

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ КАРСТОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО В г. САМАРЕ

В статье подвергаются анализу инженерно-геологические условия строительства г. Самары. В связи с ограничением возможности строительства зданий за территорией города все интенсивнее осваиваются районы распространения карстующих пород. При соблюдении мероприятий по инженерной защите сооружений от карста здания на таких территориях не подвержены деформациям на протяжении всего периода эксплуатации. Однако для успешного строительства необходимо проводить полные и качественные инженерные изыскания, дабы исключить возможность дальнейшего удорожания строительства.

**Ключевые слова:** строительство, геологическая среда, инженерные изыскания, карстовые процессы, затраты.

Согласно разработанному Генеральному плану Самары, развитие города должно происходить за счет внутренних территориальных резервов. Рассмотрено несколько вариантов территориально-пространственного развития города, один из которых — интенсивное использование территории в пределах существующих границ городского округа. Однако интенсивность и разнообразие хозяйственной деятельности человека на современном этапе обуславливают большое негативное влияние на геологическую среду многочисленных видов техногенных воздействий, вызывающих активизацию старых и возникновение новых опасных геологических процессов. Это делает крайне необходимым оценку реакции геологической среды на техногенное воздействие и определения ее устойчивости. Наиболее актуальными являются вопросы влияния карста и карстовых проявлений на основания зданий и сооружений особенно в связи с ростом объемов строительства в менее благоприятных инженерно-геологических условиях и активизации хозяйственной деятельности человека. Пытаясь снизить стоимость строительства, зачастую сокращают объем и состав обосновывающих работ и исследований, обходясь только данными бурения скважин или использованием литературных и архивных данных на соседних участках, где такие изыскания ранее проводились. Естественно, выполнить меньший объем в ущерб безопасности будет стоить дешевле, вот только оправдано ли это? В результате такой «экономии» в процессе строительства нередко возникают новые, не учтенные в проекте обстоятельства, которые требуют переработки его, а иногда приводят и к аварийным ситуациям. Как показывает практика, при сокращении стоимости изысканий создается лишь иллюзия экономии, а на самом деле — существенное удорожание строительства.

Для осуществления качественных изысканий и предотвращения дальнейшего удорожания строительства необходимо строго дифференцировать методы исследо-

---

\* © Какутина О.М., 2011

Какутина Ольга Михайловна (kakutin@rambler.ru), кафедра инженерной геологии, оснований и фундаментов Самарского государственного архитектурно-строительного университета, 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 164.

вания инженерно-геологических процессов. На территории г. Самары карстовые породы занимают 70 % площади [1]. Карстовые процессы существенно осложняют строительство и приводят к его удорожанию. Следовательно, вопросы изучения карста и его проявлений имеют важное практическое значение. И хотя процесс разрушения фундамента незаметен, его последствия ощутимо сказываются на всем здании: нарушается целостность несущих конструкций, появляются трещины, плесень, грибок, дверные коробки и оконные рамы деформируются, появляются щели и зазоры, через которые дом начинает ускоренно терять тепло. Ремонт становится неотвратимым, а он влечет новые затраты. Следовательно, нельзя недооценивать значение инженерно-геологических изысканий, т. к. экономия на этом этапе с течением времени может привести к значительным затратам по ликвидации последствий от недостаточной изученности территории. Только на основе полной картины геологического строения площадки можно качественно рассчитать конструкцию фундамента и гидроизоляции с учетом всех негативных факторов, способствуя тем самым сокращению сроков и стоимости строительства. В последние десятилетия закарстованные территории города стали весьма активно использоваться. Это можно объяснить дефицитом благоприятных земель для строительства.

На протяжении продолжительного времени производится анализ материалов изысканий на закарстованных территориях г. Самары. Карстовые процессы ведут свое происхождение с древних времен и охватили большие толщи пермских и каменноугольных отложений и характеризуются наличием карстующихся пород с повышенными зонами трещиноватости и гнездами разрушенных пород; гидрогеологическим режимом, благоприятным для питания, дренирования подземных вод по полостям и трещинам; наличием (или отсутствием) покрышек карстующихся пород со сложным литологическим составом и др.

Имеются многочисленные примеры образования современных карстовых проявлений и «оживление» древних его форм. Это касается как старой части города, так и сопредельных с ней районов. Активизация современного карста под влиянием хозяйственной деятельности человека усиливается там, где имеются ослабленные зоны карстующихся пород (трещины, наличие рыхляка, гнезд и прослоев доломитовой муки), где отсутствуют надежные «покрышки» и нарушен геологический режим. Причинами активизации карста являются изменение уровня подземных вод; нарушение гидрогеологического режима в результате неправильной регулировки стоков воды в процессе эксплуатации коммуникаций, технологии использования воды в хозяйственных целях; нарушение норм водопользования на предприятиях, так называемых с «мокрым производством» и др.; обнажение карстующихся пород в процессе производства земляных работ при строительстве и эксплуатации зданий и инженерных коммуникаций.

