

ИЗЫСКАНИЯ – ОНИ И В АФРИКЕ ИЗЫСКАНИЯ. ЧАСТЬ 2. ПРИМЕРЫ НЕУДАЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ В СУДАНЕ



Некоторые читатели электронного журнала «ГеоИнфо» заинтересовались темой инженерных изысканий в пустынных и засушливых районах Африки. В наших публикациях «Инженерные изыскания и итоговые затраты при автодорожном строительстве...», «Скупой платит в десятки и сотни раз больше...» и в первой части статьи «Изыскания – они и в Африке изыскания...» уже рассматривались проблемы неадекватных исследований грунтовых условий на примере скоростной автомагистрали Каир – Александрия, домов для персонала завода «Аль-Эртикаа» и медиа-информационного комплекса зданий и сооружений ЕМРС в Египте. В данной заметке анализируются примеры неудачных изысканий на территории Судана, рассмотренные в статье М.М.Е. Зумрави «Влияние неадекватных геотехнических исследований на проекты гражданского строительства», которая была опубликована в журнале *International Journal of Science and Research*.

Аналитическая служба

Несмотря на множество проблем Африки, все чаще можно услышать, что это континент будущего для инвестиций. Уже сейчас за его необъятные ресурсы и рынки идет активная борьба между компаниями более развитых стран. Многие исследователи и обозреватели считают, что уже через 20–30 лет экономика африканских государств будет выведена на достаточно высокий уровень и начнет играть активную роль на международной арене [1–6].

Поскольку многие российские компании также стремятся освоить промышленный и строительный рынки Африки, некоторые читатели «ГеоИнфо» заинтересовались

проблемами инженерных изысканий на этом континенте, особенно в пустынных и засушливых условиях. Эти вопросы уже рассматривались нами в публикациях «Инженерные изыскания и итоговые затраты при автодорожном строительстве...», «Скупой платит в десятки и сотни раз больше...» и в первой части статьи «Изыскания – они и в Африке изыскания...» на примере автомагистрали Каир – Александрия, домов для работников завода «Аль-Эртикаа» и медиа-информационного комплекса зданий и сооружений ЕМРС в Египте [7–9].



Рис. 1. Судан на карте [11]

В данной заметке мы приведем примеры неудачных изысканий на территории Судана, проанализированные в статье руководителя секции грунтов и дорог кафедры гражданского строительства инженерного факультета Университета Хартума М.М.Е. Зумрави «Влияние неадекватных геотехнических исследований на проекты гражданского строительства» [10], опубликованной в журнале International Journal of Science and Research в 2014 году. Отметим, что Магди Зумрави является доктором философии и экспертом в области автодорожного и гражданского строительства, работающим с суданскими и международными консалтинговыми фирмами, а также членом Международного общества

по механике грунтов и геотехнике (ISSMGE) и старшим членом Азиатско-Тихоокеанского химического, биологического и экологического инженерного общества (APCBEES). Республика Судан располагается в Северо-Восточной Африке южнее Египта и имеет выход к Красному морю (рис. 1). Ее столицей является г. Хартум (рис. 2), к которому почти вплотную прилегают крупные города Омдурман и Северный Хартум.



Рис. 2. Хартум – столица Судана [12]

Значительная часть территории страны – возвышенное плато с высотными отметками 300–1000 м, в восточной части пересекаемое с юга на север долиной Нила, образуемого слиянием Белого и Голубого Нила. Север занимают в основном песчаная Ливийская и песчано-каменистая Нубийская пустыни, центральную часть – полузасушливый регион саванн, редколесий и низких гор, южную часть – болота и джунгли. По долинам рек встречаются влажные галерейные леса. На западе страны располагаются плато Дарфур и Кордофан с отдельными массивами и горами, на востоке – отроги Эфиопского нагорья (Хабеша), на северо-востоке – Красноморские горы с узкой полосой приморской низменности. Климат на севере – тропический пустынный, на юге – субэкваториальный муссонный. Из полезных ископаемых имеются большие запасы нефти, газа, железной руды, меди, олова, цинка, молибдена, вольфрама, хрома, марганца, золота, серебра, урана, мрамора, асбеста, графита, гипса. Большими экологическими проблемами являются эрозия почв и наступление пустынь [13–15].

Судан относится к числу беднейших полиэтнических стран с тяжелым колониальным прошлым. Во времена правления Египта и Британии внутренние и внешние границы там были проведены без учета этнических и религиозных особенностей, в результате чего страну периодически потрясают государственные и военные перевороты, гражданские войны, восстания и вооруженные конфликты. Государство приобрело независимость в

1956 году. В 2011 году произошел его раскол с отделением Южного Судана от Северного Судана (Судана). В 2003 году пыталась отделиться и западная провинция Дарфур.

