



УДК 624.131.23.15

В.Р. Мустакимов

ПРОБЛЕМЫ ГЕОТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ КАЗАНИ

Строительство и реконструкция зданий и сооружений в Казани проводятся в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях распространения верхне и среднечетвертичных отложений первой и второй надпойменных террас левобережья реки Волги, поймы реки Казанки, а также вдоль прибрежной части системы озера Кабан. В геологическом отношении в пределах Казани и ее окрестностей на дневной поверхности развиты пермские, неогеновые и четвертичные отложения (Мальшева 1965, Каштанов, 1979).

Верхний отдел пермской системы представлен казанским и татарским ярусами. По литологическому признаку казанский ярус подразделяется на нижнеказанский и верхнеказанский подъярусы. Нижнеказанские отложения выходят на дневную поверхность только в районе Казанского Кремля, достигая абсолютной отметки 62,38 (БС), и представлены толщей осадочных пород, сложенных песчаниками, известняками, а также мергелями и глинами. На остальной территории города нижнеказанские отложения перекрыты верхнеказанскими и четвертичными образованиями. Верхнеказанские отложения в пределах города обнажаются у Кремля в обрывах второй надпойменной террасы, на берегу озера Средний Кабан, а также на правом берегу реки Нокса. Породы, залегающие в кровле верхнеказанского подъяруса, обычно перебиты трещинами, местами выщелочены и закарстованы.

В северо-восточной части города, в верхнем течении рек Ноксы и Киндерки, а также по водоразделу между ними, распространены отложения татарского яруса, представленного нижнетатарским подъярусом, подразделяющимся на нижний и верхний горизонты. Нижний горизонт, мощностью до 30 м, сложен песчано-глинистыми породами. В основании верхнего горизонта, мощностью 25-38 м, залегают мергели и глины, реже известняки. В верхней части горизонта преобладают красновато-коричневые глины, мергели, прослой известняков. Повышается песчаность пород. Песчаники мелкозернистые, карбонатные и глинистые. Мощность нижнетатарского подъяруса составляет 60-80 м.

Неогеновые отложения Казани представлены плиоценом, подстилаемым пермскими образованиями. Залегая под аллювиальными четвертичными террасами, плиоценовые отложения выполняют палеодолины Волги и Казанки. В сложении плиоцена принимают участие песчано-глинистые породы. Плиоцен выделен двумя литологическими комплексами, каждый из которых в нижней части представлен песками с гравием и галькой;

в верхней части – глинистыми породами. Глинистая часть разреза, представленная суглинками и глинами, покрывает кварцевые пески. При этом зернистые пески пермских пород неравномерно слагают большую часть разреза и играют важную роль в сложении нижнего комплекса. В районе улицы Баумана, завода им. Куйбышева, завода силикатного кирпича плиоценовые отложения представлены супесчано-суглинистыми породами. Верхний комплекс плиоцена представлен супесями, суглинками и глинами, которые подстилаются песками. На долю глин приходится до 80% разреза. Абсолютная отметка подошвы плиоцена колеблется в пределах от 53,7 м до 10-25 м (БС).

Почти всю территорию Казани занимают четвертичные отложения, достигающие значительной мощности («КазТИСИЗ», «Татинвестгражданпроект», «ГипроНИИавиапром» 1950-2006 гг.). Они слагают террасы, прислоненные к коренным породам по берегам Волги и Казанки, а также покрывают поверхность пород различной мощности как на склонах, так и на вершинах водоразделов. Изучению и описанию четвертичных отложений Казани посвящены работы: М.Э. Ноинского, Е.И. Тихвинской, А.В. Миртовой, В.А. Полянина, В.В. Маркина, А.И. Рябикиной, О.Н. Мальшевой, С.Г. Каштанова и ряда специализированных организаций Татарстана и России.

В пределах города развиты пойменная и четыре надпойменные террасы. Днепровская терраса, сложенная супесчано-суглинистыми породами с прослоями песка, подразделяется на верхний и нижний комплексы. В районе Казанского Кремля с поверхности, мощностью 10-14 м, залегают супесчаные породы. Вдоль берегового склона реки Казанки, у Фуксовского сада, в пределах верхних 29 м наблюдается переслаивание суглинков, супесей и песков. Суглинки легкие, макропористые, пронизаны тонкими канальцами от корней растений и обладают столбчатой отдельностью, что придает им лессовидный характер. Лессовидные суглинки распространены на высоких террасах с абсолютными отметками 85-110 м, проявляют просадочные свойства, которым свойственна легкая размокаемость, пылеватый состав и неустойчивая структура.