На территории г. Самары к карстующимся относят коренные отложения, представленные карбонатными породами, различной степени выветрелости доломитами и известняками, доломитовой мукой, сульфатными породами – гипсами. Перекрывают их с поверхности насыпные рыхлые, разнородные по составу отложения и почвенно-растительный слой, затем делювиальные глины и суглинки, глины и татарского ярусов. Особенностью покровных отложений делювиальных глин и суглинков и тем более коренных глин, является наличие в них в значительном количестве карбонатно-сульфатных включений: прослоев, линз и карманов доломитовой муки, гипса, известковистых стяжений. Следовательно, отнести эти покровные отложения к нерастворимым нельзя.

В зонах интенсивных проявлений карстово-суффозионных процессов эти глинистые покровные отложения или, по крайней мере, их верхняя часть, располага-

ющаяся в зоне аэрации, характеризуются трещиноватостью, значительной пористостью (часто макропористостью) и, следовательно, не могут выполнять роль покровов карстующихся пород. На первом этапе развития карстовых форм происходит поверхностное растворение (выщелачивание) пород, расширение трещин и полостей, разрушение растворимого заполнителя трещин и полостей, дезинтеграция карстующихся пород в массиве. На втором – уплотнение пород. Происходит плавное сдвигание пород («покрышек») над образовавшимися подземными полостями, пустотами, что ведет к образованию карста в виде воронок. В большинстве случаев обрушение горных пород возникает над растущей карстовой полостью или зоной фильтрационного разрушения. Таким образом, образование карстовых полостей будет зависеть от природы самого карста и от условий, сложившихся в процессе геотехнической деятельности человека. В каждой конкретной ситуации важно выявить источники воздействия и характер влияния на активизацию карстовых процессов и их последствия.

Например, при обследовании объектов строительства на участках Самарского склона был обнаружен ряд источников техногенного воздействия (прорыв горячей воды, нарушение работы водоканала и др.), которые привели к активизации карстовых процессов. В результате этого возникли трещины, деформации в жилых домах Железнодорожного района. В 1986 г. произошел провал размером 8,0 x 6,0 м и глубиной 5 м и воронка диаметром 3,0 x 4,0 м. Кроме того, здесь появились поверхностные воронки глубиной 0,5–1,0 м, диаметром 10–20 м. Большинство склонов существующих воронок выположены, что позволяет отнести их к числу «старых», но имеются и свежие. При анализе материала был выявлен литологически неоднородный состав глинистых покрышек, где отмечалось до 30 % состава карбонатных пород, которые при контакте с канализационными водами были подвержены выщелачиванию. По литологическому признаку карст карбонатно-сульфатный, подтип доломитово-гипсовый. Карстующиеся породы находятся в зоне аэрации [2].

Помимо вскрытых среднерастворимых пород в виде гипсов различной степени выветрелости на исследуемой территории залегают извесковистые глины сильнотрещиноватые с гнездами и присыпками муки карбонатных пород, с вкраплениями, прослойками и линзами гипса. Трещины выполнены доломитовой мукой и гипсом сильно выветрелым. Трещиноватость грунтов способствует проникновению в них поверхностных вод, развитию процесса выветривания, повышению растворимости грунтов, возникновению коррозионных деформаций земной поверхности, создает условия для развития карстового процесса и определяет направленность и формирование горизонтов закарстованных пород.

На одной из исследуемых площадок (ул. Малоярославская) в декабре 2007 года образовался провал, в связи с чем она подверглась более тщательному исследованию. В процессе этих исследований на небольшом участке были выявлены поверхностные формы карста в виде карстовой воронки провального типа, имеющей овальную форму в плане максимального диаметра 7–8 м и конусообразную в разрезе, глубиной ~13 м, небольшого карстового провала глубиной до 2,5 м. Карстовый провал заполнен привозным грунтом. Заполнение проходило в несколько этапов. В мае 2008 г. ~ 750 м<sup>3</sup> привозного грунта и строительного мусора, в октябре – 250 м<sup>3</sup>, а в мае 2009 г. -100 м<sup>3</sup>. По результатам изысканий, проводимых на соседних площадках, было выявлено, что вся прилегающая территория ранее изобилвала карстовыми воронками и провалами. Ранее на территории, расположенной выше по склону, находилось понижение в виде оврага карстового типа. Часть исследуемой площадки расположена в створе этого оврага. Учитывая геологическое строение территории, определенные погодные условия (выпадение в последнее время боль-

шого количества осадков в виде снега зимой, обильных дождей весной и засушливого лета), а также отсутствие дренажа, происходило просачивание атмосферных осадков и техногенных утечек в грунты, приведшее к образованию провалов. Провалы, вследствие внезапности их возникновения, представляют главную опасность для устойчивости зданий и сооружений в карстовых районах. Подготовка провалов происходит на глубине длительное время, на поверхности же провальная процесс протекает очень быстро. Вокруг провалов отмечается ослабленная зона с пониженной несущей способностью грунтов, концентрическими трещинами и небольшими оседаниями грунта. Постепенные оседания земной поверхности представляют сравнительно меньшую опасность по сравнению с провалами.

Согласно наблюдениям, среднегодовое количество карстовых провалов на исследуемой территории составляет 0,09 случаев/км<sup>2</sup> в год. Средняя периодичность провалов составляет 10,5 лет, т. е. через этот промежуток времени (в среднем) на площади 1 км<sup>2</sup> может появиться 1 провал. Геологическое строение площадок на изученную глубину характеризуется развитием мощной толщи карбонатно-сульфатных отложений казанского яруса верхней перми, перекрытых с поверхности делювиальными отложениями, имеющими локальное распространение и современные техногенные образования. Отложения казанского яруса верхней перми (P2kz) литологически представлены глинами известковистыми, глинами, гипсами и доломитами. В кровле глины известковистые выветрелые, сильнотрещиноватые до глубины 15,0 м, с прослойками и линзами гипса. Трещины выполнены в основном доломитовой мукой и гипсом. Трещиноватость пород с глубиной затухает. Коэффициент фильтрации составил 0,15 м/сут, что характеризует глины как слабопроницаемые. Размокаемость глин быстрая, объясняется присутствием кальцита (CaCO<sub>3</sub>). Последний компонент характеризует способность глин при замачивании «быстро» и «очень быстро» размокать в воде с суффозионным выносом размоченных частиц с образованием пустот. По всей глубине вскрытой толщи встречаются дресва и щебень карбонатных пород (доломитов, магнезитов, мергелей, известняков). Гипсы в изученном разрезе залегают как в виде тонких корочек, линз, заполнителя трещин глин, так и в виде достаточно мощных прослоев. Гипсы изменяются от слабых, сильно выветрелых до средней крепости, трещиноватых, с частыми тонкими прослойками глин, карбонатной муки. Основной водоносный горизонт, связанный с р. Самарой, залегают на глубине порядка 80 м. На отдельных изучаемых площадках скважинами вскрыты техногенные воды на глубинах 1,5–5,5 м. Они носят временный и локальный характер. Водовмещающими породами являются в основном насыпные грунты, а также сами трещиноватые глины. Просачиваясь и скапливаясь на относительном водоупоре из более плотных разностей глин, атмосферные осадки, утечки воды из коммуникаций образуют локальные водоносные горизонты типа «верховодка», приводящие к активизации карстовых процессов.

Согласно Генеральному плану развития г. Самары, возникла необходимость использования площадки под строительство зданий и сооружений в пределах города. Дефицит свободного места под застройку заставляет расти город вверх. Геологические условия, сложившиеся в г. Самаре, и современные технические возможности позволяют строить высотные здания и осваивать подземные пространства. Большая часть территории нашего города расположена на карстующихся породах. При соблюдении мероприятий по инженерной защите сооружений от карста здания на таких территориях не подвержены деформациям на протяжении всего периода эксплуатации. Однако замачивание грунта в результате утечек из водонесущих коммуникаций, таяния снега, выпадения дождей может привести

к необратимым деформациям. В настоящее время все больше осваиваются закарстованные территории. При этом возникает необходимость оценить состояние и динамику развития карстообразования на всех основных уровнях проектно-планировочных работ.

Анализ инженерно-геологического материала позволяет утверждать, что в последнее время отмечается активизация карста на многих участках города в связи с техногенными процессами. Интенсивное строительство усилило прямые и косвенные воздействия на геосферу, что значительно привело к снижению прочностных свойств грунтов как оснований зданий и сооружений. Серьезной проблемой остаются регулирование отвода атмосферных, сточных и паводковых вод, недопустимые утечки жидкостей из трубопроводов и каналов.

Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий должно опираться на объективные оценки карстоопасности, чтобы принимать решение об освоении этих территорий, предугадывая вероятность аварий и катастроф.

### **Библиографический список**

1. Дружинин Г.А., Чечина Н.В., Чикановский С.А. Влияние карстовых процессов на основания зданий и сооружений в Самарском Поволжье. Тольятти, 1992.
2. Какутина О.М. Подготовка заключения по локализации и ликвидации провала грунта на ул. Малоярославской. Технический отчет. Самара, 2010.

*O.M. Kakutina\**

### **ECONOMIC PECULIARITIES OF DEVELOPMENT OF KARST TERRITORIES UNDER CONSTRUCTION IN SAMARA**

The article deals with the analyses of engineering-geological conditions of construction in Samara. Due to limited construction possibility outside the city, the areas of karst rocks are more intensively developed. It is noted in the article that when the measures of engineering protection of buildings from karst are taken, structures and buildings in such territories are not subject to deformation during the entire period of operation. However, for the successful construction it is necessary to carry out comprehensive and high quality engineering research in order to exclude the possibility of further appreciation of the construction.

**Key words:** construction, geological environment, engineering surveys, karst processes, costs.

---

\* *Kakutina Olga Mihailovna* (kakutin@rambler.ru), the Dept. of Geological Engineering, Foundation and Bases, Samara State University of Architecture and Civil Engineering, Samara, 443001, Russia.