототипа натуральных размеров, а изменяются лишь масштаб и жесткостные параметры фундаментных конструкций. Наряду с однородным грунтом в лотках создавались грунтовые условия с линзами и прослойками рыхлых песков, моделируемых поролоном. Индикационные окрашенные горизонтальные полосы возле стеклянной стенки лотка позволяли определять деформации внутри массива грунта. Эти исследования показали, что вытеснение грунта в сторону от погружения пирамидальных свай или стальных пуансонов, а также при выштамповывании конических полостей для буронабивных свай эффективно уплотняет рыхлые пески и слабые глинистые грунты.

Очередность погружения свай также влияет на развитие зон уплотнения грунта между ними.

Прогноз несущей способности свай осуществлялся по применяемым на практике в Ираке и Беларуси формулам. Результаты расчетов приведены в таблице 4. Они свидетельствуют о расхождении значений несущей способности буронабивных свай 10-15 %, а для забивных свай – не более нескольких процентов.

Поскольку такой прогноз является ориентировочным, более достоверные данные могут дать только статические испытания свай натуральных размеров. Такие испытания соискателем были проведены в разных районах Междуречья (Аль-Насирия, Аль-Дивания и Хидр) с использованием грузовых платформ. При испытаниях свай ступени загрузки выдерживали по 1 часу, максимальное испытательное усилие – 8 часов, а затем снова ступенями сваю разгружали полностью с фиксацией остаточной осадки.

В Аль-Насирии геологические условия соответствовали буровой колонке БК 4 (см. рисунок 1) и были представлены (сверху-вниз) 2-х метровым пластом глины и 4-х метровым слоем песчаного грунта подстилаемого глиной: Из-за высокой сжимаемости и ползучести глинистых грунтов длины опытных свай здесь были приняты 21 м, 22 м и 23 м. При этом свая длиной 21м только опиралась нижним концом на кровлю подстилающего песка, а две другие заглубляли в него на 1 м и 2 м.

В Аль-Дивании грунтовый массив состоял из 14 метрового пласта глины, подстилаемого песком (буровая колонка БК 2 на рисунок 1). Длины испытываемых свай были приняты 20 м и 26 м.

В районе Хидр основание представлено 7-метровым слоем глинистого грунта, подстилаемого песком мелким (буровая колонка БК 3 на рисунок 1). Здесь были испытаны забивные сваи сечением 0.3 x 0.3 м с длинами 12м и 17.5 м.

В таблицах 5, 6 и 7 приведены параметры испытанных в трех областях Междуречья свай со значениями максимальных испытательных нагрузок, ступеней загрузки и разгрузки с соответствующими им общими осадками S_1 и остаточными после разгрузки S_2 , включая соотношения S_2/S_1 .

Совмещенные графики зависимостей $P = f_1(t)$ и $S = f_2(t)$ для испытанных свай приведены на рисунках 2, 3, 4 и 5.

Эти результаты свидетельствуют, что при испытательных нагрузках на сваи полные их осадки составили 2.77-7.61 мм. Поскольку они не достигли сдвиговых значений, можно заключить, что сваи способны воспринимать нагрузки большие по сравнению с полученными в опытах.

Таблица 4. – Результаты расчетов несущей способности свай по формулам для районов Аль-Насирия, Аль-Дивания и Хидр

Район	Свая			Несущей способностью, кН	
	Тип	Длина, м	Сечение, м	Применяемая в Ираке методика	Нормы Респ. Беларусь
Аль-Насирия	Набивная	21	0.7Ø	2221	2507
		22		2302	2671
		23		2397	2830
Аль-Дивания		20	0.5Ø	1362	1579
		26		1988	2224
Хидр	Забивная	12	0.3x0.3	777	764
		17.5		1040	1108