Основу экономики страны составляет сельское хозяйство. Благодаря крупным иностранным инвестициям, увеличению добычи, переработки и экспорта нефти и других полезных ископаемых она даже на фоне политических кризисов и большого государственного долга имеет неплохие темпы роста, опережая в этом отношении государства Ближнего Востока и другие страны Северной Африки.

В строительной сфере Судана оборот вырос за 1970–2016 гг. в 77,9 раз – на 3 млрд долларов. Среднегодовой прирост составил 9,9%, или 5,0% в постоянных ценах. Доля в мире увеличилась на 0,054%, доля в Африке – на 1,7%.

Первоочередными задачами для подъема экономики страны является повышение квалификации суданских специалистов и рабочих, развитие дорожной сети и увеличение производства электроэнергии [16–22].

Разбираемая в настоящей статье работа М.М.Е. Зумрави [10] посвящена проблемам неадекватных инженерных изысканий, которые приводят к созданию фундаментов либо с избыточным (что экономически неэффективно), либо с недостаточным (что небезопасно) запасом прочности, а также к задержкам и перерасходам при реализации строительных проектов. Изыскания могут быть выполнены плохо из-за неинформированности заказчиков, нехватки времени и финансов, отсутствия геотехнических знаний и надзора. Чтобы показать влияние объема и качества изысканий на строительные проекты, Зумрави проанализировал два случая из практики – строительство многоэтажного здания в г. Хартуме и дороги Аларда в г. Омдурмане.

Строительство многоэтажного здания

Для строительства двенадцатиэтажного здания на востоке столицы Судана был предложен участок размером 800 кв. м, имевший довольно плоскую поверхность. Инженеры-проектировщики получили отчет об инженерных изысканиях для строительства этого объекта, в котором говорилось, что на площадке было пробурено 4 скважины глубиной по 15 м, а также было выполнено динамическое зондирование (стандартные пенетрационные испытания – SPT) и определены пластические свойства грунта (пределы Аттерберга).

По этим данным были сделаны выводы о том, что верхний слой до глубины 3 м представлял собой глинистый песок, под ним до глубины 9 м залегал пылеватый песок с некоторым количеством гравия, ниже до глубины 15 м – песок от мелкого до среднего, а уровень грунтовых вод находился на глубине 6 м.

На основе представленного отчета был разработан проект сплошного плитного фундамента с подошвой на глубине 4,5 м (в пределах слоя пылеватого песка).

После этого началась выемка грунта до глубины 4,5 м. Однако во время земляных работ было замечено, что геологический разрез отличается от описанного в отчете по изысканиям. Верхний слой до глубины 3 м представлял собой полутвердую песчанистую глину, а под ней залегала твердая пылеватая глина высокой пластичности (рис. 3).



Рис. 3. Разрез, наблюдавшийся при выемке грунта для строительства котлована в г. Хартуме [10]

Было решено совместно выполнить дополнительные изыскания в присутствии заказчика, подрядчика и консультанта. Было пройдено еще 2 скважины глубиной по 20 м. Полученные при этом данные показали, что на глубине до 3 м залегала полутвердая песчанистая глина низкой пластичности, под ней до глубины 9 м – твердая пылеватая глина высокой пластичности, на глубине 9–12 м – твердый глинистый песок низкой пластичности, на глубине 12–20 м – твердый пылеватый песок. Таким образом, дополнительное обследование площадки выявило наличие слабых грунтов в верхней части разреза и более твердых слоев на глубине 9 м и ниже. Грунтовые воды при бурении не были встречены. На основе этой информации был составлен новый отчет. В таблицах 1 и 2 показаны результаты бурения и испытаний грунтов из первоначального и пересмотренного отчетов по изысканиям. Сравнение этих таблиц ясно показывает полное несоответствие друг другу представленных в них данных. О причинах до такой степени ошибочного выполнения первоначальных изысканий остается только догадываться (напомним, что одной из основных проблем инженерных изысканий в Судане является огромная нехватка компетентных специалистов в области инженерной геологии и геотехники, способных выполнять качественные изыскания для строительства). На основе пересмотренных данных пришлось разработать новый проект фундамента – на буронабивных сваях длиной по 12 м. Для этого была определена предельная несущая способность свай предлагаемого диаметра, рассчитано их количество, определено размещение групп свай для выдерживания нагрузки от здания.