Первая надпойменная терраса Волги, простирающаяся узкой полосой 0,8-2,0 – 2-4 км от станции Юдино до станции Лагерная, занимает низменную часть города, в пределах отметок 53-59 м (БС). Мощность калининских отложений составляет в среднем 20-28 м, местами до 40 м. Первой надпойменной террасе свойственна типичная для аллювиальных образований смена отложений вверх по разрезу: песчано-галечных



пород русловой фации аллювия на песчано-суглинистые породы пойменной фации. Мощность песчаной толщи 10-23 м. Пойменная фация представлена илистыми известковистыми суглинками, в нижней части - слоистыми, переходящими в супеси и пески. В центральной части города, а также вдоль западного берега озер ближний и средний Кабан мощность связных грунтов составляет от 4-7 до 11 м (улицы Лаврентьевская, Тукаевская, Лебедева). На участке между средним и дальним Кабаном их мощность достигает 19 м. Непосредственно под почвенным слоем залегают суглинки мощностью от нескольких сантиметров до 2-4 м с разнообразным механическим составом. Супеси расположены под слоем суглинков, чаще находятся непосредственно над песками. Мощность супесчаных слоев в районе Кзыл-Армейской слободы составляет 6-8 м. На правобережье Казанки (улицы Краснококшайская, Союзная, Волгоградская), непосредственно на поверхности распространены мелкозернистые пески. Пойменные террасы Волги и Казанки с поверхности на глубину до 4-7 м сложены суглинками, супесями и глинистыми песками. В настоящее время пойма, обвалованная при строительстве речного порта, заполнена водами Куйбышевского водохранилища.

Во вновь застроенной части города в составе калининской террасы, в местах неровностей рельефа (оврагов, болот, ям и др.), залегают насыпные грунты, накопившиеся в течение длительного времени. По генетическим признакам насыпные грунты Казани подразделяются на: строительный мусор, намывные грунты, промышленные отходы, хозяйственно-бытовые накопления. Они распространены по улицам Подлужная и Федосеевская, вдоль левого берега Казанки; в Приволжском и Вахитовском районах со стороны поймы Волги. Мощность насыпных грунтов составляет 6-9 м. На территории бывшего цирка, в засыпанных карстовых воронках, насыпь достигает 16,5 м, а на улице Кремлевская, вблизи музея – 24,5 м. Значительная часть объектов, возведенных на насыпных грунтах, имеют неравномерные деформации.

В Казани и ее окрестностях верхнепермские отложения, по данным Н.А. Головкинского (1869 г.), А.А. Штукенберга (1891 г.), М.Э. Ноинского (1916 г.), А.В. Миртовой (1932 г.), Е.И. Тихвинской (1939 г.), образуют систему складок, в том числе крупную брахиантиклинальную складку северо-восточного простирания. В полосе залегания останцев развиты современные и древние карстовые процессы.

Гидрогеологические условия Казани за период с 1955 г., с момента создания Куйбышевского водохранилища на реке Волге, претерпели значительное изменение. В районе Казани уровень воды в Волге повысился на 10-11 м. Большая часть пойменных террас Волги и Казанки была затоплена. Урез Волги повысился до уступа первой надпойменной террасы. Нарушился режим грунтовых вод, особенно в прибрежной зоне. Появились зоны подтопления.

Подземные воды (ПВ) четвертичных отложений играют важную роль в гидрогеологии Казани, предопределяя основные инженерные решения по фундированию вновь возводимых и техническому состоянию существующих зданий и сооружений. Депрессионная кривая уровня ПВ, плавно изгибаясь, переходит из одной террасы в другую и сопрягается с уровнем воды в водохранилище. В супесчано-суглинистых породах и песчаных грунтах четвертичных отложений встречаются ПВ спорадического распространения, имеющие линзовидное залегание по типу верховодки. На отдельных участках города, расположенных на высоких надпойменных террасах, где, как правило, ведется новое строительство, наблюдается локальное повышение уровня подземных вод. Основными причинами обводнения являются: утечка воды из неисправных водопроводящих коммуникаций; формирование бессточных участков на поверхности земли при вертикальной планировке; не ликвидированные котлованы и траншеи. Повышение уровня ПВ повлекло за собой локальное оседание поверхности земли; просадку зданий и сооружений; подтопление подвалов; активизацию карстовых процессов; нарушение работы подземных коммуникаций.

Разнообразие инженерно-геологических и гидрогеологических условий строительных площадок при современном строительстве в Казани требует индивидуального подхода к вопросам фундирования в каждом конкретном случае. Среди осваиваемых в настоящее время строительных площадок, обследованных современными методами, можно отметить участки с распространением: лессовых просадочных пород (Вахитовский район); озерно-болотных и заболоченных образований (Привокзальная зона и Приволжский район, ближний и средний Кабан, жилые кварталы в районе танкового училища и вдоль улицы Спартаковская); насыпных грунтов техногенного генезиса (район железнодорожного вокзала); закарстованных участков (ул. Кремлевская, Свердлова); слабых водонасыщенных песков; глинистых грунтов текучей консистенции.

В инженерно-геологических и гидрогеологических условиях Казани при строительстве практикуются традиционные способы фундирования, включая:

а) свайные фундаменты из забивных призматических свай длиной 3-16 м на слабых водонасыщенных, заболоченных, заиленных, насыпных, просадочных и других проблемных грунтах;

б) свайные фундаменты из буронабивных железобетонных свай (БНС) длиной 12-20 м, диаметром от 300 до 1200 мм, применяемые в просадочных и насыпных грунтах, на откосах и в стесненных условиях городской застройки. В слабых водонасыщенных грунтах используются БНС в обсадных трубах;

в) столбчатые и ленточные фундаменты мелкого заложения (ФМЗ) в сборном и монолитном исполнении



под здания и сооружения, возводимые на естественных основаниях четвертичных отложений;

г) плитные фундаменты из монолитного железобетона под высотные здания, а также здания, возводимые на закарстованных территориях Казани.