Таблица 5. – Ступени нагрузок и разгрузки на опытные сваи в районе Аль-Насирия

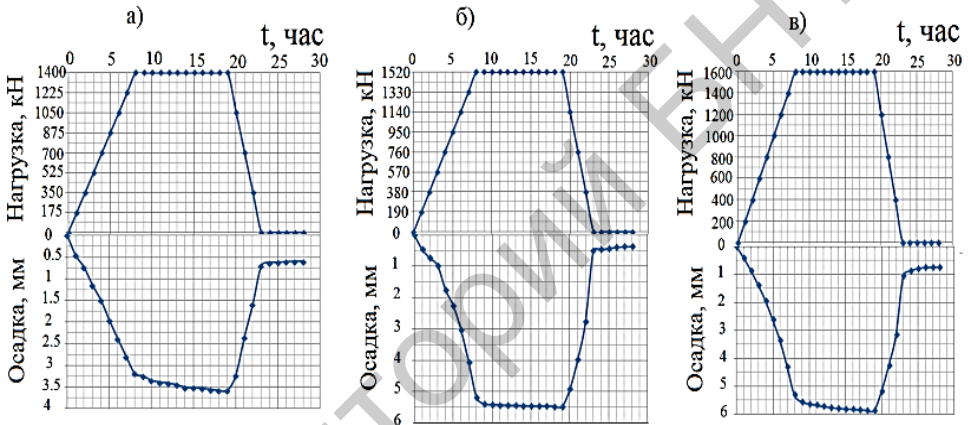
Буровая колонка	Свая		Нагружение			Груз, кН	Разгружение			Осадка, мм		S ₂ /S ₁
	Длина, м	Сечение, м	Ступень, кН	Время, час	Кол-во ступени		Ступень, кН	Время, час	Кол-во ступени	Полная, S ₁	Остаточная, S ₂	
БК4	21	0.7 Ø	175	1	8	1400	350	2	4	3.6	0.6	0.17
	22		190			1520	380			5.5	0.5	0.09
	23		200			1600	400			5.8	0.6	0.1

Таблица 6. – Ступени нагружения и разгрузки на опытные сваи в районе Аль-Дивания

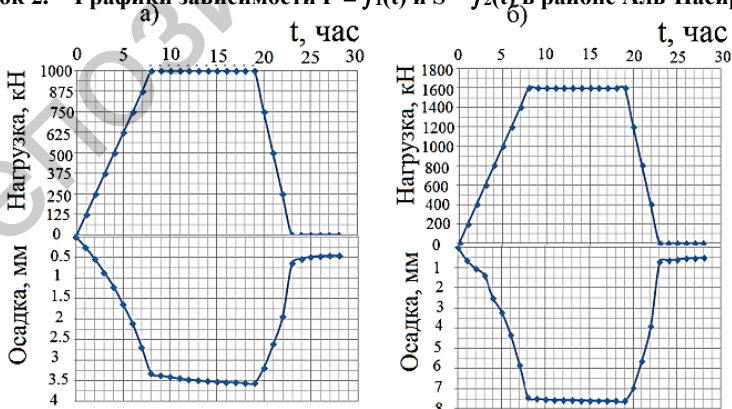
Буровая колонка	Свая		Нагружение			Груз, кН	Разгружение			Осадка, мм		S ₂ /S ₁
	Длина, м	Сечение, м	Ступень, кН	Время, час	Кол-во ступени		Ступень, кН	Время, час	Кол-во ступени	Полная, S ₁	Остаточная, S ₂	
БК2	20	0.5Ø	125	1	8	1000	250	2	4	3.5	0.5	0.14
	26		200			1600	200			7.61	0.7	0.09

Таблица 7. – Ступени нагружения и разгрузки на опытные сваи Хидра

Буровая колонка	Свая		Нагружение			Груз, кН	Разгрузка			Осадка, мм		S_2/S_1
	Длина, м	Сечение, м	Ступень, кН	Время, час	Кол-во ступеней		Ступень, кН	Время, час	Кол-во ступеней	Полная, S_1	Остаточная, S_2	
БК3	12	0.3×0.3	75	1	8	600	150	4	2.8	0.85	0.3	
	17.5		100			800	200		3.8	0.5	0.13	

