

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЭКОЛОГИИ,
ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГИДРОГЕОЛОГИИ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

**Роль инженерной геологии и изысканий
на предпроектных этапах
строительного освоения территорий**

Выпуск 14

Материалы годичной сессии
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии
(22 марта 2012 г.)

Москва
Российский университет дружбы народов
2012

УДК 62:55
ББК 26.323
С 32

С 32 Сергеевские чтения. Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий. Выпуск 14. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22 марта 2012 г.). – М.: РУДН, 2012. – 377 с.: ил.

ISBN 978-5-209-04245-7

В сборнике опубликованы доклады, представленные на четырнадцатую ежегодную конференцию «Сергеевские чтения» памяти академика Е.М. Сергеева (г. Москва, 22 марта 2012 г.). Чтения были посвящены научному обоснованию роли инженерной геологии и инженерных изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий. Обсуждаются проблемы сбора и анализа материалов региональных инженерно-геологических исследований; создания и ведения банков инженерно-геологических данных; вопросы типизации инженерно-геологических условий для предварительной оценки территорий строительства; проблемы мониторинга, моделирования и прогнозирования природных опасностей, оценки природных рисков. Рассмотрены возможные пути совершенствования нормативной базы инженерных изысканий на предпроектных этапах строительства.

ISBN 978-5-209-04245-7

УДК 62:55
ББК 26.323

Редакционная коллегия:

В.И. Осипов (ответственный редактор),
О.Н. Еремина (ответственный секретарь), **В.Г. Заиканов, Б.К. Лапочкин,**
Ю.А. Мамаев, И.И. Молодых, Г.П. Постоев,
В.А. Пырченко, Н.А. Румянцева

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (грант №12-05-06012)*

© Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии
и гидрогеологии, 2012
© Российский университет дружбы народов, Издательство, 2012

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ КРУПНЫХ ГОРОДОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ И ЗАГЛУБЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Р.Ю. Жидков

РГГРУ им С. Орджоникидзе, Экологический факультет,
кафедра Экологии и природопользования, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23.
E-mail: rzhidkov@gmail.com

Практика проведения инженерных изысканий для строительства зданий и сооружений предполагает соблюдение некоторой стадийности, увязанной с процессом проектирования. Каждая из стадий включает в себя комплекс полевых, лабораторных и камеральных работ, обеспечивающий постепенную детализацию изучения массива. Однако в современных условиях, в особенности в крупных городах эта этапность соблюдается редко, что обусловлено сжатостью сроков строительства объектов и сложностью процедуры регистрации и проведения полевых исследований в пределах городской черты. Работы на предпроектной стадии, как правило, не проводятся вовсе, а на стадиях «Проект» и «Рабочая документация» часто объединяются. При проектировании таких ответственных сооружений, как высотные здания и подземные сооружения, такая экономия времени, скорее всего, окажется мнимой и приведет либо к необходимости проведения дополнительных исследований на завершающих этапах проектирования, либо к вынужденной необходимости заложения в проект значительных коэффициентов запаса прочности, исключающих строительные риски, но существенно удорожающие строительство.

Инженерно-геологические изыскания для разработки предпроектной документации проводятся при составлении схем, концепций и программ развития регионов, при разработке градостроительной документации и обосновании инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений. Работы на этой стадии могут быть разделены на две большие группы:

1. Исследования, направленные на выбор участков, характеризующихся благоприятными для строительства высотных сооружений инженерно-геологическими условиями, осуществляемые в рамках Генерального планирования. В соответствии с Градостроительным кодексом г. Москвы [2], «разработка Генерального плана должна осуществляться с учетом результатов реализации действующего Генплана, результатов инженерных изысканий, нормативно-правовых актов и региональных планов и программ». По существу же, механизм геологического обоснования осуществления деятельности на этапе градостроительного проектирования не описан ни в одном документе, и можно сказать, что размещение строительных объектов в пределах го-

родской территории сегодня ведется исключительно в соответствии с функциональными соображениями.

2. Изыскания на стадии предварительного проектирования, проводимые с целью разработки эскизного проекта сооружения, осуществления первичного выбора конфигурации фундаментного основания и составления программы инженерно-геологических изысканий на стадии «Проект» с учетом особенностей геологических условий строительного участка.

