

# ЦИФРОВИЗАЦИЯ ДАННЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ. ВЗГЛЯД ИЗНУТРИ

Принята к публикации 12.12.2024. Опубликовано 20.12.2024

## РАКИТИНА Н.Н.

ГБУ «Мосгоргеотрест», г. Москва,  
Россия

## ЖИДКОВ Р.Ю.

ГБУ «Мосгоргеотрест», г. Москва,  
Россия

## АННОТАЦИЯ

В настоящее время цифровизация отрасли инженерных изысканий вызывает отторжение у многих изыскателей. Этому есть несколько причин, основной из которых, с точки зрения авторов представленной статьи, является отсутствие информации о действиях и средствах, необходимых для перевода результатов изысканий в цифровую форму.

ГБУ «Мосгоргеотрест», будучи практикующей организацией в отрасли инженерных изысканий, в том числе ведет активную работу в направлении ее цифрового развития.

В данной статье рассматриваются основные аспекты цифровизации инженерно-геологических изысканий, оцениваются преимущества и сложности, связанные с внедрением цифровых технологий и приводятся практические примеры успешного применения этих технологий.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

инженерные изыскания; инженерно-геологические изыскания; цифровизация; информационная модель объекта строительства; инженерная цифровая модель местности; объемная геологическая модель; машиночитаемые форматы; цифровой двойник; цифровой двойник города; территория г. Москвы; единая информационная среда; единый фонд данных.

## ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ракитина Н.Н., Жидков Р.Ю. Цифровизация данных инженерно-геологических изысканий. Взгляд изнутри // Геоинфо. 2024. Т. 6. № 11. С. 6–16. DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-11-6-16.

# DIGITALIZATION OF ENGINEERING-GEOLOGICAL SURVEY DATA. A LOOK FROM THE INSIDE

Accepted for publication on December 12, 2024. Published on December 20, 2024.

## RAKITINA N.N.

State Budgetary Institution  
"Mosgorgeotrest", Moscow, Russia

## ZHIDKOV R.Yu.

State Budgetary Institution  
"Mosgorgeotrest", Moscow, Russia

## ABSTRACT

Currently, digitalization of the engineering survey industry causes rejection among many engineering surveyors. There are several reasons for this. The main reason of them, from the point of view of the authors of the presented article, is lack of information on the actions and means that are necessary to convert engineering survey results into digital form.

State Budgetary Institution "Mosgorgeotrest" is a practicing organization in the engineering survey industry, and it also actively work towards the digital development of the industry.

This paper deals with the main aspects of the digitalization of engineering-geological surveys, assesses the advantages and difficulties associated with the introduction of digital technologies, and provides some practical examples of the successful application of these technologies.

## KEYWORDS:

engineering surveys; engineering-geological surveys; digitalization; information model of a construction object; engineering digital model of a terrain; volumetric geological model; machine-readable formats; digital twin; digital twin of a city; territory of the Moscow city; unified information environment; unified data fund.

## FOR CITATION:

Rakitina N.N., Zhidkov R.Yu. Tsifrovizatsiya dannykh inzhenerno-geologicheskikh izyskanii. Vzglyad iznutri [Digitalization of engineering-geological survey data. A look from the inside] // *Geoinfo*. 2024. T. 6. № 11. S. 6–16. DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-11-6-16 (in Rus.).

## Введение ►

Цифровизация охватывает все сферы нашей жизни. Не являются исключением и инженерно-геологические изыскания, несмотря на то что эта отрасль считается консервативной.

Теоретически цифровизация должна охватывать все этапы и процессы в инженерно-геологических изысканиях – от локальных баз данных до трехмерных геологических моделей больших территорий, от разработки технического задания и программы изысканий до передачи результатов изысканий проектировщикам, на экспертизу и в Информационную систему обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД). Цифровое представление информации должно обеспечить непрерывное взаимодействие между участниками процесса, автоматизировать технологические процедуры и упростить работу как геологов, так и проектировщиков и представителей экспертизы. Однако на практике возникают вопросы. Готовы ли геологи выполнять зада-

чи специалистов IT-сферы и нужно ли им это? Не приведет ли цифровизация к дублированию данных в машиночитаемом и человекочитаемом вариантах, а главное, к выполнению двойной работы и так максимально загруженных инженеров-геологов?

Вопросы цифровизации рассматриваемой отрасли не являются новыми. За последние 5–6 лет было опубликовано множество материалов на эту тему (например, [1, 2]), проводились тематические сессии и конференции, крупнейшая из которых – «Автоматизация и цифровизация инженерно-геологических изысканий и геотехнического проектирования. Опыт применения перспективных технологий» – была организована журналом «Геоинфо» и прошла 16 октября 2024 года в Москве.

Оценка нынешнего положения цифровой трансформации изыскательской отрасли в основном носит сдержанно-оптимистичный характер, однако многие специалисты отмечают, что процесс цифрового преобразования инженер-

ной-геологических изысканий связан с рядом проблем, таких как формальный подход к цифровизации, разрозненность исходных данных, нормативные неопределенности, проблемы импортозамещения, технологическое отставание, отсутствие общепринятых стандартов и классификаторов, нехватка квалифицированных кадров и др. Кроме того отметим, что в настоящее время запрос на переход к цифровому обмену инженерно-геологической информацией исходит не от создателей этой информации (изыскательских организаций) и даже не от ее основных потребителей (проектировщиков), а от государственных органов и экспертных учреждений.

## Основные понятия и нормативные требования ►

Для начала разберемся с основными понятиями и требованиями нормативных документов.

В Градостроительном кодексе РФ [3], основополагающем документе, регули-

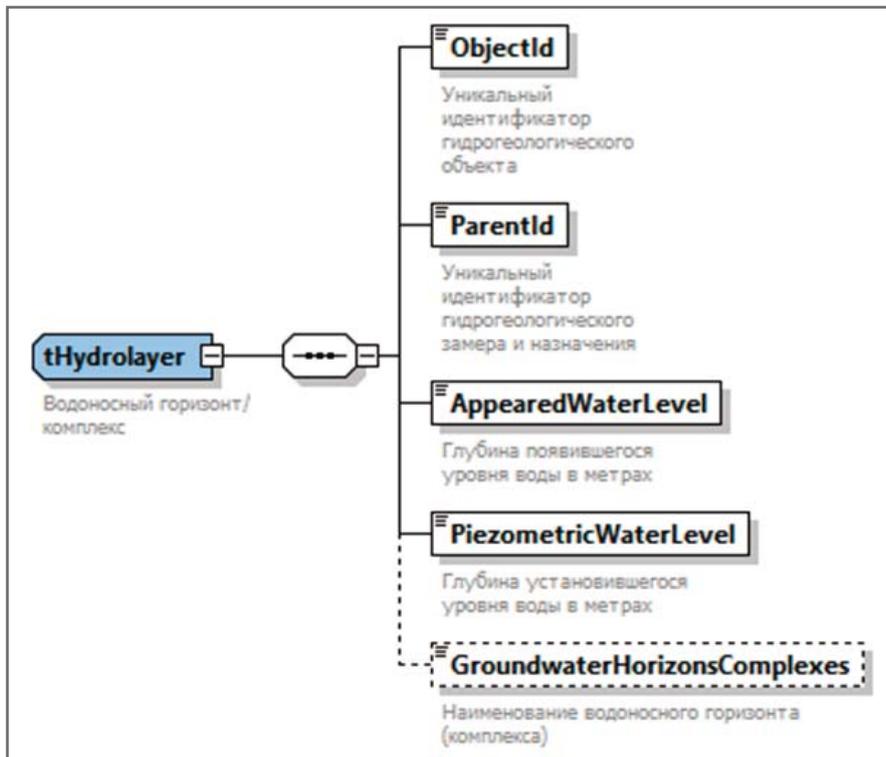


Рис. 1. Фрагмент XML-схемы геологических данных (в режиме Schema)

рующем градостроительную деятельность на территории России, сказано, что на всех этапах жизненного цикла строительных объектов, включая этап выполнения инженерных изысканий (ИГИ), должна быть подготовлена информационная модель объекта капитального строительства (ИМ). ИМ в соответствии с вышеуказанным кодексом – это совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов по объекту капитального строительства в электронном виде.