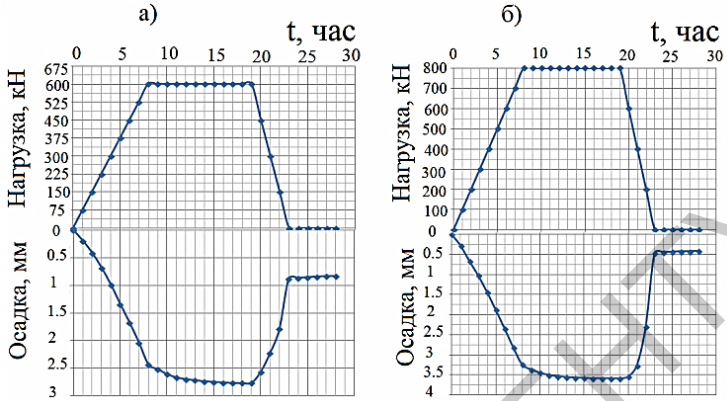


а – длиной 21 м; б – длиной 22 м; в – длиной 23 м

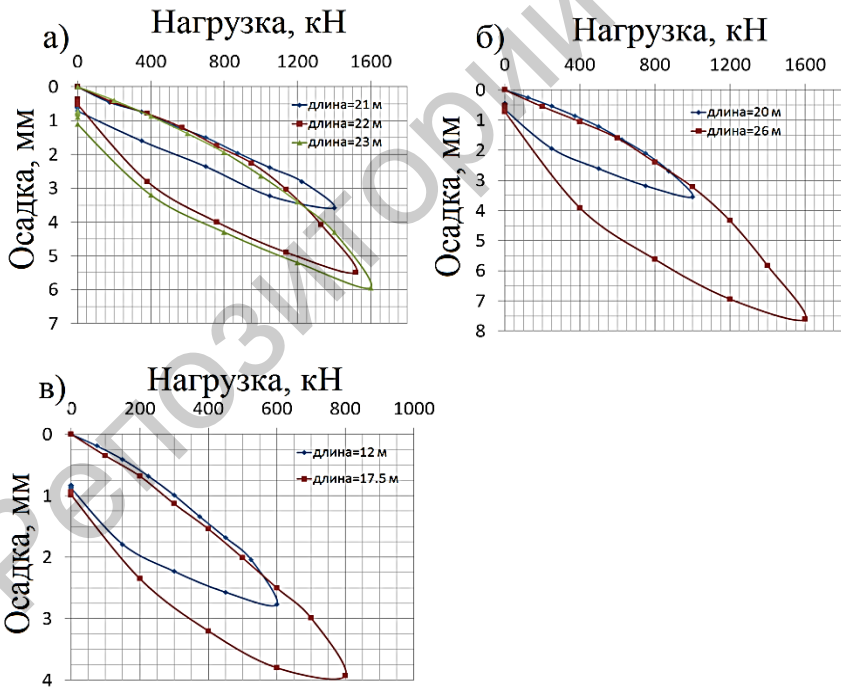
Рисунок 2. – Графики зависимости $P = f_1(t)$ и $S = f_2(t)$ в районе Аль-Насирия

а – длиной 20 м; б – длиной 26 м

Рисунок 3. – Графики зависимости $P = f_1(t)$ и $S = f_2(t)$ в районе Аль-Дивания



а – для сваи длиной 12 м; б – для сваи длиной 17.5 м
Рисунок 4. – Графики зависимостей $P = f_1(t)$ и $S = f_2(t)$ в районе Хидр



а – Аль-Насирия, б – Аль-Дивания, в – Хидр
Рисунок 5. – Графики зависимости $S = f(P)$

На основании полученных экспериментальных данных рекомендуется соблюдать требования действующего в Беларуси стандарта СТБ 2242-2011 «Методы полевых испытаний сваями». Испытательные нагрузки следует доводить до значений, при которых осадки свай достигают десятков миллиметров. При этом грунты сдвигаются вдоль стволов и сжимаются под нижними концами. Большой точности можно достигнуть при фиксации доли сопротивлений грунтов сдвигу и сжатию вдоль ствола и измерении осадки в уровне пяты.