Наблюдаемая тенденция к симплификации процесса проведения инженерно-геологических изысканий для строительства, заключающаяся в сокращении их стадийности и обусловленная в первую очередь сложностью оформления и проведения полевых работ в городской черте, увеличивает риск возникновения ошибок при проектировании ответственных сооружений и в перспективе увеличивает сроки и стоимость строительства

Выход из сложившейся ситуации может быть найден путем вовлечения в процесс на ранних стадиях проектирования массивов архивной информации, накопление которой осуществляется во всех крупных городах по мере их застройки. Однако прямое ее применение, как правило, невозможно – фондовые материалы разрознены, распределены по городской территории неравномерно и имеют недостаточную глубину изучения. Первый шаг на пути решения этой проблемы – систематизация, унификация и критический анализ имеющихся материалов. После этого, на основе обработанных данных должна быть осуществлена разработка геологической основы для проектирования, охватывающей всю городскую территорию или значительные ее части (например, районы перспективного освоения). Традиционный метод представления такой информации – разработка карт и схем инженерно-геологических условий и районирования. Однако на современном этапе развития строительной отрасли, когда подземное пространство представляет собой сложную многоярусную систему, включающую в себя существующие сооружения и коммуникации, этот метод становится все менее информативным. Условия освоения подземного пространства зависят от типа и параметров проектируемых сооружений и могут принципиальным образом меняться с глубиной. Наиболее актуальный и функциональный способ вовлечения архивных данных в процесс осуществления градостроительной деятельности заключается в разработке баз геотехнических данных и трехмерных компьютерных моделей геологического пространства городских территорий.

Компьютерная модель геологического пространства, по сути, представляет собой набор трехмерных тел, описывающих пространственное распространение геологических формаций, литотипов, стратотипов и их комплексов, водоносных горизонтов, областей распространения опасных геологических процессов, инженерно-геологических элементов и т.д., взаимоотношение которых определяет особенности геолого-гидрогеологических условий в каждой точке пространства. В свою очередь, их соотношение с модельными телами проектируемых сооружений с учетом зон влияния характеризует условия освоения подземного пространства. Критерии оценки этих условий при этом могут гибко варьироваться в зависимости от решаемых задач.

Разработка таких моделей ведется с использованием существующих или специально разработанных геоинформационных программных продуктов. Основой для разработки трехмерной модели геологической среды всегда служит база данных, включающая в себя обработанные и унифицированные фондовые материалы (как точечные (скважины), так и площадные картографические).

Опыт зарубежных (прежде всего европейских) городов, таких как Лондон, Глазго, Турин и пр. свидетельствует о том, что трехмерные модели геологической среды находят широкое применение в процессе осуществления градостроительной деятельности. По сравнению с классической картографией трехмерное моделирование характеризуется рядом преимуществ, в том числе:

- существенно большей информационной емкостью;
- возможностью перманентного пополнения базы данных и оперативной корректировки материалов;
- широкими возможностями информационного анализа и геологического прогнозирования;
- возможностью оперативного доступа и визуализации больших объемов фактографической информации;
- возможность интеграции с моделями подземных и наземных сооружений, коммуникаций и т.д.

Методика и средства разработки таких моделей могут быть самыми разными, однако несомненно, что трехмерная модель геологического пространства должна выполнять функции геологической основы для Генерального планирования. Однако одной лишь основы для эффективного функционирования системы такого обоснования градостроительной деятельности в масштабе города недостаточно – необходима разработка критериев оценки условий освоения подземного пространства, одновременно учитывающих специфику высотных зданий и региональные геолого-гидрогеологические условия. Это позволит при разработке программ размещения высотных зданий в пределах городской территории наряду с соображениями функциональности осуществлять учет удорожания и технического усложнения строительного процесса за счет геологических факторов. С учетом особенностей взаимодействия зданий и сооружений различного типа с геологической средой, механизм такого учета может быть достаточно гибок.

Применение технологий трехмерного моделирования геологической среды для задач градостроительного проектирования прогрессивно и актуально, но на первом этапе может быть затруднено в связи с отсутствием или непроработанностью инструментов визуализации и интерпретации данных. Однако при наличии разработанных критериев оценки условий освоения подземного пространства модель может быть с легкостью преобразована в комплект более привычных специальных карт и схем, процесс актуализации которых будет происходить перманентно по мере пополнения базы данных.

Следующая стадия проектирования, которая должна быть обеспечена геологической информацией – разработка предварительного (эскизного) про-

екта сооружения. На этом этапе локализация объекта до уровня строительного участка уже выполнена. В рамках работ осуществляется первичное «виртуальное» размещение подземной части высотного здания в геологической среде в пределах ограниченного участка, по результатам которого со стороны проектирующей организации принимаются принципиальные объемно-планировочные решения, а со стороны изыскательской осуществляется предварительная инженерно-геологическая схематизация массива и разрабатывается комплекс полевых и лабораторных исследований.

