

**КАМАЛОВ В.Г.**

**Генеральный директор**

**Архстройизыскания, г.Уфа**

**KAMALOV V. G.**

**Director-general**

**Arkhstroyiziskaniya, Ufa**

**oooasiz@mail.ru**

## **Об инженерно-геологических изысканиях**

**в период строительства (на примере участка в г. Уфе)**

## **On engineering-geological surveys**

**during construction (the example plot in Ufa)**

**Ключевые слова:** изыскания в период строительства, техногенный карст, разуплотнённая зона, мелиорация грунтов.

**Key words:** survey during construction, technogenic karst, decompressed zone, soil reclamation.

**Аннотация:** в статье изложен пример недостаточных инженерно-геологических изысканиях на стадии рабочей документации на застроенном участке закарстованной территории и необходимости дополнительных изысканий в период строительства.

**Abstract:** The article describes an example of inadequate engineering geological survey under the working documentation for a built-up area of karst areas and the need for additional research in the period of construction.

### **Введение**

Инженерно-геологические изыскания в период строительства выполняются редко. В нынешних условиях, когда отсутствует актуализированная нормативная база и нарушена система ценообразования, заказчик удивлен и даже раздражен, что нужно дополнительно исследовать площадку в период строительства, т.к. возможны перепроектирование сооружения, задержка прохождения экспертизы и строительства. Даже опытный застройщик, понимающий роль изысканий, привлекая выполнить последние профессиональных надежных изыскателей,

рассчитывает «как правило» на 3 скважины. Однако в сложных инженерно-геологических условиях г. Уфы это часто недостаточно и тогда может возникнуть необходимость дополнительных изыскательских работ в период строительства. Такой ход событий наступает, когда заказчик не обеспечивает заезд буровой техники в контуры проектируемого сооружения, при изменении генплана, глубины заложения фундаментов, этажности, сложности зданий и сооружений. Ниже приводятся материалы изысканий в период строительства, вызванные недостатком изысканий на стадии рабочего проектирования (частная застройка не позволила выполнить необходимое количество буровых скважин и других работ) в сложных инженерно-геологических условиях.

#### Инженерно-геологические условия участка по изысканиям для рабочей документации

Административное здание 2-3 этажное с подземными парковками на 2-х уровнях (заглубление на отдельных участках составило около 8 м) запроектировано на бровке водораздельной платообразной поверхности рельефа северной части Уфимского « полуострова» (Уфимская антиклиналь-блок) и склона долины р. Белой. Площадка расположена в понижении, образовавшемся в верховье оврага, внедрившегося глубоко в водораздел. Не исключено, что в массиве грунтов в период активного карстового процесса образовались различной величины открытые и заполненные полости. В результате развития эрозионных и карстовых процессов некоторые из них обрушились и сформировалось упомянутое довольно обширное полого наклоненное к северо--востоку понижение, ограниченное с юго--юго—запада крутым откосом высотой до 4 м. В восточной части прослеживается суффозионно—карстовая воронка №1. Контуры её в плане изменены строительными работами, глубина и динамика её развития не известны (нет допуска на территорию частной застройки).

Техногенные условия на площадке и на прилегающих участках усложнились при строительстве многоэтажных зданий и сооружений, прокладке инженерных коммуникаций с заглублением их до 6м. При обустройстве фундаментов глубокого заложения защитный маломощный покров грунтов снят, обнажив прослойки потенциально суффозионных грунтов (выветрелых песчаников, мергелей, известковой «муки» в трещинах полускальных известняков).

При изысканиях на участке пробурены 3 скважины глубиной 20-63-64 м (из них только одна в контурах проектируемого здания). Между скважинами №№ 1 и 2, по профилю II-II (рис.1), пересекающему проектируемую площадку, выполнена межскважинная сейсмическая томография (МССТ) для характеристики структурно-тектонического строения и оценки физического состояния массива грунтов (закарстованность, упруго-деформационные и прочностные показатели свойств грунтов в естественном залегании).