Анализ испытаний свай в Иране, Беларуси и в иных зарубежных странах позволил выявить другие существенные недостатки, обусловленные оценкой осадок свай только по измерениям в их оголовках. При этом не учитываются деформации сжатия стволов при недостаточном сроке набора ими прочности, особенно в слабофильтрующих глинистых грунтах. Требуют уточнения и несовершенные критерии оценки значений несущей способности оснований свай по результатам их статических испытаний.

В итоговой части четвертой главы сформулированы рекомендации по совершенствованию инженерно-геологических изысканий, выбору рациональных конструкций и технологий устройства фундаментов, а также методов их проектирования в условиях сложных комплексов аллювиальных отложений Междуречья

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выполнено комплексное изучение покровных аллювиальных толщ Междуречья Ирака с преобладанием слабых глинистых грунтов. На базе проведенного анализа установлены особенности оснований зданий и сооружений, преимущественно малоэтажных, в условиях Междуречья Ирака. Отмечено отсутствие в стране нормативной базы по грунтоведению и фундаментостроению. Это при наличии выявленных недостатках объемов и информативности инженерных изысканий приводит к неудачным конструктивно-технологическим решениям оснований и фундаментов, негативно отражаясь на эксплуатационных показателях строений в характерных для данного региона неблагоприятных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях. Результаты проведенных в 2005-2010 годах обследований многих объектов Междуречья Ирака, позволили уточнить методику изысканий, их объем и усовершенствовать методику статических испытаний свай на базе действующего в Беларуси СТБ 2242 для строительства в данном регионе Ирака [1, 2, 4, 7].

2. Базируясь на анализе и статистической обработке фондовых материалов инженерно-геологических изысканий установлены значения величин прочностных и деформационных характеристик по их физическим свойствам для аллювиальных глин, слагающих в подавляющем большинстве случаев основания зданий и сооружений Междуречья. Составленные таблицы рекомендуются в качестве основы нормативного документа при расчете оснований и фундаментов. Совершенствование полевых исследований путем обоснованного выбора расстояния между выработками повысит достоверность представляемых по их результатам данных и обеспечит повышение надежности и экономичности фундаментов сооружений [1, 5].

3. На основе экспериментальных данных, выполненных в Ираке рекомендуются усовершенствованные методики расчета оснований плитных фундаментов по двум группам предельных состояний, используемые в Ираке (Терцаги-Мейергофа) в Республике Беларусь и странах СНГ, за счет введения в них уточненных коэффициентов несущей способности и ограничения давления под подошвами плитных фундаментов исходя из предпосылок допускаемого значения расчетного сопротивления R , ограничения контактного давления и учета установленных физико-механических характеристик грунтов, взамен применяемой в Ираке методики расчета по предельному сопротивлению грунтов основания, базирующейся на теоретическом решении Терцаги–Мейергофа или на основе допускаемого давления по рекомендациям инженер-геологов [5, 8].

4. Исходя из анализа структурно-текстурных особенностей слабых глинистых грунтов аллювиальных толщ Междуречья в Ираке предложено при определении полных осадок фундаментов в регионе учитывать преобладающую в них вязко-пластическую составляющую (ползучесть) деформаций [3].

5. На основе обработки инженерно-геологических колонок и профилей аллювиальных толщ Междуречья Ирака проведена их типизация и оценка с точки зрения выбора для них наиболее эффективных конструкций оснований фундаментов и способов их возведения, направленных на повышение надежности и экономичности принимаемых решений в рассматриваемых условиях.