В соответствии с СП 333.1325800.2020 [4] на этапе ИГИ должна формироваться инженерная цифровая модель местности (ИЦММ), представляющая из себя совокупность взаимосвязанных результатов ИГИ (инженерно-геодезических, инженерно-геологических и др.). ИЦММ состоит из моделей рельефа, инфраструктуры, инженерных сетей и объемной геологической модели. Правила создания и ведения этой модели указаны в постановлении Правительства РФ 2024 года [5], согласно которому на этапе выполнения ИГИ в ИМ включаются отчетная документация о выполнении инженерных изысканий и приложения к ней в соответствии с другим постановлением от 2006 года [6]. Графическая часть отчета дополняется ИЦММ в случае, если такое требование установлено соответствующим заданием и/или договором [5].

Таким образом, ИМ результатов изысканий представляет собой традиционный отчет, преобразованный в электронный формат. На первый взгляд, практика передачи изыскательских данных в формате PDF (либо в проприетарных форматах) заказчикам и на экспертизу привычна и понятна. Однако, есть нюансы. Во-первых, в соответствии с правилами постановления 2024 года [5] сведения, документы и материалы, включаемые в ИМ, должны предоставляться в государственные информационные системы в *формате XML*. А во-вторых, если в задании на изыскания указано, что графическая часть отчета должна содержать ИЦММ, то придется строить и защищать в экспертизе *объемную геологическую модель*.

### Форматы предоставления результатов изысканий ►

Итак, что же представляет собой формат XML и есть ли у него альтернативы?

XML (eXtensible Markup Language – «расширяемый язык разметки») – широко используемый язык разметки, машиночитаемый формат, который понятен также и человеку. XML-файл имеет иерархическую структуру и состоит из элементов, атрибутов, текстовых блоков и других компонентов, которые определяют его состав и функциональность. Структура и типы данных, которые могут в нем содержаться, определяются

XML-схемой, определяющей перечень элементов и накладывающей ограничения на содержимое и значения. Среди преимуществ формата XML является его доступность, открытая спецификация, поддержка многими программными средствами.

XML-схема геологических данных для г. Москвы была разработана в ГБУ «Мосгоргеотрест», утверждена и опубликована на сайте Москомархитектуры [7]. Основными элементами здесь являются: горные выработки (включая скважины), описание слоев грунтов, замеры уровней водоносных горизонтов, результаты полевых и лабораторных испытаний, инженерно-геологические элементы (ИГЭ). Фрагмент этой схемы показан на рисунке 1. Все многократно применяемые элементы модели (такие как возраст и наименование грунта, показатели свойств, наименования водоносных горизонтов и комплексов, виды полевых/лабораторных испытаний грунтов и др.) сведены в справочники. Ввиду того что Мосгоргеотрест работает в основном на территории г. Москвы, справочники XML-схемы имеют региональную специфику, то есть характерны для территории города, но могут быть легко дополнены или модифицированы для любых геологических условий любого региона страны. Поэтому очень важна разработка классификаторов грунтов (стратиграфического, литологического, водоносных горизонтов и комплексов) для всех регионов РФ.

В настоящее время в ФАУ «Главгосэкспертиза Российской Федерации» разрабатываются и, вероятно, в скором времени будут утверждены XML-схема задания на производство инженерных изысканий и XML-схема отчета по инженерно-геологическим изысканиям. Кроме XML-схем разрабатываются программы-редакторы для составления XML-файлов, которые значительно упрощают заполнение документов. XML-файл технического задания будет содержать информацию обо всех участниках проектно-изыскательских работ, видах, целях, задачах и особенностях инженерных изысканий, сведениях об объекте и экологических условиях территории. XML-файл отчета по инженерно-геологическим изысканиям будет включать в себя разделы в соответствии с СП 47.13330.2016 (пунктами 4.39, 6.2.2.3, 6.3.1.5, 6.3.2.5) [8].

Программа-редактор (интерфейс программы задания на производство инженерных изысканий показан на рисунке 2) позволяет создавать подразде-