Геологический разрез участка сложен техногенными и нижнепермскими грунтами уфимского и кунгурского ярусов (Рис.2,3). Насыпные грунты - неоднородные, разной степени уплотнения глинистые отложения, строительные отходы и почва; мощность слоя 2-6м. Верхнешешминский подгоризонт уфимского яруса отсутствует. Нижнешешминский подгоризонт ( $P_{1s1}$ ) представлен переслаиванием глин, мергелей, известняков и песчаников. Глина пестроцветная, аргиллитоподобная, плотная, слоистая, участками песчаная, с тонкими линзами выветрелых мергелей и известняков. Глина в разрезе залегает в виде отдельных пластов мощностью 1.5 – 12.2м или линзовидных подчинённых прослоев мощностью 0.2 – 1.0м среди мергелей. Мергель серый, мощностью до 7м в основном представляет собой глинисто – щебенисто – дресвянистую разуплотнённую массу грунта (по гранулометрическому составу фракции 0.05-0.1 составляют 56-68%) с прослоями 0.1 – 0.2м полускальных разностей и выветрелых линз известняков, глин и песчаников. Известняк тёмно– серый трещиноватый полускальный, прослоями выветрелый до дресвяно – щебенистого состояния, отмечается среди глин имергелей в виде линз мощностью до 2.8м. Песчаник красновато– коричневый на глинисто – карбонатном цементе выветрелый до состояния плотного песка с отдельными линзами полускального прослеживается по всему разрезу как маркирующий горизонт мощностью 0.3 – 0.5м. Общая мощность нижнешешминских отложений 32 – 33м.

Соликамский горизонт ( $P_{1sl}$ ) представлен часто переслаивающимися глинами, мергелями, известняками и тонкими пропластками алевролитов. Для зеленовато-серых карбонатных глин характерны микрослоистость, участками загипсованность в виде гнезд, чешуек, прожилков. Мощность глин 7-11м. Мергель выветрелый до щебенистого состояния с мучнисто-глинистым заполнителем образует как самостоятельные слои мощностью до 7м, так и прослои и линзы среди глин и известняков. Известняки представлены в разрезе скальными слаботрещиноватыми слоями и выветрелыми дресвяно-щебенистыми прослоями и линзами. Общая мощность соликамского горизонта 20-30м.

Вскрытый на площадке разрез грунтов уфимского горизонта мощностью 52-63м характеризуется значительным содержанием карбонатных разностей мергелей и известняков, интенсивно выветрелых и трещиноватых и образующих участки разуплотнённых зон, которые по данным геофизических исследований (МССТ) имеют широкое распространение (рис.4). В пространстве между скважинами 1-2 выделяются 4 крупные разуплотнённые зоны с низкими значениями скоростей (600-700 м/с) и расчётным значением объёмной плотности 1.8-1.85 г/см<sup>3</sup>. По характеру изолиний скоростей продольных волн в массиве в субвертикальной плоскости наблюдается их падение на юго-запад. Самая значительная из зон распространяется на глубину более 20м. Заверить прямыми методами, бурением скважин, и определить её реальные размеры не представлялось возможным. Слои, прослои и линзы разуплотнённых разностей грунтов разбиты трещинами, заполненными тонкодисперсным материалом. Наблюдаются трещины напластования, выветривания и, возможно, трещины разгрузки, которые секут несколько слоёв грунтов на участках перегиба пластов и падении их в сторону карстово-суффозионной воронки №1.

Кунгурский ярус ( $P_{1k}$ ) представлен гипсами иренского горизонта. Гипсы светло-серые среднекристаллические, по геофизическим данным закарстованные по локальным участкам до 5-10м, где прослеживается интенсивная трещиноватость. Трещины имеют беспорядочную направленность и заполнены глинистым материалом. Ниже по разрезу гипсы монолитные.

Гидрогеологические условия площадки характеризуются отсутствием в верхней части разреза постоянных водоносных горизонтов. В условиях медленного восходящего движения «полуострова» (его отдельных частей-блоков), раздробления горных пород в осевой части антиклинали и на её крыльях, подземные воды перетекли за пределами участка внутрь массива—в зону формирования кунгурского водоносного горизонта. Фильтрационные параметры грунтов (коэффициенты фильтрации поданным наливов): глины с тонкими прослоями мергеля, известняка и песчаника 0.39-2.2 м/сутки, мергели 0.13-0.74 м/сутки, известняки-2.3-3.1м/сутки, разуплотнённых грунтов-25.1 м/сутки, т.е. по степени водопроницаемости грунты в массиве классифицируются от слабопроницаемых до сильноводопроницаемых [2].

Из экзогенных геологических опасностей на рассматриваемом участке имеются условия для развития карстово-суффозионного процесса в карбонатных трещиноватых разностях известняков, мергелей и песчаниках. Однако отсутствие одного из главных условий развития карстового процесса - движущейся воды, свидетельствует, что естественный карбонатный карст в данных условиях не активен. Оживление его активности возможно в водообильные сезоны года и при аварийных утечках из водонесущих коммуникаций. Наибольшую опасность в верхней части разреза представляют слои и линзы разуплотнённых и трещиноватых карбонатных грунтов и заполнитель трещин. При воздействии на них сосредоточенного потока техногенных вод может активизироваться суффозия, т.е. вынос мелкой фракции из трещин, каверн и полостей и, как следствие, привести к образованию просадки грунтов и даже провалов. Что касается сульфатного карста, то среднерастворимые гипсы залегают в разрезе на глубине 58-63м, перекрыты пачкой уфимских глин, мергелей, песчаников и известняков, трещиноватость которых с глубиной уменьшается, что способствует снижению скорости проникновения подземных вод в сезонные водообильные периоды года, и карстовый процесс в гипсах в настоящее время не активен.

По полученным прямым и косвенным критериям и признакам, разработанным для карстовых районов РБ [1], площадка изыскателями была отнесена к потенциально опасной по карстово-суффозионным процессам (Ш В) и требовала проведения специальной противокарстовой защиты (ПКЗ). Главные критерии отнесения площадки к III категории относительно карстовых провалов: близость расположения площадки к карстово-суффозионной воронке №1 (менее одного её диаметра), глубина залегания карстующихся грунтов, наличие в разрезе суффозионных грунтов более 30%, частичная загипсованность соликамских отложений. Зона В по карстовой опасности выделена в связи с обнаруженными МССТ многочисленных разуплотнённых участков и не выявленных заполненных полостей в массиве грунтов. Прогнозировалась возможность воздействия на разуплотнённые грунты сосредоточенных утечек из водонесущих коммуникаций и ливневых атмосферных осадков. ПКЗ должна быть направлена на предотвращение воздействия на грунты основания фундаментов техногенных факторов.

На основании этих рекомендаций на площадке были запроектированы свайные фундаменты с погружением свай длиной 9 м в лидерные скважины методом вдавливания с последующим испытанием их под нагрузку 80 тонн для одиночной сваи и свайный ростверк, как конструктивную ПКЗ, в виде железобетонной плиты толщиной 0,7м.

#### Результаты изысканий в период строительства

В период производства строительных работ при бурении лидерных скважин для обустройства свайного фундамента в сентябре 2012г. была обнаружена в северо-западном углу площадки открытая полость высотой 3-5 м, на глубине 6-7 м от планировочных отметок котлована, объёмом около 25м<sup>3</sup> (рис.2,3). Кроме того, при документации котлована выявлена довольно существенная особенность залегания пластов грунтов – их падение в сторону суффозионно-карстовой воронки № 1 под углом 25-26 град., азимутом падения 75-85 град., сбросо-надвиговых смещений грунтов не отмечено (фото 1).

При опросе местных жителей выяснилось, что в начале января 2012 г. из аварийного водопровода, расположенного выше по отметкам рельефа, вода под большим напором затопила площадку и прилегающую территорию, произошла её фильтрация в трещиноватые грунты. Кратковременное силовое воздействие техногенных вод на вмещающие их грунты вызвало механическую суффозию грунтов закрытого типа. Этому вероятно способствовало наличие открытых пустот или каналов в массиве. В этом случае суффозия приобрела на отдельных участках вид подземной эрозии. Дисперсные мучнисто-глинистые фракции грунтов подверглись выносу нисходящим потоком техногенных вод в свободные полости, каналы и трещины ниже по разрезу, т.е. происходил процесс их кольматации. В то же время в верхней части разреза за счёт ослабления структурных связей образовались новые полости и каналы. Таким образом создалась обстановка для обрушения кровли вновь созданных полостей.