Рекомендовано фундаменты малоэтажных жилых зданий на аллювиальных слабых грунтах, как правило, проектировать монолитными железобетонными в виде перекрестных лент с устройством пояса жесткости между этажами, а на слабых глинистых грунтах большой мощности – в свайном варианте с их прорезкой и заглублением в прочный подстилающий слой [6].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Теоретические и экспериментально-практические результаты исследований диссертации рекомендуется использовать при проектировании оснований и фундаментов в условиях Ирака (например, усовершенствованные в работе и оправдавшие себя в Республике Беларусь нормативы по геотехнике).

2. При выборе и обосновании конструкций фундаментов для слабых грунтов Междуречья Ирака, уделяя особое внимание сформулированным в диссертации рекомендациям по применению прогрессивных геотехнических решений, методов расчета, технологий и оборудования.

3. Разработанные соискателем региональные таблицы физико-механических характеристик для глинистых грунтов Междуречья Ирака и методики расчета оснований фундаментов из них могут быть внедрены в проектную практику посредством включения их в нормативные документы Ирака по геотехнике.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в журналах в соответствии со Списком и Перечнем ВАК

1. Аль-Робай, Али, А. А. Строительные свойства пойменных отложений реки Дивании (рукав Евфрата, Средний Ирак) / Али А. А Аль-Робай // Наука и техника. Международный научно-технический журнал. – 2012. – № 5. – С. 51–55.

2. Аль-Робай, Али, А. А. Особенности формирования грунтовых отложений Месопотамской зоны Ирака / Али А. А Аль-Робай // Наука и техника. Международный научно-технический журнал. – 2013. – № 4. – С.63–66.

3. Баранов, Н. Н. Фильтрационная и вязкоползучая осадка глинистых грунтов Месопотамии / Н.Н. Баранов, Али А. А Аль-Робай // Наука и техника. Международный научно-технический журнал. – 2014. – № 1. – С.52–56.

Статьи в материалах конференций

4. Аль-Робай, Али А. А. Строительные свойства пойменных отложений реки Дивании (рукав Евфрата, Средний Ирак) / Али А. А. Аль-Робай // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инж. кадров Республики Беларусь: сб. трудов XVIII междунар. науч. – метод. семинара, Новополоцк, 28-29 ноября 2012 г.: в 2 т./

Полоцкий госуд. ун-т; под общей редакцией: Д.Н. Лазовского, А.А. Бакатовича. – 2012. – Т. 2. – С. 235–238.

5. Аль-Робай, Али А. А. О давлении под подошвой фундаментов сооружений на покровной толще аллювиальных отложений / Али А. А. Аль-Робай, Сура А. Саадун // Современные проблемы внедрения европейских стандартов в области строительства: сб. трудов междунар. науч. – метод. конф., Минск, 27-28 мая 2014 г.: в 2 ч. / Бел. нац. техн. ун-т (БНТУ); редкол.: В.Ф. Зверев, С.М. Коледа, С.Н. Делендик. – Минск, – 2015. – Ч. 2. – С. 206-210.

6. Аль-Робай, Али А. А. Study and analysis of the types of foundations used in central Iraq (Mesopotamia)/ Али А. А. Аль-Робай, Сура А. Саадун// Современные проблемы внедрения европейских стандартов в области строительства: сб. трудов междунар. науч. – метод. конф., Минск, 27-28 мая 2014 г.: в 2 ч. / Бел. нац. техн. ун-т (БНТУ); редкол.: В.Ф. Зверев, С.М. Коледа, С.Н. Делендик. – Минск, – 2015. – Ч. 2. – С. 211-215.

7. Аль-Робай, Али А. А. Отложения Междуречья (Ирак) / Али А. А. Аль-Робай // Актуальные проблемы геотехники, экологии защиты населения в чрезвычайных ситуациях: материалы 70-й студ. науч. – техн. конф., Минск, 24 апреля 2014 г./ Бел. нац. техн. ун-т (БНТУ); редкол.: С.В. Игнатов, С.Н. Банников, Т.М. Уласик. –Минск, 2014. – С. 52-54.