Таблица 1. Результаты бурения и испытаний из первоначального отчета по изысканиям для строительства двенадцатиэтажного здания в г. Хартуме [10]

Глубина, м	Описание грунта	Классификация	Пределы Аттерберга, %		Число ударов <i>N</i> при SPT
			предел текучести <i>LL</i>	предел пластичности <i>PI</i>	
1,5	Темно-серый глинистый песок низкой пластичности	Sc	35	12	23
3,0			31	9	20
4,5	Непластичный плотный светло-серый пылеватый песок с некоторым количеством гравия	SM	NP		26
6,0					24
7,5					27
9,0					30
10,5	Непластичный рыхлый мелкий и средний желтоватый песок	SW	NP		17
12,0					14
13,5					12
15,0					8

Таблица 2. Результаты бурения и испытаний из пересмотренного отчета по изысканиям для строительства двенадцатиэтажного здания в г. Хартуме [10]

Глубина, м	Описание грунта	Пределы Аттерберга, %		Прочность на сдвиг		Число ударов <i>N</i> при SPT
		предел текучести <i>LL</i>	предел пластичности <i>PI</i>	Удельное сцепление, кПа	Угол внутреннего трения, град.	
1,5	Полутвердая песчанистая глина (CL) низкой пластичности	35	14	28	17	23
3,0		45	17			28
4,5	Твердая пылеватая глина (CH) высокой пластичности, плотная	72	33	40	9	36
6,0		65	30			39
7,5		59	28			37
9,0		61	32			45
10,5	Полутвердый глинистый песок (SC) низкой плотности	27	8	52	22	>50
12,0		31	11			>50
13,5	Твердый пылеватый	NP		24	32	>50
15,0						>50

16,5	песок (SM), непластичный, высокой плотности				>50
18,0					>50
20,0					>50

Рассмотренный пример еще раз подтверждает важность достоверности данных изысканий для безопасного и экономически эффективного проектирования, снижения рисков задержек и перерасходов при строительстве. Поскольку подобный случай не является единственным, Зумрави также подчеркивает, что проведение изысканий нуждается в постоянном надзоре, выполняемом квалифицированным геотехником или инженером-геологом. Также необходимо разработать процесс аккредитации подрядчиков и лабораторий, выполняющих эти работы.

Строительство дороги

Улица Аларда длиной 2,75 км является одной из самых важных дорог в г. Омдурмане, она соединяет восточную и центральную части города и состоит из двух проезжих частей шириной по 10,5 м и четырех полос, разделенных островком безопасности шириной 1,2–2,0 м.

Вскоре после окончания строительства дороги на нескольких ее участках появились трещины, углубления и вспучивания (рис. 4). И в 2008 году заказчик (Министерство физического планирования и коммунального хозяйства Судана) запланировал исправить ситуацию. Для этого были проведены изыскания, включившие проходку разведочных шурфов глубиной по 2 м через каждые 500 м дороги, отбор образцов грунта и их лабораторные исследования (определение гранулометрического состава, пластических свойств и несущей способности).



Рис. 4. Углубления и вспучивания на улице Аларда в г. Омдурмане [10]

Геологический разрез оказался изменчивым. Он включал разные слои грунтов, которые неравномерно встречались вдоль дороги. Тесты на набухание показали, что в ее основании имелись сильнонабухающие глины, очень чувствительные к изменениям влажности. В рассматриваемом случае проблема возникла из-за попадания сточных вод в эти грунты из располагавшихся вдоль улицы домов. При увлажнении происходило их набухание, а при высыхании – усадка, что привело к неспособности такого основания выдерживать нагрузки от дорожного движения.

Для реабилитации дороги из ее основания были удалены верхние 1,5 м набухающих глин с их заменой зернистым насыпным грунтом толщиной 500 мм. На нем поместили 10-сантиметровый фильтрующий слой мелкого щебня, а еще выше – слой крупной гальки мощностью 40 см. Далее уложили 5 слоев природных сыпучих грунтов толщиной по 15 см и дорожное покрытие – асфальтобетонную смесь толщиной 10 см. Чтобы предотвратить проникновение сточных вод в основание, по краям дороги и центрального островка безопасности были установлены вертикальные гидроизоляционные мембраны Fondaline до глубины 2,0–2,5 м (рис. 5).