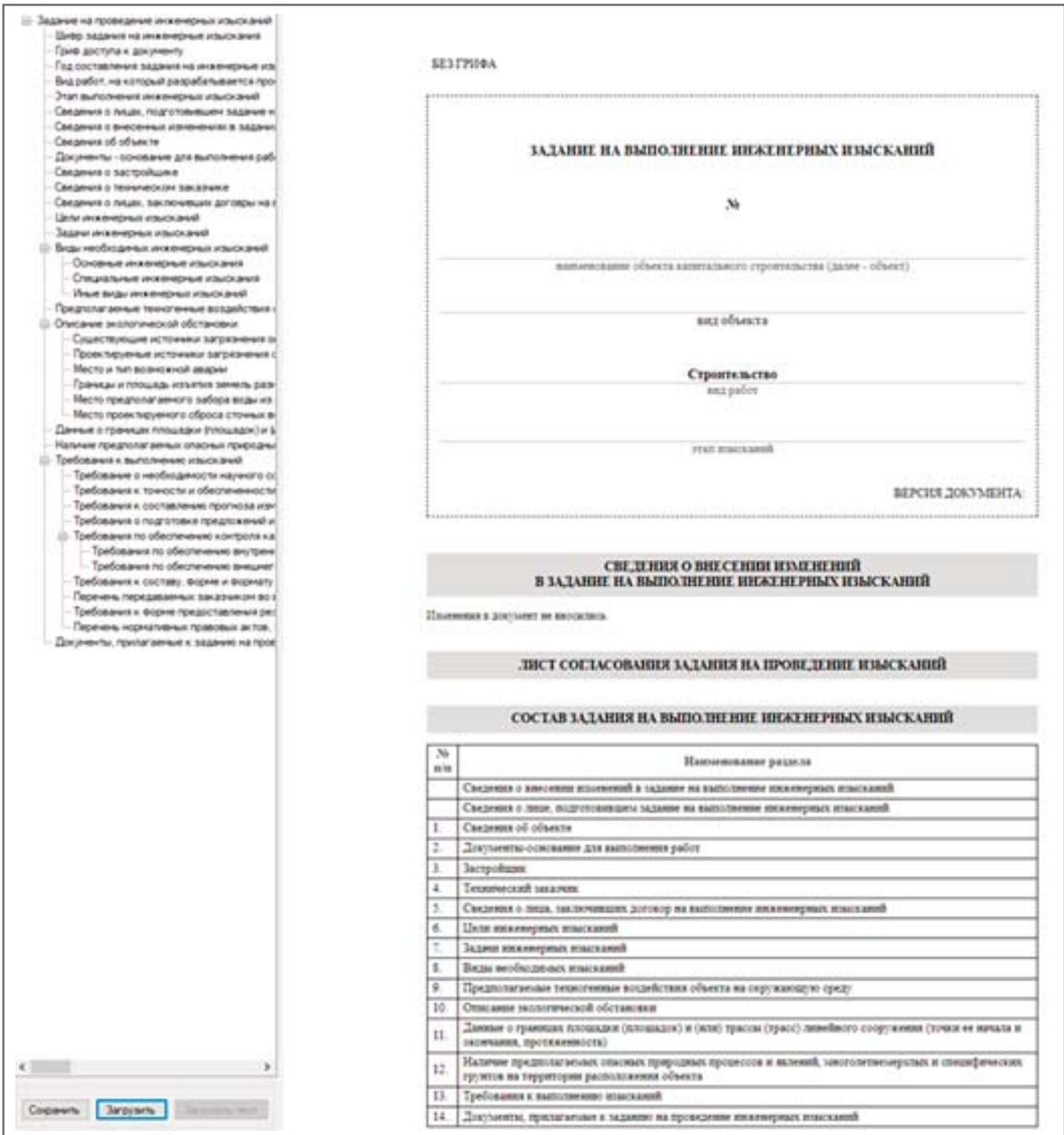


Рис. 2. Интерфейс программы-редактора, разработанной в ФАУ «Главгосэкспертиза РФ» для формирования задания на производство изысканий

лы, заголовки, таблицы, подгружать текстовые блоки, изображения и файлы разных типов. Однако эта технология не позволит создать ИЦММ (модель геологического строения).

Что же из себя представляет геологическая часть ИЦММ? В соответствии с СП 333.1325800.2020 [4] на стадии инженерно-геологических изысканий в ИЦММ должны включаться данные по скважинам, геологическим слоям, грунтам и их свойствам, подземным водам, геолого-литологической структуре. Од-

нако никакого описания технологии построения ИЦММ или спецификации ее структуры этот документ не содержит.

В связи с тем что не существует единых правил составления ИЦММ, а в соответствии с требованиями нормативных документов [3, 9] ИМ должна создаваться и передаваться на экспертизу, ФАУ «Московская областная государственная экспертиза» и ФАУ «Центр государственной экспертизы» Санкт-Петербурга в 2023 году выпустили собственные требования к ИЦММ, описываю-

щие в том числе правила построения и ведения ИМ геологического строения [10, 11]. В качестве основного формата предоставления результатов инженерных изысканий в этих требованиях предлагается IFC.

IFC – открытый формат, определяющий международные стандарты импорта и экспорта данных, относящихся к объектам капитального строительства, их элементам и свойствам, на всех этапах жизненного цикла объектов. Он используется для обмена информацией

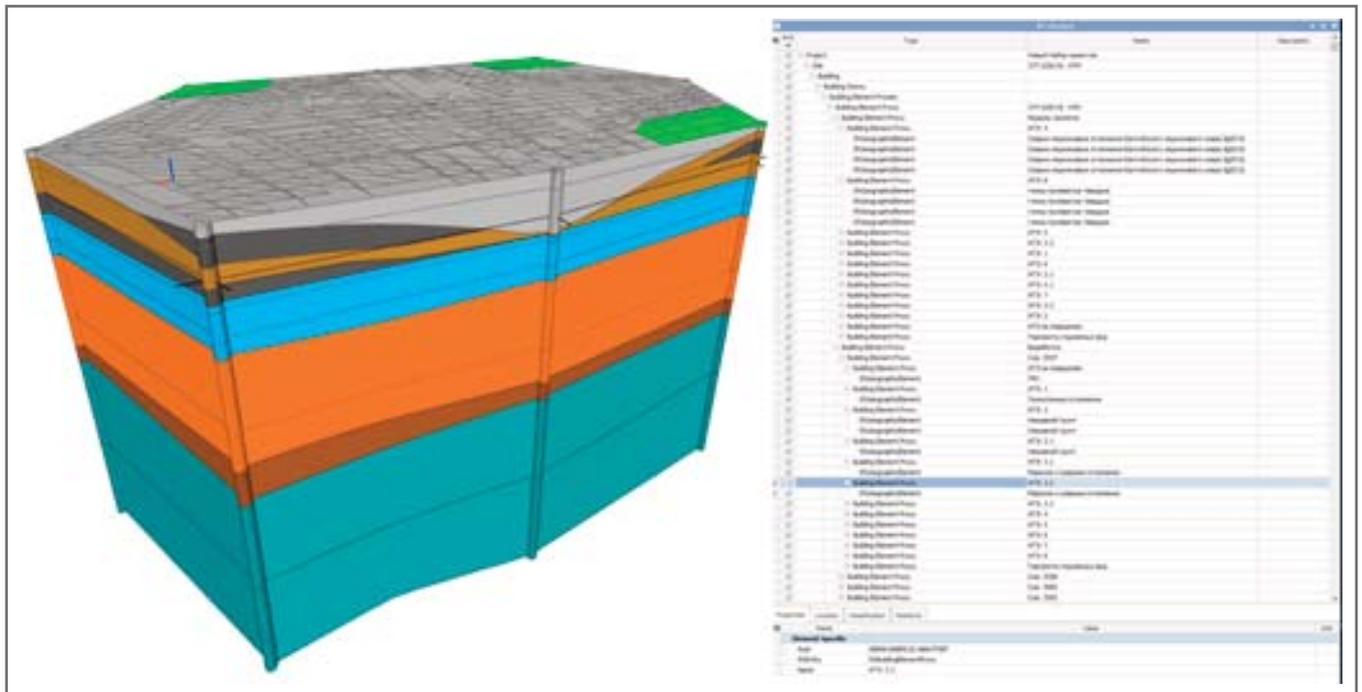


Рис. 3. Пример визуализации в формате IFC в программе BIMvision

Таблица 1. Сопоставление возможностей и особенностей форматов XML и IFC

Особенность	Формат	
	XML	IFC
Изначальное предназначение	Язык разметки, спецификация которого определяется синтаксисом и, опционально, XML-схемами в формате XSD	Формат хранения, разработанный специально для хранения и передачи информационных моделей зданий
Гибкость	Высокая гибкость, позволяет создавать настраиваемые структуры данных. Но при использовании XML-схем структура жестко фиксируется	Имеет ограниченную гибкость, основан на стандартизированных классах описания строительных объектов
Совместимость с существующим программным обеспечением	Для обработки формата, описанного специфической XML-схемой, требуется разработка специальных плагинов и программ	Совместим с программами, поддерживающими технологию информационного моделирования (CAD и BIM)
Унификация в части ИГИ	XML-схемы будут унитарными и будут опубликованы на сайте Министерства строительства РФ	Ограниченная спецификация описания геологических данных приведена в региональных нормах [10, 11]. Все инженерно-геологические данные относятся к классу природных объектов (IfcGeographicElement) и описываются с помощью атрибутов
Потенциальные бенефициары применения в области ИГИ	Главным образом органы власти	Главным образом проектировщики
Тип формата	Текстовый открытый формат (можно открыть в любом текстовом редакторе)	
Размер файлов	Громоздкий, за счет сложной многоуровневой структуры данных	Более компактный благодаря стандартизированным структурам
Принципы графического моделирования объектов	Пространственные объекты описываются с помощью языка расширения XML (в формате GML). Сложные трехмерные тела не моделируются	Имеются широкие возможности описания геометрии объектов, включая трехмерные тела

между различными программами, поддерживающими технологию ИМ при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, но не

предназначен для хранения геологических данных. В IFC не предусмотрены специальные классы для объектов изысканий, такие как выработки, испытания,

геологические слои, уровни подземных вод. Все элементы инженерных изысканий относят к классу природных объектов (IfcGeographicElement). К этому

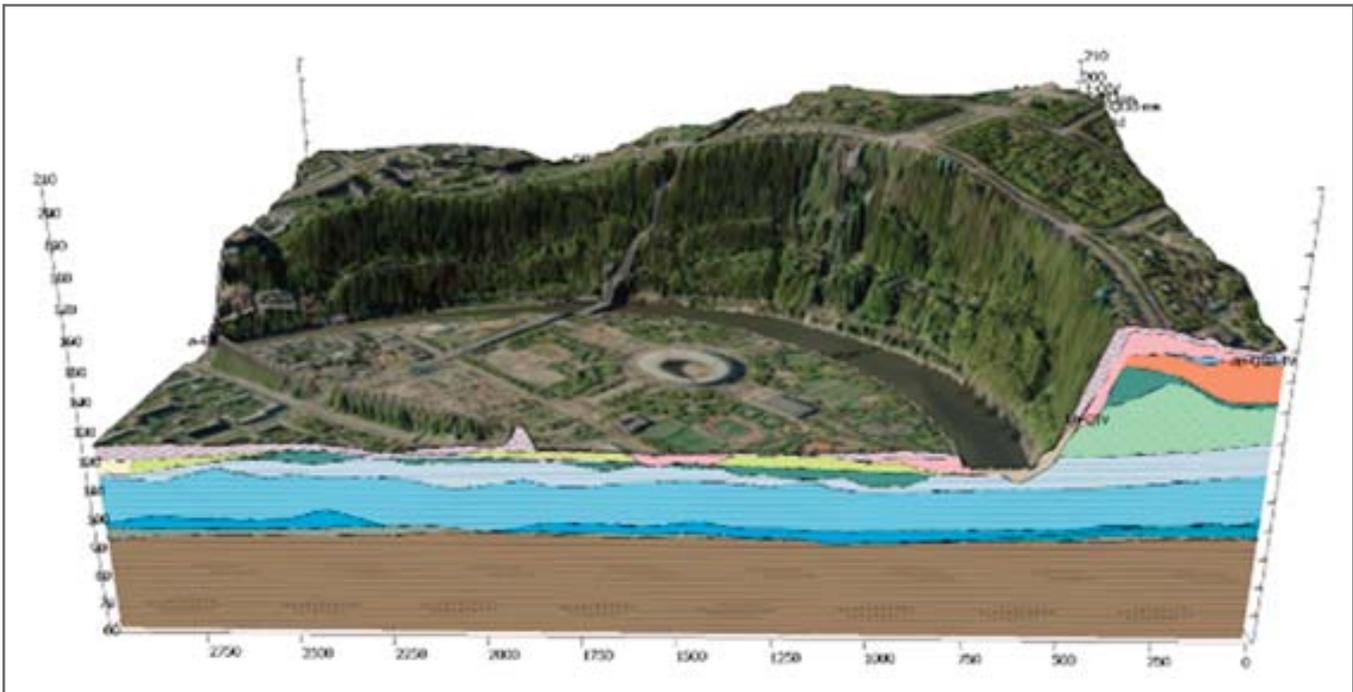


Рис. 4. Пример визуализации фрагмента трехмерной геологической модели

же классу относят элементы рельефа, гидрографии, озеленения и др.

Правила геометрического моделирования результатов изысканий в требованиях для Московской области и Санкт-Петербурга в целом схожи. Геологические слои в скважине моделируются как цилиндр условной толщины и высотой, равной суммарной мощности слоев. Уровни воды в скважине моделируются как поверхности диаметром, равным диаметру цилиндра слоев в скважине на отметке, равной высоте положения установившегося уровня. Геологические слои и уровни вод вне скважин моделируют как объемные элементы и поверхности соответственно. Названия грунтов и вод и их свойства являются семантическими атрибутами геологических слоев и уровней вод.

Преимуществами формата IFC для результатов ИГИ являются возможность объединить инженерно-геологическую информацию с другими элементами проекта (такими как конструктивные элементы здания и коммуникации) и широкие возможности описания сложных геометрических структур. Основным недостатком, перечеркивающим на сегодня все преимущества, – это отсутствие общепринятой спецификации описания геологических структур и данных.

Пример визуализации в формате IFC в программе BIMvision показан на рисунке 3.

Для удобства сравнения особенно форматов XML и IFC сведены в таблицу 1.

### Способы формирования ИЦММ ▶

Так как же геологам удовлетворять все требования правовых документов по информационному моделированию? На взгляд авторов статьи, есть два пути решения этой проблемы. Первый и самый простой – дождаться реализации функционала программ для обработки результатов инженерно-геологических изысканий. Так, в ООО «Компания «Кредо-диалог» уже реализован функционал создания и экспорта трехмерной модели в комплексе ТИМ-Кредо [12], и можно ожидать, что и другие производители специализированного программного обеспечения со временем будут реализовывать подобные модули.

Организации, которые не используют распространенные программы для обработки результатов изысканий (к которым относится и ГБУ «Мосгоргеотрест»), будут вынуждены заниматься разработкой таких модулей и их внедрением в свои технологические процессы самостоятельно или с привлечением подрядных IT-организаций.

В силу специфики своей работы ГБУ «Мосгоргеотрест» пришлось отказаться от объектно-ориентированного подхода в работе в пользу регионального. Региональный подход позволяет в полной мере использовать весь потенциал колоссального объема фоновых данных по территории г. Москвы, накопленных за период ее геологического изучения и хозяйственного освоения. В архивах организации содержатся данные о геологическом строении и гидрогеологических

условиях Москвы с 1944 года. Это обширный массив информации, собранной в результате инженерно-геологических изысканий. Для его обработки применяются авторские алгоритмы, основанные на учете истории осадконакопления и позволяющие сформировать трехмерную информационную модель геологического строения. Модель основывается не только на инженерно-геологических исследованиях и испытаниях, но и на данных дистанционного зондирования Земли, сведениях о геоморфологии, геологических процессах, данных архивной топографической съемки (на цифровой модели восстановленного рельефа). Описание скважин, результаты полевых и лабораторных испытаний сводятся и собираются в системе управления базами данных (СУБД) PostgreSQL. Пример визуализации фрагмента модели показан на рисунке 4.

### Практическое значение трехмерной геологической модели ▶

Для устойчивого и сбалансированного развития города, в целях информационного обеспечения органов власти и согласованности принимаемых решений 11 марта 2024 года было принято постановление Правительства Москвы № 438-ПП «О цифровом мастер-планировании территории города Москвы». В соответствии с ним одним из мероприятий является создание цифрового двойника, включающего трехмерную геологическую модель.

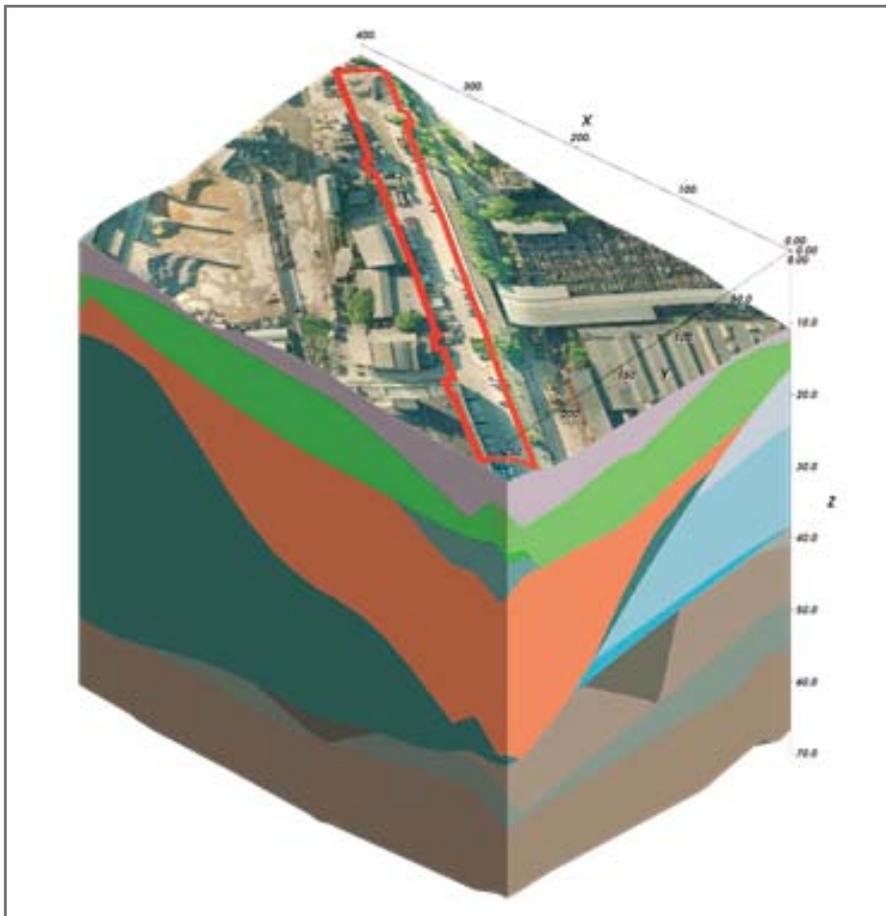


Рис. 5. Пример фрагмента модели для подсчета объемов изымаемых грунтов

*Цифровой двойник* – это цифровая модель предполагаемого или реального физического продукта, объекта или процесса (называемого физическим двойником), которая служит цифровым аналогом этого продукта, объекта или процесса для таких целей, как моделирование, интеграция, тестирование, мониторинг и техническое обслуживание [13–15]. В каком-то смысле геологическая составляющая цифрового двойника города – это развитие неновой идеи постоянно действующей цифровой модели городской среды [16, 17], технические возможности для полноценной реализации которой появляются только сейчас.

Цифровой двойник города служит инструментом для принятия обоснованных решений в области градостроительства, управления ресурсами и обеспечения безопасности населения. В качестве примера практической задачи, решаемой с помощью данной системы, можно привести расчет объемов грунтов, доступных для использования в качестве строительного материала при проходке котлована станционного комплекса Московского метрополитена (рис. 5). Модель позволила оперативно оценить объем песка, суглинка, глины, который будет извлечен при проходке

котлованов и может быть в дальнейшем использован для обратной засыпки и планировке территории.

При решении задач, требующих подготовки литолого-генетических моделей, осуществляется локальная детализация на основе использования технологий машинного обучения. Более подробно эта технология описана в публикации [18].

Еще один вариант представления данных цифрового двойника – заключение об инженерно-геологических условиях участка благоустройства или строительства. Заключение формируется автоматически и представляет собой PDF-файл с описанием геологического строения, гидрогеологических условий, инженерно-геологических процессов, предварительной характеристики физических и физико-механических свойств грунтов, исчерпывающего набора геологических карт в масштабе 1:10 000 и геологических разрезов (рис 6).

В обозримом будущем планируется реализация XML-представления автоматизированного заключения (частично совпадающего со структурой изыскательского отчета, но содержащего предварительные прогнозные, а не фактически измеренные данные). Это позволит

автоматизировать градостроительные процессы при планировании изыскательских работ, принятии предварительных проектных решений и мастер-планировании.

Одно из преимуществ цифрового двойника заключается в оперативном учете изменений городской среды. Немногие города подвержены такой степени трансформации природных условий, как Москва. Это хорошо видно на примере сопоставления геологических карт, построенных геологами при крупномасштабном картографировании геологической среды [19] и автоматически сформированных на основе данных цифрового двойника (рис. 7). На карте четвертичных отложений, сформированной на основе данных цифрового двойника, видно, что уточнились тело оползня и зона распространения слабых пойменных грунтов.

### Проблема централизованного сбора инженерно-геологической информации ►

Выше было показано, что региональный подход к цифровизации результатов инженерно-геологических изысканий, в отличие от объектного, обеспечивает накопление инженерно-геологических данных и позволяет многократно использовать геологическую информацию. И, если срок использования физических и физико-механических свойств грунтов жестко ограничен действующими нормативными документами [8] (к слову, этот вопрос требует отдельного исследования, которым авторы занимаются в настоящее время), то данные о геологическом строении в этом отношении не являются ограниченными.

Между тем сегодня передача информации в территориальные фонды практически не проводится (эта функция не возлагается на органы экспертизы), а в существующие ИСОГД по-прежнему осуществляется передача PDF-документов, дальнейший доступ изыскателей к которым ограничен. Кроме того, на сегодняшний день отсутствуют механизмы проверки целостности данных и их кондиционности при приемке в ИСОГД. Казалось бы, цифровизация отрасли и внедрение машиночитаемых форматов – отличная возможность для внедрения этих механизмов. Однако пока движения в эту сторону не заметно.

### Выводы ►

1. Цифровизация и информационные технологии играют все более значимую роль в повседневной работе инже-