Реконструкция зданий в сформировавшейся за тысячелетие «ткани» города выполняется в стесненных условиях существующей застройки города. Особое место в комплексе строительно-монтажных работ при реконструкции зданий и сооружений занимают работы, связанные с усилением фундаментов и упрочнением грунтов оснований. При реконструкции и усилении фундаментов зданий и их оснований в Казани нашли применение:

а) метод усиления фундаментов с одновременным упрочнением их основания, устройством корневидных буро-инъекционных железобетонных свай, длиной от 3-5 м до 10-12 м, диаметром до 159 мм. Производство работ осуществляется Казанским отделением «Гидроспецстрой», НППФ «Фундаментспецстрой» и др., использующими отечественное оборудование в стесненных условиях города и отдельного помещения. Способ реализован на целом ряде объектов в Казани, Набережных Челнах, Нижнекамске, Альметьевске, Зеленодольске и др. Положительные результаты мониторинговых наблюдений за деформациями усиленных этим способом зданий и сооружений позволяют рекомендовать его как надежное и эффективное инженерное мероприятие;

б) пересадка фундаментов (театр юного зрителя, драматический театр им. Качалова в Казани и др.) на металлические сваи из труб диаметром 150-300 мм, погружаемые при помощи пневмопробойников («Гидроспецстрой»).

Имеют место и отдельные неудачные попытки химического закрепления структурно неустойчивых грунтов оснований силикатизацией. Например, попытка Казанского отделения «Гидроспецстрой» по силикатизации прослойки из доломитовой муки в основании президентского дворца не обеспечила ожидаемого закрепления массива.

Анализ опыта фундирования в геологических условиях Казани позволяет предложить к применению новые и эффективные типы фундаментов и современные технологии, включая:

а) комплексные свайно-плитные фундаменты, используемые под высотные здания и сооружения с большим собственным весом, при давлении на грунт основания от 0,3-0,5 МПа до 1,0 МПа;

б) фундаменты глубокого заложения, возводимые по методу «стена в грунте», секущихся свай или опускных колодцев. При этом прорезаются относительно слабые четвертичные отложения и давление от тяжелых зданий передается на надежные коренные породы. Решается вопрос подземной урбанизации, эффективно используется городская территория, повышается уровень охраны окружающей среды;

в) на площадках с распространением просадочных и насыпных грунтов - фундаменты в вытрамбованных котлованах;

г) использование струйной геотехнологии при устройстве искусственных оснований и армировании грунтов цементогрунтовыми элементами, как в предпостроечный период, так и при усилении грунтов оснований под существующими фундаментами зданий;

д) для структурно неустойчивых, разнородных и переслаивающихся грунтов представляет интерес опыт ОАО «ССП-РЕГИОН» по устройству искусственных оснований при помощи заполняющей, пропитывающей, отжимающей и разрывной инъекции грунтов под давлением от 5-20 до 300-500 атм.

Важной для строителей проблемой в Казани является возводимое с 1998 года Казанское метро неглубокого заложения. В гидрогеологических условиях Казани его строительство ставит новые и сложные инженерные задачи перед метростроителями и всем строительным комплексом, эксплуатационными, транспортными и инженерными службами. В 2005 г. была введена в эксплуатацию первая линия Казанского метро. Быстрое строительство обеспечивалось за счет применения передовой технологии Канадского щитового проходческого комплекса. Первые признаки влияния возводимого метро на устойчивость оснований и целостность надземных зданий и сооружений проявились уже в середине 2001 года, когда проходческий комплекс достиг первых относительно тяжелых зданий и сооружений, а также проездов с тяжелыми нагрузками на полотно автодороги. Образовались трещины в конструкциях зданий и сооружений, а также трещины в покрытии дорожного полотна.

Выводы:

1. Инженерно-геологические изыскания в особых условиях Казани необходимо проводить с учетом прогнозного изменения гидрогеологических условий, с учетом воздействия комплекса природно-климатических и техногенных факторов. Для зданий I-го и II-го классов проводить изыскания до коренных пород, для выявления разломов, карстующихся пород глубокого заложения.

2. Проектирование фундаментов их оснований и возведение подземной части зданий осуществлять с применением надежных типов фундаментов по схеме совместной работы системы «основание-фундамент-здание» при прогнозируемом изменении гидрогеологических условий грунтов основания.

Литература

1. Мальшева О.Н., Нелидов Н.Н., Соколов Н.М. Геология района г. Казани. – Казань: Изд-во Казан.ун-та, 1965.
2. Каштанов С.Г. Подземные воды Казани. – Казань: Изд-во Казан.ун-та, 1979. – 96 с.
3. Фондовые материалы «КазТИСИЗ», ГУП «Татинвестгражданпроект» по современным инженерно-геологическим изысканиям в г. Казани с 1950 по 2006 гг.