Рис. 5. Гидроизоляционная мембрана, устанавливаемая для предотвращения проникновения сточных вод в основание дороги [10]

Рекомендации

В заключение М.М.Е. Зумрави напоминает, что грунтовое основание является жизненно важным элементом большинства зданий и сооружений и его исследованию следует уделять столько же внимания, сколько и другим аспектам строительного процесса. Проведение изысканий для строительства является междисциплинарным вопросом, и за них должны отвечать специалисты, имеющие специальную подготовку и достаточный опыт.

Эти исследования и их планирование должны быть полностью интегрированы в процесс проектирования и строительства. Надо учитывать, что на их результаты влияют прежде всего такие факторы, как давление времени и денег, взаимосвязи между заказчиками, основными подрядчиками, специалистами по изысканиям, проектировщиками и

строителями, а также технические аспекты планирования, выполнения исследований и интерпретации полученных результатов.

Должна быть прекращена практика использования самой низкой цены в качестве основного критерия для выбора подрядчика. Выбор должен производиться на основе компетенции и способности исполнителя изысканий предоставить проектировщикам достоверные и достаточные данные по условиям площадки.

Поскольку в Судане развивается строительство инфраструктурных объектов, там существует настоятельная необходимость в разработке национальных технических условий и методов измерений для проведения изысканий и надзора за ними на основе действующих международных руководств и инструкций.

Зумрави также отмечает, что необходимы дополнительные исследования по изучению важности адекватного проведения изысканий для гражданского строительства, а также по установлению правильного баланса между программой (а значит, и стоимостью) изысканий и рисками связанных с ними перерасходов и задержек.

Список литературы и других источников

1. http://www.ng.ru/ideas/2017-06-27/5_7016_africa.html.
2. <http://www.odnako.org/almanac/material/chernaya-dira-ili-kontinent-budushchego/>.
3. <http://www.radiopolsha.pl/6/249/Artykul/335657>.
4. <http://www.fastestbillion.com/>.
5. <http://www.rencap.com/rus/Media/PressReleases/?id=429>.
6. *Robertson Ch. et al.* The fastest billion: the story behind Africa's economic revolution. Renaissance Capital, 2012. 272 p.
7. Инженерные изыскания и итоговые затраты при автодорожном строительстве. Из зарубежного опыта // Geoinfo.ru. Заказчику на заметку. 2018. 9 апреля. URL: <http://www.geoinfo.ru/product/analiticheskaya-sluzhba-geoinfo/inzhenernye-izyskaniya-i-itogovye-zatraty-pri-avtodorozhnom-stroitelstve-iz-zarubezhnogo-opyta-37215.shtml>.
8. Скупой платит в десятки и сотни раз больше. Из зарубежного опыта изысканий // Geoinfo.ru. Заказчику на заметку. 2018. 16 апреля. URL: <http://www.geoinfo.ru/product/analiticheskaya-sluzhba-geoinfo/skupoj-platit-v-desyatki-i-sotni-raz-bolshe-iz-zarubezhnogo-opyta-izyskanij-37267.shtml>.
9. Изыскания – они и в Африке изыскания. Часть 1. Пример неадекватных исследований грунтовых условий в Египте // Geoinfo.ru. Заказчику на заметку. 2018. 28 мая. URL: <http://www.geoinfo.ru/product/analiticheskaya-sluzhba-geoinfo/izyskaniya-oni-i-v-afrike-izyskaniya-chast-1-primer-neadekvatnyh-issledovaniy-gruntovyh-uslovij-v-egipte-37556.shtml>.
10. *Zumrawi M.M.E.* Effects of inadequate geotechnical investigation on civil engineering projects // International Journal of Science and Research (IJSR). 2014. Vol. 3. № 6. URL: <http://khartoumspace.uofk.edu/bitstream/handle/123456789/20777/Effects%20of%20Inadequate%20Geotechnical%20Investigation.pdf?sequence=1>.
11. <https://yandex.ru/maps>.
12. https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/110/%D0%A1%D0%A3%D0%94%D0%90%D0%9D.
13. <http://country-in-africa.ru/sudan>.
14. <https://geographyofrussia.com/sudan/>.
15. <http://materiki.ru/sudan-informaciya-o-strane/>.
16. <http://www.gecont.ru/articles/econ/sudan.htm>.
17. <http://country-in-africa.ru/sudan>.

18. http://www.chaskor.ru/hub/sudan_19920.
19. <http://fb.ru/article/213408/severnyiy-sudan-foto-klimat-stolitsa-yujnyiy-i-severnyiy-sudan>.
20. <https://wikiway.com/sudan/>.
21. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%B4%D0%B0%D0%BD>.
22. <http://be5.biz/makroekonomika/construction/sd.html>.