При условии открытости данных, достаточной технической оснащенности изыскательских и проектирующих организаций и совместимости форматов, наиболее логичное решение этих задач заключается в детализации участка региональной крупномасштабной модели, разработанной для обеспечения градостроительного проектирования. Конечно, часто эти же задачи могут быть решены с использованием картографического материала и результатов ранее проведенных на прилегающих территориях изысканий, однако ряд соображений свидетельствует в пользу применения трехмерных моделей геологического пространства и на этом этапе.

Одна из отличительных особенностей инженерно-геологических изысканий для строительства высотных и заглубленных сооружений заключается в том, что они направлены на обеспечение данными процесса осуществления прогнозного моделирования изменения природно-технических условий в результате строительства – геомеханического и геофильтрационного. В зарубежных и отечественных публикациях часто отмечается, что эти два вида моделей неразрывно связаны между собой и только учет взаимовлияния между гидрогеодинамическими параметрами строительной площадки и напряженно-деформированным состоянием массива ее грунтов позволяет получить достоверные результаты такого прогноза. Занесение в трехмерную модель геологического пространства, разработанную на стадии предварительного проектирования результатов специальных исследований, полученных по результатам проведения инженерно-геологических изысканий на поздних стадиях (результатов трехосных испытаний, опытно-фильтрационных работ и т.д.) позволит достигнуть максимальной степени ее детализации и обеспечить ее использование для целей прогнозирования. Необходимо отметить, что, с учетом величины радиуса влияния высотных и заглубленных зданий, площадь моделируемой на этом этапе территории должна в десятки, а иногда и в сотни раз превышать размеры участка проектируемого строительства.

Таким образом, процесс проведения инженерно-геологических изысканий и исследований для строительства высотных зданий на всех стадиях связан с построением компьютерных моделей разного вида и детальности. Достижение их комплементарности позволит с одной стороны повысить точность моделирования, а с другой – обеспечить процесс пополнения первичной модели, данными полученными в результате проведения изысканий. Постепенно, по мере накопления материала, этот процесс может быть автоматизирован и возможна разработка постоянно действующих геофильтрационной

и геомеханической моделей на территорию города или значительные его участки.

Все вышеизложенное позволяет сформулировать принцип перманентного моделирования: в процессе проведения инженерно-геологических изысканий и исследований целесообразно осуществления трехмерного компьютерного моделирования геологической среды на всех этапах. Модели при этом должны быть комплементарны и взаимополняемы, а их детализация и информационная емкость – возрастать с каждой стадией. Детальность моделирования на стадии градостроительного проектирования должна позволять осуществлять пространственный анализ условий освоения подземного пространства в региональном масштабе (1:25 000 – 1:10 000), в то время как прогнозное моделирование влияния строительства на окружающую среду целесообразно вести в масштабах 1:1000 – 1:500. В перспективе этот подход переведет процесс геологического обеспечения градостроительной деятельности на качественно новый уровень и обеспечит максимально возможную его автоматизацию, (не отменяющую участие в нем квалифицированных специалистов в области инженерных изысканий, геотехники и проектирования).

Литература

1. *Жидков Р.Ю.* Методика инженерно-геологического обоснования строительства высотных зданий на этапе градостроительного проектирования с применением ГИС-технологий (на примере г. Москвы) // Инженерные изыскания. – 2011. – № 8.
2. Закон г. Москвы № 28 от 25.06.2008 «Градостроительный кодекс г. Москвы».
3. *Козловский С.В., Павлович Г.Д., Экзарьян В.Н.* Применение геоинформационных систем в инженерной геологии // Материалы второй общероссийской конференции изыскательских организаций «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации». Министерство регионального развития РФ, ОАО «ПНИИИС». – М., 2007.
4. *Ford, J., Burke, H., Royse, K. & S.J. Mathers.* The 3D geology of London and the Thames Gateway : a modern approach to geological surveying and its relevance in the urban environment // Cities and their underground environment : 2nd European conference of International Association of engineering geology: Euroengeo 2008, Madrid, Spain, 15-20 Sept 2008.
5. *Merritt, J., Entwisle, D. & A. Monaghan.* Integrated geoscience data, maps and 3D models for the City of Glasgow, UK // IAEG 2006 Conference Paper No. 394.
6. *Rienzo F., Oreste P. & Pelizza S.* 3D GIS Supporting Underground Urbanisation in the City of Turin (Italy) // Geotechnical and geological engineering, vol.27, 2002, 539-547.