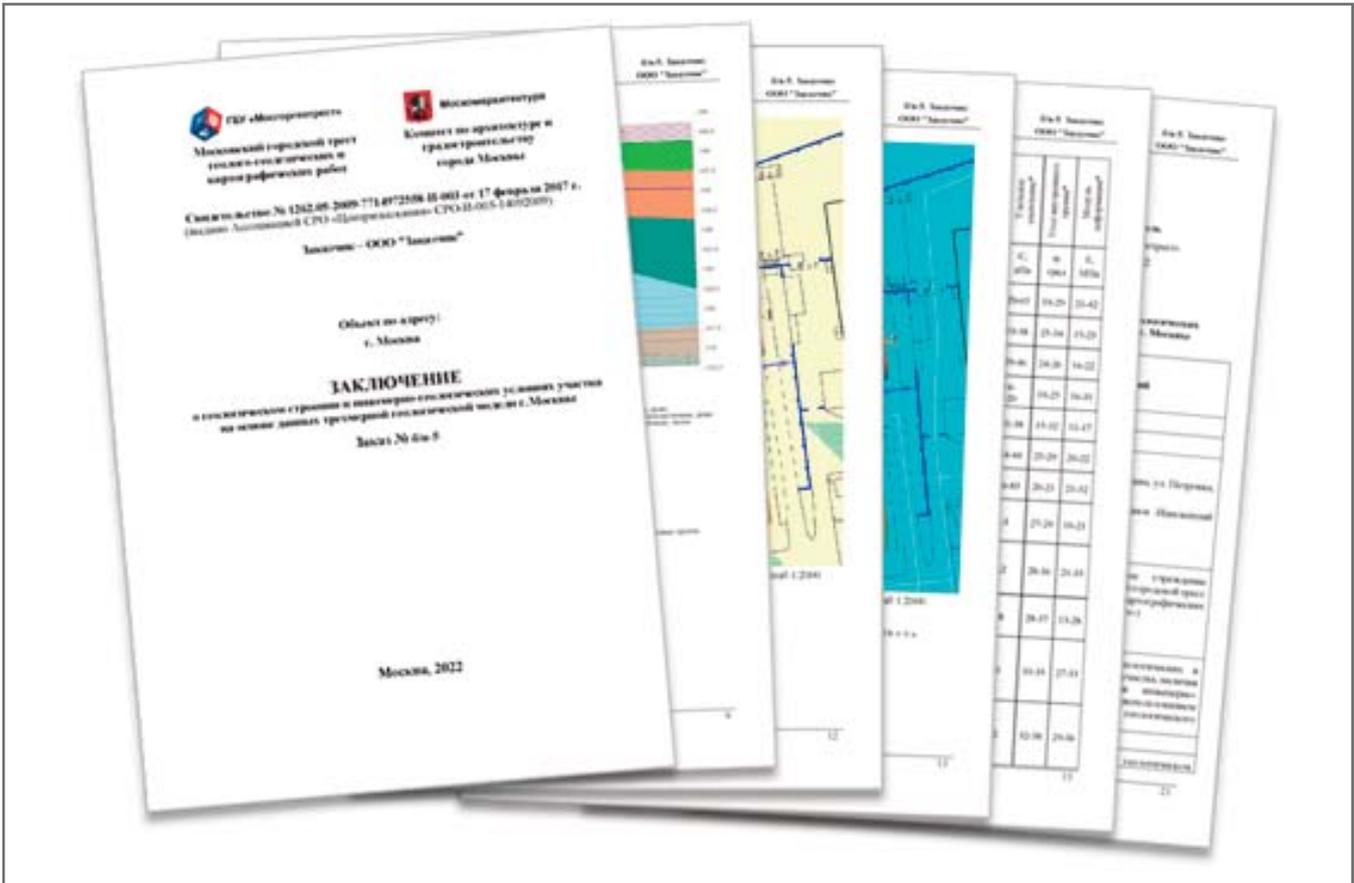


Рис. 6. Пример заключения о геологическом строении по данным модели

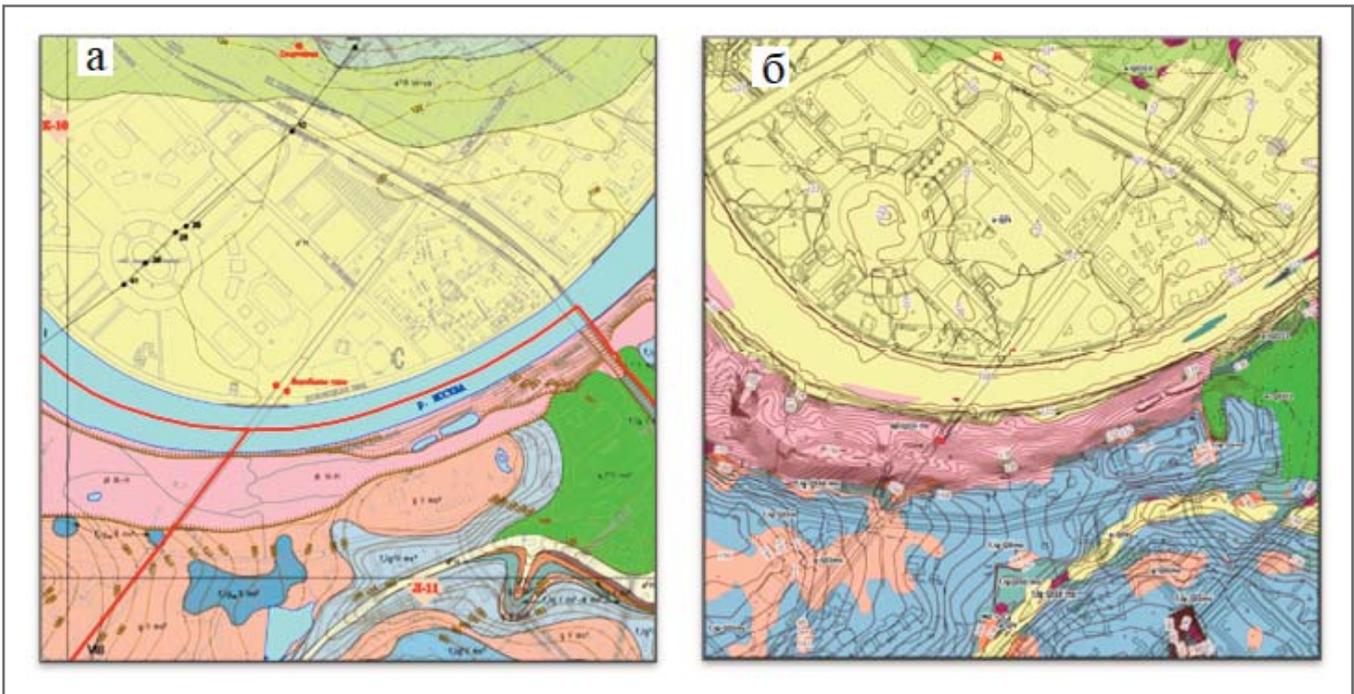


Рис. 7. Геологические карты участка Воробьевых гор и Лужников в г. Москве: а – карта четвертичных отложений, построенная геологом в рамках проекта геологического картографирования территории г. Москвы; б – автоматически построенная карта четвертичных отложений

неров-геологов начиная со сбора архивных данных по площадке изысканий и заканчивая сопровождением отчета при прохождении экспертизы. Трансформа-

ция данных в цифровой вид обеспечивает автоматизацию процессов обработки и в перспективе делает возможным автоматизацию процесса интеграции

геологической информации в проектную документацию.

2. В настоящее время существует неопределенность в нормативных вопро-

сах формирования инженерной цифровой модели местности по результатам инженерных изысканий. Государству необходимо обратить внимание на проблему разработки более четких правил формирования ИЦММ, чтобы избежать неоднозначной трактовки понятий, неопределенности при работе с данными и обеспечить возможность единообразной формы представления выходной инженерно-геологической информации.

3. Создание единой информационной среды на основе геоинформационных систем, а также внедрение машиночитаемых форматов, таких как XML, способствуют обмену данными между участниками процесса изысканий, проектирования и строительства, что приведет к уменьшению количества ошибок, сокращению сроков работ и повышению их качества.

4. Инженерно-геологические данные, полученные в результате проведения

изысканий – значимый источник информации, который необходимо интегрировать в общую информационную систему градостроительства. В единой системе будет удобно выполнять экспертизу технической документации, оценивая достоверность и достаточность результатов изысканий. Единый фонд данных инженерных изысканий должен быть использован органами государственной власти для более эффективного управления территориями. **И**

## Список литературы ►

1. Королев В.А. О задачах цифровизации и искусственного интеллекта в инженерной геологии // Инженерная геология. 2021. Т. XVI. № 1. С. 10–23. DOI: <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2021-16-1-10-23>.
2. Болдырев Г.Г., Барвашов В.А., Шейнин В.И., Каширский В.И., Идрисов И.Х., Дивеев А.А. Информационные системы в геотехнике – 3D-геотехника // Геотехника. 2019. Т. XI. № 2. С. 6–27. DOI: <https://doi.org/10.25296/2221-5514-2019-11-2-6-27>.
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 26.12.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025).
4. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.05.2024 № 614 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов».
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 19.01.2006 № 20 «Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства».
7. Распоряжение Москомархитектуры по основной деятельности № 133 от 19.01.2023 «Об утверждении и внедрении обновленной версии XML-схем данных по инженерным изысканиям при формировании и ведении информационной модели».
8. СП 47.13330.2016 (актуализированная редакция СНиП 11-02-96). Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
9. Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331 «Об установлении случаев, при которых застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства».
10. Санкт-Петербургское государственное автономное учреждение «Центр государственной экспертизы» (СПб ГАУ «ЦГЭ»). Рекомендации по формированию технического задания на выполнение инженерных изысканий с применением технологий информационного моделирования. Требования к цифровым информационным моделям результатов инженерных изысканий. Редакция 1.0. Санкт-Петербург, 2023. URL: [https://www.spbexp.ru/upload/iblock/1c1/kb52h4t0b43ks2411q5kcbzw6g5ms5nq/trebovaniya\\_k\\_tsim\\_rii\\_red\\_1.0\\_25\\_09\\_2023\\_.pdf](https://www.spbexp.ru/upload/iblock/1c1/kb52h4t0b43ks2411q5kcbzw6g5ms5nq/trebovaniya_k_tsim_rii_red_1.0_25_09_2023_.pdf).
11. Государственное автономное учреждение Московской области «Московская областная государственная экспертиза». Требования к цифровым информационным моделям результатов инженерных изысканий, представляемым для проведения экспертизы. Редакция 3.1. Москва, 2023. URL: [https://www.spbexp.ru/upload/iblock/1c1/kb52h4t0b43ks2411q5kcbzw6g5ms5nq/trebovaniya\\_k\\_tsim\\_rii\\_red\\_1.0\\_25\\_09\\_2023\\_.pdf](https://www.spbexp.ru/upload/iblock/1c1/kb52h4t0b43ks2411q5kcbzw6g5ms5nq/trebovaniya_k_tsim_rii_red_1.0_25_09_2023_.pdf).
12. Колета С.А. Технологии информационного моделирования «КРЕДО». Инженерные изыскания // Геопрофи. 2023. № 3. С. 28–31.
13. Moi T., Cibicik A., Rolvag T. Digital twin based condition monitoring of a knuckle boom crane: an experimental study // Engineering Failure Analysis. Elsevier, 2020. Vol. 112. Paper 104517. DOI:10.1016/j.engfailanal.2020.104517. hdl:11250/2650461. ISSN 1350-6307.
14. Haag S., Reiner A. Digital twin – proof of concept // Manufacturing Letters. 2018. Vol. 15. P. 64–66. DOI:10.1016/j.mfglet.2018.02.006.
15. Boschert S., Rosen R., Hehenberger P., Bradley D. (eds.). Digital Twin – the Simulation Aspect // Mechatronic Futures: Challenges and Solutions for Mechatronic Systems and their Designers. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. P. 59–74. DOI:10.1007/978-3-319-32156-1\_5.
16. Осипов В.И., Миронов О.К., Беляев В.Л. Постоянно действующая ГИС геологической среды как инструмент для обоснования градостроительного проектирования объектов инфраструктуры (на примере г. Москвы) // Вестник МГСУ. 2016. № 2. С. 159–172.
17. Зеегофер Ю.О., Ключевин А.Н., Пашковский И.С., Рошаль А.А. Постоянно действующие модели гидrolитосферы территорий городских агломераций (на примере Московской агломерации). М.: Наука, 1990. 198 с.

18. Жидков Р.Ю., Рекун В.С., Абакумова Н.В., Ракинина Н.Н., Лесников Г.А. Применение технологий машинного обучения для литологического расчленения трехмерных геологических моделей // Сергеевские чтения. Региональная инженерная геология и геоэкология. Выпуск 25. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (28–29 марта 2024 г.). М.: Геоинфо, 2024. С. 364–368.
19. Антипов А.В., Осипов В.И. (ред.). Инновационный проект по крупномасштабному специализированному геологическому картографированию территории города Москвы // Инженерные изыскания для строительства: практика и опыт Мосгоргеотреста. М.: Проспект, 2012. С. 154–180

## References

1. Korolev V.A. O zadachakh tsifrovizatsii i iskusstvennogo intellekta v inzhenernoi geologii [On the challenges of digitalization and artificial intelligence in engineering geology] // Inzhenernaya geologiya. 2021. T. XVI. № 1. S. 10–23. DOI: <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2021-16-1-10-23> (Rus.).
2. Boldyrev G.G., Barvashov V.A., Sheinin V.I., Kashirskii V.I., Idrisov I.Kh., Diveev A.A. Informatsionnye sistemy v geotekhnike – 3D-geotekhnika [Information systems in geotechnics – 3D geotechnics] // Geotekhnika. 2019. T. XI. № 2. S. 6–27. DOI: <https://doi.org/10.25296/2221-5514-2019-11-2-6-27> (Rus.).
3. Gradostroitel'nyi kodeks Rossiiskoi Federatsii ot 29.12.2004 № 190-FZ (red. ot 26.12.2024) (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.01.2025) [Urban Development Code of the Russian Federation of 29.12.2004 No. 190-FZ (as amended on 26.12.2024) (as amended and supplemented, entered into force on 01.01.2025)] (Rus.).
4. SP 333.1325800.2020. Informatsionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Pravila formirovaniya informatsionnoi modeli ob'ektov na razlichnykh stadiyakh zhiznennogo tsikla [Information modeling in construction. Rules for forming an information model of objects at various stages of the life cycle] (Rus.).
5. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 17.05.2024 № 614 “Ob utverzhdenii Pravil formirovaniya i vedeniya informatsionnoi modeli ob'ekta kapital'nogo stroitel'stva, sostava svedenii, dokumentov i materialov, vključaemykh v informatsionnyu model' ob'ekta kapital'nogo stroitel'stva i predstavlyaemykh v forme ehlektronnykh dokumentov, i trebovaniy k formatam ukazannykh ehlektronnykh dokumentov” [Resolution of the Government of the Russian Federation of 17.05.2024 № 614 “On approval of the Rules for the formation and maintenance of an information model of a capital construction project, the composition of information, documents and materials included in the information model of a capital construction project and submitted in the form of electronic documents, and requirements for the formats of these electronic documents”] (Rus.).
6. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 19.01.2006 № 20 “Ob inzhenernykh izyskaniyakh dlya podgotovki proektnoi dokumentatsii, stroitel'stva, rekonstruktsii ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva” [Resolution of the Government of the Russian Federation of 19.01.2006 № 20 “On engineering surveys for the preparation of design documentation, construction, and reconstruction of capital construction projects”] (Rus.).
7. Rasporyazhenie Moskomarkhitektury po osnovnoi deyatelnosti № 133 ot 19.01.2023 “Ob utverzhdenii i vnedrenii obnovlennoi versii XML-skhem dannykh po inzhenernym izyskaniyam pri formirovanii i vedenii informatsionnoi modeli” [Order of the Moscow Committee for Architecture on Main Activities № 133 dated 19.01.2023 “On approval and implementation of an updated version of XML data schemas for engineering surveys in the formation and maintenance of an information model”] (Rus.).
8. SP 47.13330.2016 (aktualizirovannaya redaktsiya SNIP 11-02-96). Inzhenernye izyskaniya dlya stroitel'stva. Osnovnye polozheniya [Engineering surveys for construction. Basic provisions] (Rus.).
9. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 05.03.2021 № 331 “Ob ustanovlenii sluchaev, pri kotorykh zastroishchikom, tekhnicheskim zakazchikom, litsom, obespechivayushchim ili osushchestvlyayushchim podgotovku obosnovaniya investitsii, i (ili) litsom, otvetstvennym za ehkspluatatsiyu ob'ekta kapital'nogo stroitel'stva, obespechivayutsya formirovanie i vedenie informatsionnoi modeli ob'ekta kapital'nogo stroitel'stva” [Resolution of the Government of the Russian Federation of 05.03.2021 № 331 “On establishing cases in which the developer, technical customer, person providing or preparing investment justification, and (or) the person, who is responsible for the operation of a capital construction project, ensure the formation and maintenance of an information model of a capital construction project”] (Rus.).
10. Sankt-Peterburgskoe gosudarstvennoe avtonomnoe uchrezhdenie “Tsentr gosudarstvennoi ehkspertizy” (SPb GAU “TSGEH”). Rekomendatsii po formirovaniyu tekhnicheskogo zadaniya na vypolnenie inzhenernykh izyskaniy s primeneniem tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya. Trebovaniya k tsifrovym informatsionnym modelyam rezul'tatov inzhenernykh izyskaniy. Redaktsiya 1.0 [Saint Petersburg State Autonomous Institution “Center for State Expertise” (SPb SAI “CSE”). Recommendations for the formation of technical specifications for the implementation of engineering surveys using information modeling technologies. Requirements for digital information models of the results of engineering surveys. Revision 1.0]. Sankt-Peterburg, 2023. URL: [https://www.spbexp.ru/upload/iblock/1c1/kb52h4t0b43ks2411q5kcbzw6g5ms5nq/trebovaniya\\_k\\_tsim\\_rii\\_red\\_1.0\\_25\\_09\\_2023\\_.pdf](https://www.spbexp.ru/upload/iblock/1c1/kb52h4t0b43ks2411q5kcbzw6g5ms5nq/trebovaniya_k_tsim_rii_red_1.0_25_09_2023_.pdf) (Rus.).
11. Gosudarstvennoe avtonomnoe uchrezhdenie Moskovskoi oblasti “Moskovskaya oblastnaya gosudarstvennaya ehkspertiza”. Trebovaniya k tsifrovym informatsionnym modelyam rezul'tatov inzhenernykh izyskaniy, predstavlyaemykh dlya provedeniya ehkspertizy. Redaktsiya 3.1 [State Autonomous Institution of the Moscow Region “Moscow Regional State Expertise”. Requirements for digital information models of engineering survey results submitted for examination. Revision 3.1]. Moskva, 2023. URL: [https://www.spbexp.ru/upload/iblock/1c1/kb52h4t0b43ks2411q5kcbzw6g5ms5nq/trebovaniya\\_k\\_tsim\\_rii\\_red\\_1.0\\_25\\_09\\_2023\\_.pdf](https://www.spbexp.ru/upload/iblock/1c1/kb52h4t0b43ks2411q5kcbzw6g5ms5nq/trebovaniya_k_tsim_rii_red_1.0_25_09_2023_.pdf) (Rus.).
12. Koleda S.A. Tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya “KREDO”. Inzhenernye izyskaniya [Information modeling technologies “CREDO”] // Geoprofi. 2023. № 3. S. 28–31. (Rus.).
13. Moi T., Cibicik A., Rolvag T. Digital twin based condition monitoring of a knuckle boom crane: an experimental study // Engineering Failure Analysis. Elsevier, 2020. Vol. 112. Paper 104517. DOI:10.1016/j.engfailanal.2020.104517. hdl:11250/2650461. ISSN 1350-6307.

14. Haag S., Reiner A. Digital twin – proof of concept // Manufacturing Letters. 2018. Vol. 15. P. 64–66. DOI:10.1016/j.mfglet.2018.02.006.
15. Boschert S., Rosen R., Hehenberger P., Bradley D. (eds.). Digital Twin – the Simulation Aspect // Mechatronic Futures: Challenges and Solutions for Mechatronic Systems and their Designers. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. P. 59–74. DOI:10.1007/978-3-319-32156-1\_5.
16. Osipov V.I., Mironov O.K., Belyaev V.L. Postoyanno deistvuyushchaya GIS geologicheskoi sredy kak instrument dlya obosnovaniya gradostroitel'nogo proektirovaniya ob'ektov infrastruktury (na primere g. Moskvy) [Permanently operating GIS of the geological environment as a tool for substantiating urban planning of infrastructure facilities (using the example of the Moscow city)] // Vestnik MGSU. 2016. № 2. S. 159–172 (Rus.).
17. Zeegofer Yu.O., Klyukvin A.N., Pashkovskii I.S., Roshal' A.A. Postoyanno deistvuyushchie modeli gidrolitosfery territorii gorodskikh aglomeratsii (na primere Moskovskoi aglomeratsii) [Permanently operating models of the hydrolithosphere of urban agglomeration territories (using the Moscow agglomeration as an example)]. M.: Nauka, 1990. 198 s. (Rus.).
18. Zhidkov R.Yu., Rekun V.S., Abakumova N.V., Rakitina N.N., Lesnikov G.A. Primenenie tekhnologii mashinnogo obucheniya dlya litologicheskogo raschleneniya trekhmernykh geologicheskikh modelei [Application of machine learning technologies for lithological dissection of 3D geological models] // Sergeevskie chteniya. Regional'naya inzhenernaya geologiya i geoekologiya. Vypusk 25. Materialy godichnoi sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoekologii, inzhenernoi geologii i gidrogeologii (28–29 marta 2024 g.). M.: Geoinfo, 2024. S. 364–368. (Rus.).
19. Antipov A.V., Osipov V.I. (red.). Innovatsionnyi proekt po krupnomasshtabnomu spetsializirovannomu geologicheskomu kartografirovaniyu territorii goroda Moskvy [Innovative project for large-scale specialized geological mapping of the territory of the Moscow city] // Inzhenernye izyskaniya dlya stroitel'stva: praktika i opyt Mosgorgeotresta. M.: Prospekt, 2012. S. 154–180 (Rus.).



Телеграм-канал журнала

Независимый электронный журнал  
**Геоинфо**

- **Новости**
- **Статьи**
- **Обсуждения**

<https://t.me/geoinfonews>