8. Аль-Робай, Али А. А. Сведения о стадиях напряженного состояния грунта в строительных нормативах / Али А. А. Аль-Робай // Актуальные проблемы геотехники, экологии защиты населения в чрезвычайных ситуациях: материалы 70-й студ. науч. – техн. конф., Минск, 24 апреля 2014 г./ Бел. нац. техн. ун-т (БНТУ); редкол.: С.В. Игнатов, С.Н. Банников, Т.М. Уласик. –Минск, 2014. – С. 13-15.

РЭЗІЮМЭ
АЛЬ-РОБАЙ Алі Абдула Абд

**АСАБЛІВАСЦІ ВЫБАРУ ВІДАЎ ПАДМУРКАЎ, ЯКІЯ ЎЗВОДЗЯЦЦА
НА ГРУНТАХ СКЛАДАНАГА БУДЫНКА МІЖРЭЧЧА ІРАКА**

Ключавыя словы: аллювій, гліна, пясок, торф, лінза, падстава, падмурак, ціск, асадка, ушчыльненне, паўзучасць, геамасіў, паля, трываласць.

Мэта працы: абгрунтаванне і выбар эфектыўных канструкцый падстаў, падмуркаў, метадаў іх разліку і прымянення ў рэгіянальных грунтавых умовах (алювіяльных адкладаў) Сярэдняга Ірака, якія забяспечваюць павышэнне эксплуатацыйнай надзейнасці аб'ектаў і памяншэнне іх кошту.

Аб'ект даследавання: трывальныя і дэфармацыйныя характарыстыкі грунтоў па брытанска-амерыканскім нормам для распрацоўкі табліц нарматыўных значэнняў; абследавання аварыйных эксплуатаваных збудаванняў з дадатковымі кантрольнымі свідравінамі; ўдакладненне метадыкі вызначэння памераў падмуркаў; разлікова-тэарэтычны вызначэнне з улікам мікротэкстуры поўнай ападкаў пры праходжанні працяглых працэсаў паўзучасці шкілета; метады выпрабавання палы статычнай нагрузкай да ўмоўнай стабілізацыі.

Атрыманяя вынікі, іх навізна і ступень выкарыстання:

Вывучаны асаблівасці фарміравання і будавання алювіяльных тоўшчаў, тыпізаваны геалагічныя разрэзы і свідравыя калонкі раёнаў Міжрэчча. Прапанаваны меры па ўдасканаленні інжынерных пошукаў у будаўніцтве пры выбары адлегласці паміж свідравымі свідравінамі.

Грунтуючыся на справядных матэрыялах даследаванняў, складзены табліцы значэнняў велічынь трывальных і дэфармацыйных характарыстык глін рэкамендуемых у якасці асновы нарматыўнага дакумента Ірака.

Паказана неабходнасць выкарыстання ў практыцы праектавання разліковага супраціву грунтоў замест ціску які дапускаецца і ўліку працэсаў паўзучасці пры вызначэнні поўнай асадкі падстаў падмуркаў.

У дачыненні да рэгіёну Міжрэчча прапанаваны меры па ўдакладненні метадыкі выпрабавання палы і крытэрыяў ацэнкі іх апорнай здольнасці зыходзячы з атрыманых пры гэтым вынікаў.

Сфармуляваны рэкамендацыі па прызначэнні эфектыўных канструктыўна-тэхналагічных рашэнняў падстаў падмуркаў, ўдасканаленні метадаў іх праектавання і спосабаў ўзвядзення.

РЕЗЮМЕ

АЛЬ-РОБАЙ Али Абдулла Абд**ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ВИДОВ ФУНДАМЕНТОВ, ВОЗВОДИМЫХ
НА ГРУНТАХ СЛОЖНОГО СТРОЕНИЯ МЕЖДУРЕЧЬЯ ИРАКА**

Ключевые слова: аллювий, глина, песок, торф, линза, основание, фундамент, давление, осадка, уплотнение, ползучесть, геомассив, свая, прочность.