Дополнительными буровыми работами (15 скважин глубиной 8-23м) с учётом данных бурения лидерных скважин были уточнены геологическое строение, площадь, конфигурация и глубина разуплотнённой зоны грунтов в разрезе. В результате скважинами околонушена древняя карсто-суффозионная воронка №2 диаметром 8 м, глубиной 22.3м. Воронка до 14 м заполнена насыпными грунтами, ниже – до 22.3 м дресвяно-обломочным материалом пермских грунтов, отнесённых к склоновым отложениям, образовавшимся при выполаживании её бортов (рис.2,3).

По результатам дополнительных работ участки околонушенной древней воронки №2 и открытой полости отнесены по карстовой опасности к ША и было принято решение о мелиорации грунтов (тампонаж цементным раствором) по всей площади основания сооружения на глубину развития разуплотнённых грунтов. С западной стороны участка, где проходит коридор с водонесущими коммуникациями (рис.1), выполняется инъекционная завеса с целью уплотнения грунтов для снижения их фильтрационных параметров и отвода аварийных стоков от проектируемой площадки. При этом барражный эффект и подтопление соседней высотной застройки

исключается, т.к. общий уклон рельефа и падение пластов грунтов имеет северо-восточное направление.

В период разработки проекта мелиорации грунтов и проведения работ по обустройству плитного фундамента на участке, где вскрыта открытая полость, произошло обрушение свода над ней (фото 2,3). В данном конкретном случае обрушение его произошло под воздействием опять-таки техногенного фактора: строительных работ, бурения лидерных и контрольных скважин, складирования строительных материалов и т.д., что дополнительно подтвердило правильность проектных геотехнических мероприятий по ликвидации открытой полости и закреплению разуплотненных зон в массиве. Дополнительным проектом изменена длина свай на участках заполненной воронки №2 и разуплотнённых грунтов с целью прорезки их на всю мощность с упором острия свай в плотные слои и одновременным испытанием её установкой для вдавливания свай до 80 т.

При выполнении проектных решений (качественное проведение инъекционных работ и уточнённых конструктивных мероприятий) площадку можно отнести к пригодной для застройки (ПКС), на которой за амортизационный срок эксплуатации здания карстово-суффозионные процессы не будут иметь активного развития.

#### Выводы

В данном случае мы видим, что из-за недостатка изысканий на стадии разработки проектной рабочей документации произошёл разрыв между инженерно-геологической информацией и полнотой принятия проектных и геотехнических решений. Создавшаяся сложная ситуация была решена коллегиально в системе изыскания-проектирование-геотехника-строительство именно в период возведения фундаментов – наиболее ответственной части любого сооружения. Это фактически был осуществлён комплексный авторский надзор.

Анализ приведённой информации ещё раз свидетельствует, что в сложных инженерно-геологических условиях с развитием в разрезе коренных скальных, полускальных и специфических грунтов, особенно на закарстованных территориях, в склоновых условиях, необходима более плотная сетка разведочных скважин и обязательное выполнение горно-проходческих работ для реального описания грунтов, их залегания в массиве, состояния трещиноватости и т. д., тем более, что эти прямые характеристики используются для геотехнических расчётов, например, для расчёта устойчивости склонов.

Из косвенных геофизических методов на закарстованных участках (площадках) РБ на стадиях рабочей документации и особенно в стеснённых условиях наиболее информативными являются сейсмические наземные методы (способ центрального луча - СЦЛ) и метод межскважинной сейсмической томографии (МССТ). Геофизические данные должны заверяться прямыми методами (бурением скважин).

Изыскания в период строительства в сложных инженерно-геологических условиях, при строительстве сложных и уникальных сооружений и в других ситуациях должны закладываться в программу изыскательских работ.

#### Список литературы

1. ВСН 2—86. Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий на закарстованных территориях Башкирской АССР. Госстрой БАССР. Уфа. 1986. 50 с.
2. ГОСТ 25100-12. Грунты. 59 с.
3. СНиП 2—11—96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М. Минстрой России, 1997, 44 с.
4. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Минрегионразвития. М. 2011. 161 с.