Цель работы: обоснование и выбор эффективных конструкций оснований, фундаментов, методов их расчета и применения в региональных грунтовых условиях (аллювиальных отложений) Среднего Ирака, обеспечивающих повышение эксплуатационной надежности объектов и уменьшение их стоимости.

Объект исследования: прочностные и деформационные характеристики грунтов по британско-американским нормам для разработки таблиц нормативных значений; обследования аварийных эксплуатируемых сооружений с дополнительными контрольными скважинами; уточнение методики определения размеров фундаментов; расчетно-теоретическое определение с учетом микротекстуры полной осадки при протекании длительных процессов ползучести скелета; метод испытания свай статической нагрузкой до условной стабилизации.

Полученные результаты, их новизна и степень использования:

Изучены особенности формирования и строения аллювиальных толщ, типизированы геологические разрезы и буровые колонки районов Междуречья. Предложены меры по совершенствованию инженерных изысканий в строительстве при выборе расстояния между буровыми скважинами.

Базируясь на отчетных материалах изысканий, составлены таблицы значений величин прочностных и деформационных характеристик глин рекомендуемых в качестве основы нормативного документа Ирака.

Показана необходимость использования в практике проектирования расчетного сопротивления грунтов вместо допускаемого давления и учета процессов ползучести при определении полной осадки оснований фундаментов.

Применительно к региону Междуречья предложены меры по уточнению методики испытания свай и критериев оценки их несущей способности исходя из полученных при этом результатов.

Сформулированы рекомендации по назначению эффективных конструктивно-технологических решений оснований фундаментов, совершенствованию методов их проектирования и способов возведения.

SUMMARY

AL-ROBA'Y Ali Abdulla AbdTHE SELECTION FEATURES OF TYPES OF FOUNDATION BASED
ON SOILS WITH THE COMPLEX STRUCTURE IN MESOPOTAMIA IN
IRAQ

Keywords: alluvium, clay, sand, peat, lens, base, foundation, pressure, settlement, compaction, creep, geomassiv, pile strength.

Objective: To study and selection of efficient designs bases, foundations, methods of calculation and application of regional groundwater conditions (alluvium) Middle Iraq that enhance the operational reliability of facilities and reducing their cost.

Object of study: strength and deformation characteristics of soils by the British-American standards for the development of tables of standard values; Survey emergency facilities exploited with additional monitoring boreholes; refinement of methodology for determining the size of the foundation; computational and theoretical definition, taking into account the full microtexture settlement during the flow of long-term creep processes of the skeleton; Test method piles static load to the conditional stabilization.

The results obtained their novelty and degree of utilization:

The features of the formation and structure of the alluvial thickness typed geological sections and drill column regions of Mesopotamia. Proposed measures to improve the engineering survey in construction in the selection of the distance between boreholes.

Based on reporting research materials compiled tables of values of strength and deformation characteristics of clay recommended as the basis a regulatory document of Iraq.

The necessity of the use in the practice of designing resistance of soil instead of allowable bearing capacity and accounting creep processes in determining the total settlement of foundations.

Applied to the regions of Mesopotamia propose measures to clarify the methods of testing and evaluation criteria pile bearing capacity based on the results obtained in this.

Recommendations on the appointment of effective structural and technological solutions of foundations, improve their methods design and methods of construction.

Научное издание

АЛЬ-РОБАЙ Али Абдулла Абд

**ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ВИДОВ ФУНДАМЕНТОВ, ВОЗВОДИМЫХ
НА ГРУНТАХ СЛОЖНОГО СТРОЕНИЯ МЕЖДУРЕЧЬЯ ИРАКА**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.23.02 – Основания и фундаменты,
подземные сооружения

Подписано в печать 24.04.2015. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 1.34. Уч.-изд. л. 1.05. Тираж 80. Заказ 329.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск.