



ГЕОТЕХНИКА

GEOTECHNICS

Том XIV, Vol. XIV

2

2022

ГЕОТЕХНИКА

Международный научно-практический журнал

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Издается с декабря 2009 г.

Выходит 4 раза в год.

ISSN: 2221–5514 (Print), ISSN: 2587–8239 (Online)
Префикс DOI: 10.25296

В журнале публикуются статьи ведущих специалистов в области механики грунтов, геотехники, проектирования оснований и фундаментов. Основные темы — теоретические и прикладные аспекты механики грунтов, описание механических свойств грунтов, проектирование и устройство оснований и фундаментов, подземных и заглубленных сооружений, методы численного моделирования в строительстве, контроль качества работ и обследование конструкций нулевого цикла, а также многие другие вопросы.

УЧРЕДИТЕЛЬ

ООО «Геомаркетинг», 115088, РФ,
Москва, ул. Машиностроения 1-ая, д. 5

ИЗДАТЕЛЬСТВО

ООО «Геомаркетинг», 115088, РФ,
Москва, ул. Машиностроения 1-ая, д. 5

РЕДАКЦИЯ

Кондратьева Екатерина Андреевна
Генеральный директор

Звонарева Наталия Викторовна
Заместитель генерального директора

Барыкина Ольга Сергеевна
Литературный редактор

Кашкина Марина Сергеевна
Отдел рекламы и отдел подписки

АДРЕС РЕДАКЦИИ

ООО «Геомаркетинг»
115088, РФ, Москва, ул. Машиностроения 1-ая, д. 5
Тел. +7 495 210-63-90, +7 495 210-63-06
E-mail: info@geomark.ru
http://geomark.ru

ИП Гилманов М.А.
Допечатная подготовка, дизайн и верстка

ТИПОГРАФИЯ

ООО «Медиаколор»
127273, РФ, Москва, Сигнальный проезд, д. 19, стр. 1

СОБЫТИЯ И МНЕНИЯ

*Красильников В.П., Андрианов А.В., Красильников П.А.,
Мещерякова О.Ю.*

Перспективы и проблемы внедрения BIM-технологии
в отечественную строительную отрасль 6

ПРОИЗВОДСТВО ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

Пашкин Е.М.

Подъем и передвижка памятников архитектуры как
основные методы их сохранения 18

Шашкин А.Г., Шашкин В.А., Богов С.Г., Воронов А.С.

Гидроизоляция памятников архитектуры 28

Кондратьев С.О.

Обеспечение механической безопасности ограждающих
конструкций каркасных зданий при детерминированной
осадке 44

Мазеин С.В., Потапова Е.В.

Особенности технологии современного проходческого
комплекса при строительстве вертикальных стволов
метрополитена в сложных условиях 60

Перечень научных специальностей с указанием соответствующих им отраслей науки, которым соответствует основное содержание рецензируемого научного издания:

- 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение (геолого-минералогические науки);
- 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение (технические науки);
- 1.6.9. Геофизика (геолого-минералогические науки);
- 1.6.9. Геофизика (физико-математические науки);
- 1.6.9. Геофизика (технические науки);
- 1.6.21. Геоэкология (геолого-минералогические науки);
- 1.6.21. Геоэкология (технические науки);
- 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки);
- 2.1.6. Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология (технические науки);
- 2.1.7. Технология и организация строительства (технические науки);
- 2.1.9. Строительная механика (технические науки).

EVENTS AND OPINIONS

Krasilnikov V.P., Andrianov A.V., Krasilnikov P.A., Meshcheriakova O.Yu.

Prospects and problems of introducing BIM technology
in the domestic construction industry6

GEOTECHNICAL WORKS PRODUCTION

Pashkin E.M.

Lift and moving of architectural monuments as the main methods
of their preservation18

Shashkin A.G., Shashkin V.A., Bogov S.G., Voronov A.S.

Waterproofing of architectural monuments28

Kondratev S.O.

Ensuring of mechanical safety for frame buildings envelopes
in conditions of deterministic soil settlements44

Mazein S.V., Potapova E.V.

Features technology of modern shaft sinking machine
in construction of subway vertical shafts in difficult conditions60



GEOTECHNICS

International scientific and practical journal

The journal is included in the Russian List of peer-reviewed scientific publications, which should publish the main scientific results of dissertations for the degree of Candidate of Science and Doctor of Science.

Published since December 2009.

Issued 4 times a year.

ISSN: 2221–5514 (Print), ISSN: 2587–8239 (Online)
Prefix DOI: 10.25296

The journal publishes articles by leading experts in the field of soil mechanics, geotechnics, foundation engineering. The main topics are theoretical and applied aspects of soil mechanics, description of soil mechanical properties, design and construction of foundations, underground and buried structures, methods of numerical modeling in construction, quality control and inspection of zero-cycle structures, as well as many other issues.

FOUNDER

Geomarketing LLC, 115088, Russian Federation,
Moscow, Mashinostroyeniya 1st St., Bld. 5

PUBLISHER

Geomarketing LLC, 115088, Russian Federation,
Moscow, Mashinostroyeniya 1st St., Bld. 5

JOURNAL EDITORING

Ekaterina A. Kondratieva
General Director

Nataliya V. Zvonaryova
Deputy General Director

Olga S. Barykina
Literary Editor

Marina S. Kashkina
Advertising Department and Subscription Department

CONTACTS

Geomarketing LLC
115088, Russian Federation, Moscow,
Mashinostroyeniya 1st St., Bld. 5
Tel. +7 495 210-63-90, +7 495 210-63-06
E-mail: info@geomark.ru
<http://geomark.ru>

Individual entrepreneur Gilmanov M.A.
Prepress, Design and Layout

PRINTING HOUSE

Mediacolor LLC; 127273, Russian Federation,
Moscow, Signalnyy Proyezd, Bld. 19, Pde 1

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИИ В ОТЕЧЕСТВЕННУЮ СТРОИТЕЛЬНУЮ ОТРАСЛЬ

КРАСИЛЬНИКОВ В.П.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия, trait969@gmail.com
Адрес: ул. Букирева, д. 15, г. Пермь, 614068, Россия

АНДРИАНОВ А.В.

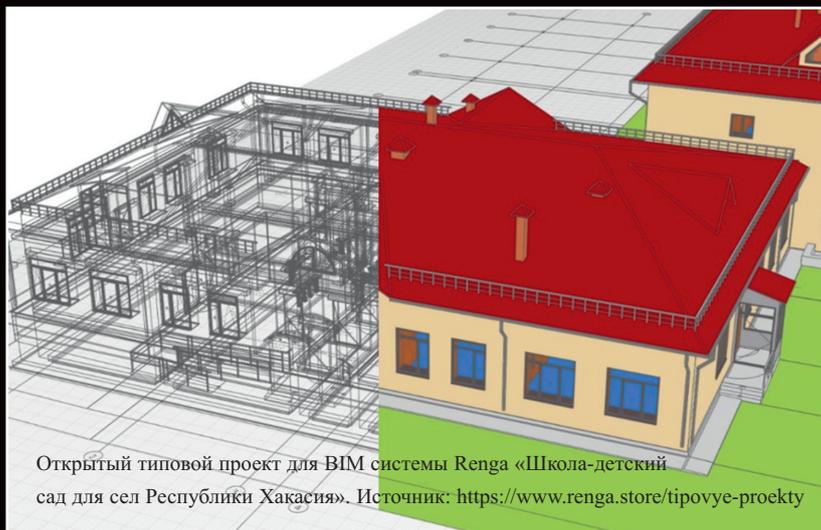
Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия, andrianov@psu.ru

КРАСИЛЬНИКОВ П.А.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия, geolnauka@gmail.com

МЕЩЕРЯКОВА О.Ю.*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия, olgam.psu@gmail.com



Открытый типовой проект для BIM системы Renga «Школа-детский сад для сел Республики Хакасия». Источник: <https://www.renga.store/tipovye-proekty>

Обзорная статья

Поступила в редакцию 19.05.2022 / Принята к публикации 26.06.2022 / Дата публикации 30.06.2022

© ООО «Геомаркетинг», 2022

АННОТАЦИЯ

BIM-технологии имеют долгую историю своего возникновения, однако наиболее активное развитие они получили в последние 20 лет. Мировой пример внедрения BIM в производственные процессы строительной отрасли показывает положительный эффект в области повышения качества итоговых работ и снижения трудозатрат на его реализацию. Наиболее развита технология BIM в США, странах Евросоюза, Великобритании и Сингапуре, ввиду более раннего начала цифровой трансформации строительной отрасли этих стран. Тенденции применения BIM постепенно развиваются и в России, что отражается в государственных программах цифровой трансформации: «Цифровая экономика Российской Федерации», «Национальная технологическая инициатива» и Федеральном проекте «Цифровое строительство», однако в настоящий момент строительная отрасль РФ сталкивается с определенными проблемами, препятствующими наиболее качественной интеграции цифровых информационных моделей в этапы реализации строительных проектов, что в конечном итоге вызывает явное отставание России в области цифрового моделирования зданий и сооружений от других наиболее активных стран-амбассадоров BIM. Подобное отставание прослеживается как в практической сфере применения BIM, о чем свидетельствуют исследования уровня применения цифровых технологий в России, так и в научной среде, что явно наблюдается при анализе публикационной активности по тематике BIM среди отечественных исследователей по данным реферативной базы Scopus. В статье представлены лишь некоторые причины, которые, по мнению авторов, снижают эффективность применения BIM при реализации строительных проектов на территории РФ, тем не менее решение проблем, затронутых в публикации, способно в определенной мере оказать положительную динамику на процедуру внедрения BIM в строительную отрасль страны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

3D модель; BIM; информационное моделирование зданий; цифровой двойник; информационная модель; технология информационного моделирования (ТИМ)

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Красильников В.П., Андрианов А.В., Красильников П.А., Мещерякова О.Ю., 2022. Перспективы и проблемы внедрения BIM-технологии в отечественную строительную отрасль. Геотехника, Том XIV, № 2, с. 6–17, <https://doi.org/10.25296/2221-5514-2022-14-2-6-17>.

PROSPECTS AND PROBLEMS OF INTRODUCING BIM TECHNOLOGY IN THE DOMESTIC CONSTRUCTION INDUSTRY

VITALII P. KRASILNIKOV

Perm State University; Perm, Russia; trait969@gmail.com

Address: Bld. 15, Bukireva St., 614068, Perm, Russia

ANDREY V. ANDRIANOV

Perm State University; Perm, Russia; Andrianov@psu.ru

PAVEL A. KRASILNIKOV

Perm State University; Perm, Russia; geolnauka@gmail.com

OLGA Yu. MESHCHERIAKOVA*

Perm State University; Perm, Russia; olgam.psu@gmail.com

Review paper

Received 19 May 2022 / Accepted 26 June 2022 / Published 30 June 2022

© Geomarketing LLC, 2022

ABSTRACT

BIM technologies have a long history of their emergence, but they have received the most active development in the last 20 years. The global example of the introduction of BIM in the production processes of the construction industry shows a positive effect in improving the quality of the final work and reducing labor costs for its implementation. BIM technology is most developed in the USA, EU countries, Great Britain and Singapore, due to the earlier start of the digital transformation of the construction industry in these countries. Trends in the use of BIM are gradually developing in Russia, which is reflected in the state digital transformation programs: “Digital Economy of the Russian Federation”, “National Technological Initiative” and the Federal Project “Digital Construction”, however, at the moment, the construction industry of the Russian Federation faces certain problems that prevent the most qualitative integration of digital information models in the stages of construction projects, which ultimately causes Russia to clearly lag behind other most active BIM ambassador countries in the field of digital modeling of buildings and structure, evidenced by studies of the use of digital technology in Russia and in the scientific community, which is clearly seen in the analysis of publication activity on the subject of BIM among domestic researchers according to the Scopus database. The paper presents only some of the reasons that, according to the authors, reduce the effectiveness of BIM in the implementation of construction projects in the Russian Federation, however, solving the problems described in the publication can to some extent provide a positive dynamics for the procedure of BIM implementation in the country’s construction industry.

KEY WORDS

3D model; BIM; building information modeling; digital twin; information model; information modeling technology (IMT)

FOR CITATION:

Krasilnikov V.P., Andrianov A.V., Krasilnikov P.A., Meshcheriakova O.Yu., 2022. Prospects and problems of introducing BIM technology in the domestic construction industry. *Geotechnics*, Vol. XIV, No. 2, pp. 6-17, <https://doi.org/10.25296/2221-5514-2022-14-2-6-17>.

Введение

За последние 20 лет цифровые информационно-коммуникационные технологии достигли значительного развития и проникли во все основные сферы жизни общества, став его неотъемлемой частью [20, 32]. Подобная тенденция ознаменовала начало четвертой научно-технической революции, основной запрос которой заключается в поэтапной кибернетизации и автоматизации тех областей жизни, которые еще в неполной мере соответствуют запросам современности. Движущий фактор цифровой трансформации ставит перед участниками рынка новые вызовы, повышая планку конкуренции и эффективности деятельности, тем самым стимулируя развитие инновационных направлений в науке и практике [14].

В Российской Федерации, в соответствии с запросами современности, был взят курс на развитие цифровой экономики, что явно отражается в двух наиболее известных государственных программах цифровой трансформации: «Цифровая экономика Российской Федерации» и «Национальная технологическая инициатива» (НТИ).

Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» разрабатывалась в ходе реализации Указов Президента Российской Федерации № 204 от 07.05.2018 г. и от № 474 21.07.2020 г., основной целью которой является создание условий для перехода России к цифровой экономике.

Программа «Национальная технологическая инициатива» разрабатывалась в соответствии с поручениями Президента России по реализации послания Федеральному собранию от



Рис. 1. Результаты опроса о применении BIM российскими организациями инвестиционно-строительной сферы: а — 2017 г., б — 2019 г. [23, 24]

Fig. 1. Results of a survey on the BIM use by Russian organizations in the investment and construction sector: a — 2017, b — 2019 [23, 24]

04.12.2014 г. Основная повестка НТИ содержит в своем составе дорожные карты цифровой трансформации различных отраслей.

Строительная промышленность, как и многие другие, попала под воздействие цифровизации и столкнулась с фактом несоответствия традиционных технологий проектирования и строительства современным тенденциям и запросам. Участники оказались вынуждены разрабатывать, внедрять и осваивать новые технологические аспекты, способные обеспечивать высокую эффективность и ценность предприятий в условиях постоянно растущих требований цифровой экономики и усложняющихся проектов. Одной из подобных ключевых технологий в строительной отрасли в настоящее время является BIM-технология [16, 18, 17, 21].

Building information modeling или model (BIM) или в русском дословном переводе «информационное моделирование / модель зданий и сооружений», также в русскоязычной документации встречается аббревиатура технологии информационного моделирования (ТИМ), представляет собой методологию или технологию, описывающую совместный способ работы по созданию и использованию информационной модели как цифрового двойника реального физического объекта на всех стадиях его жизненного цикла [8].

Возникновение подобной технологии стало закономерным явлением в ответ на тенденцию постоянного усложнения новых проектов в сфере строительства, что негативно сказывалось на эффективности и качестве работы проектировщиков и строителей [19]. Классические проблемы строительной отрасли: массивный объем бумажной документации, согласования с каждым участником проекта, высокие затраты на реализацию планов и риск коррумпированных действий — все это ставит потенциальных инвесторов перед вопросом о целесообразности участия в реализации проекта [4, 11].

Начальные принципы BIM сформировались в 1960-х гг., активное развитие технология получила в начале XXI в. на фоне усложнения производственных и технических про-

цессов индустриализации [12]. История становления BIM-технологии включает в себя многочисленные этапы и события, которые и сформировали в конечном итоге ту методологию, которая в настоящее время приобретает все большую популярность [15, 30, 20].

Наиболее развита технология BIM в США, странах Евросоюза, Великобритании и Сингапуре, ввиду более раннего начала цифровой трансформации строительной отрасли этих стран. Упомянутые страны начали активное развитие технологии информационного моделирования зданий и сооружений и к настоящему времени достигли значительных показателей как по доле компаний, применяющих в своей деятельности BIM, так и в существенной поддержке подобных технических средств со стороны государства [6].

В России строительная промышленность также подверглась цифровой трансформации в ходе подготовки Федерального проекта «Цифровое строительство» на основании поручения Президента РФ № Пр-1235 главе Правительства. Согласно тексту данного документа промышленности следует перейти на систему управления жизненным циклом объектов капитального строительства путем внедрения ТИМ. Непосредственным началом внедрения технологии BIM в российскую строительную промышленность следует считать Приказ Минстроя России № 926/пр от 29.12.2014 г. «Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства».

Данные государственные инициативы стали толчком в развитии BIM в нашей стране, однако прослеживается явная тенденция в отставании от других наиболее активных стран-амбассадоров. Это явно отражается в отчетах об исследовании уровня применения BIM в России, выполненных компанией «Конкуратор» в 2017 и 2019 гг. (рис. 1, а, б). В 2017 г. было опрошено 617, в 2019 г. — 715 респондентов [23, 24].

Таблица 1
Table 1**Изменение показателей затрат финансов и времени на реализацию проектов жилых комплексов комфорт-класса в г. Санкт-Петербурге компании Bonava [26]**

Changes in indicators of financial and time costs for the implementation of projects of comfort-class residential complexes in Saint Petersburg by Bonava [26]

Этап	Экономия времени	Экономия затрат, %	Рост затрат, %
Разработка концепции	2 года	–	–
Подготовка и согласование проектной документации	–	5	–
Проектирование	33%	–	20
Формирование сметы	–	2	–
Подготовка проекта для продаж и маркетинга	4 мес.	25	–

Таблица 2
Table 2**Экономический эффект применения BIM при реализации инвестиционно-строительного объекта [26]**

The economic effect of using BIM in the implementation of an investment and construction facility [26]

Показатель	Значение, %
Показатель чистого дисконтированного дохода (NPV)	до + 25
Индекс рентабельности (PI)	до + 15
Внутренняя норма доходности (RR)	до + 20
Период окупаемости (PP)	до –17

Из представленных диаграмм видно, что с 2017 по 2019 гг. количество компаний, применяющих BIM в своей деятельности, осталось на прежнем уровне, количество отрицательных ответов возросло, однако в то же время уменьшилось количество респондентов, затрудняющихся ответить на вопрос, что может свидетельствовать об увеличении уровня осведомленности по тематике BIM среди сотрудников строительных компаний.

В настоящее время доля российского рынка BIM-технологий составляет около 1,5% от мирового, а доля компаний строительной отрасли, применяющих BIM в своей работе, составляет 5–7%, к 2021 г. число таких компаний составило порядка 12%, что все также остается незначительным [27].

Для сравнения доля применения технологии информационного моделирования зданий и сооружений при реализации строительных объектов в Великобритании по данным 2019 г. составляла 70%. В Сингапуре в 2010 г. был разработан проект дорожной карты по внедрению BIM, основной целью данного проекта являлся переход 80% строительной отрасли страны на BIM-технологии к 2015 г. [26].

Данное стремление обосновывается высокими показателями эффективности и оптимизации в процессе реализации

строительных проектов при применении технологии BIM. Так, согласно данным ООО «Бонава Санкт-Петербург» (далее — Bonava), применение BIM при строительстве жилого комплекса комфорт-класса в г. Санкт-Петербурге дало положительные результаты в вопросе экономии времени при некотором общем повышении затрат при проектировании работ. Подобный рост затрат, однако, неизбежен на начальных этапах внедрения данной технологии в производственные процессы ввиду необходимости приобретения специализированного для BIM программного обеспечения, а также проведение соответствующего обучения сотрудников для работы в нем (табл. 1).

О потенциальном экономическом эффекте применения BIM при реализации строительных проектов свидетельствуют данные отчета Национального объединения изыскателей и проектировщиков, исходя из которого использование BIM при реализации строительного проекта повышают его инвестиционную привлекательность (табл. 2).

Помимо отставания в практических областях применения технологии информационного моделирования зданий и сооружений наглядно прослеживается отставание России по данной тематике и в научной среде. Данное высказывание

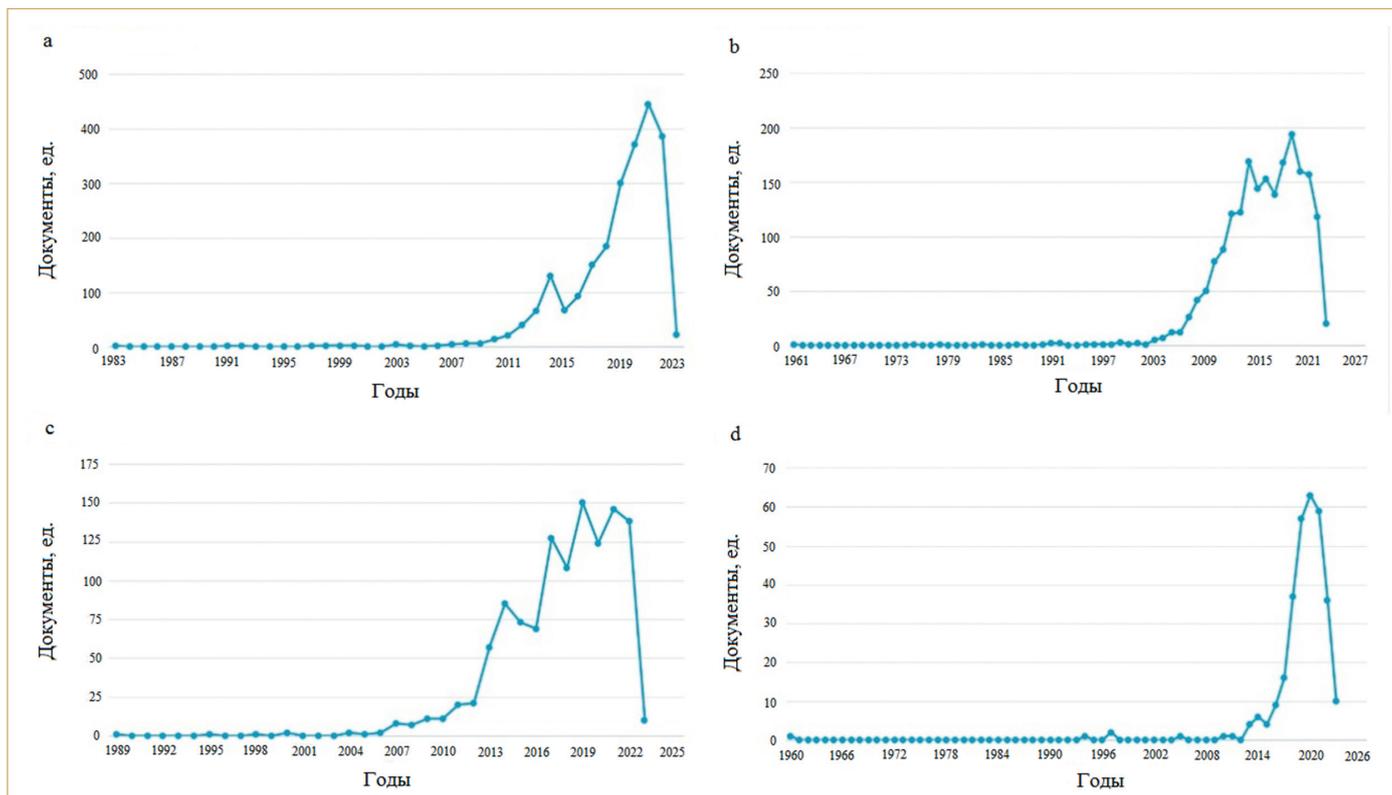


Рис. 2. Количество работ по тематике BIM в областях знаний инженерного дела и наук о Земле: а — Китай, б — США, с — Великобритания, d — Россия (по данным Scopus)

Fig. 2. The number of papers on the BIM subject in the fields of engineering and earth sciences: a — China, b - USA, c — Great Britain, d — Russia (according to Scopus)

основывается на анализе публикационной активности с использованием реферативной базы данных Scopus.

Для оценки были использованы инструменты анализа результатов Scopus. Подбор документов в единицах проводился для четырех стран: Китай, США, Великобритания и Россия, документы подбирались из разделов по инженерным наукам и наукам о Земле (рис. 2).

Из графиков наглядно видно, что в России публикационная активность по BIM и, как следствие, заинтересованность научного сообщества данной тематикой началась после 2014 г., с опозданием от США на 10 лет, от Великобритании — на 5. Прослеживается схожая динамика активности научного сообщества в России и в Китае, отмечается примерно общая точка роста количества опубликованных работ после 2014 г., однако объем публикаций в Китае и в России разительно отличается, т.к. только за 2021 г. китайские исследователи опубликовали статей больше, чем Россия за все время анализа, 446 документов против 308. Наибольшая публикационная активность по тематике BIM в областях инженерного дела и наук о Земле отмечается в Китае, США, Великобритании. Россия в данном рейтинге находится лишь на 13 месте (рис. 3).

Таким образом, при анализе статистических данных можно сделать вывод о значительном отставании РФ по тематике

BIM как в прикладных, так и в теоретических отраслях знания. Вмешательство государства посредством законодательного регулирования процедуры строительства с обязательным включением BIM в этапы реализации проекта поспособствовали развитию тенденции более активного внедрения данной технологии, однако в настоящее время показатели нашей страны еще далеки от мировых.

Анализ существующих проблем внедрения BIM-технологий в отечественную промышленность

Отставание РФ от ряда других государств в области цифрового информационного моделирования, отмеченного выше, помимо позднего старта применения технологии в нашей стране также обосновывается рядом серьезных причин, некоторые из которых будут более подробно рассмотрены далее.

Низкая заинтересованность работодателей и сотрудников строительных компаний в вопросе внедрения и применения BIM-технологий при реализации инвестиционно-строительных объектов

Со стороны работодателей подобная проблема обосновывалась высокими затратами, необходимыми для внедрения BIM в рабочую деятельность и одновременно низкий уровень

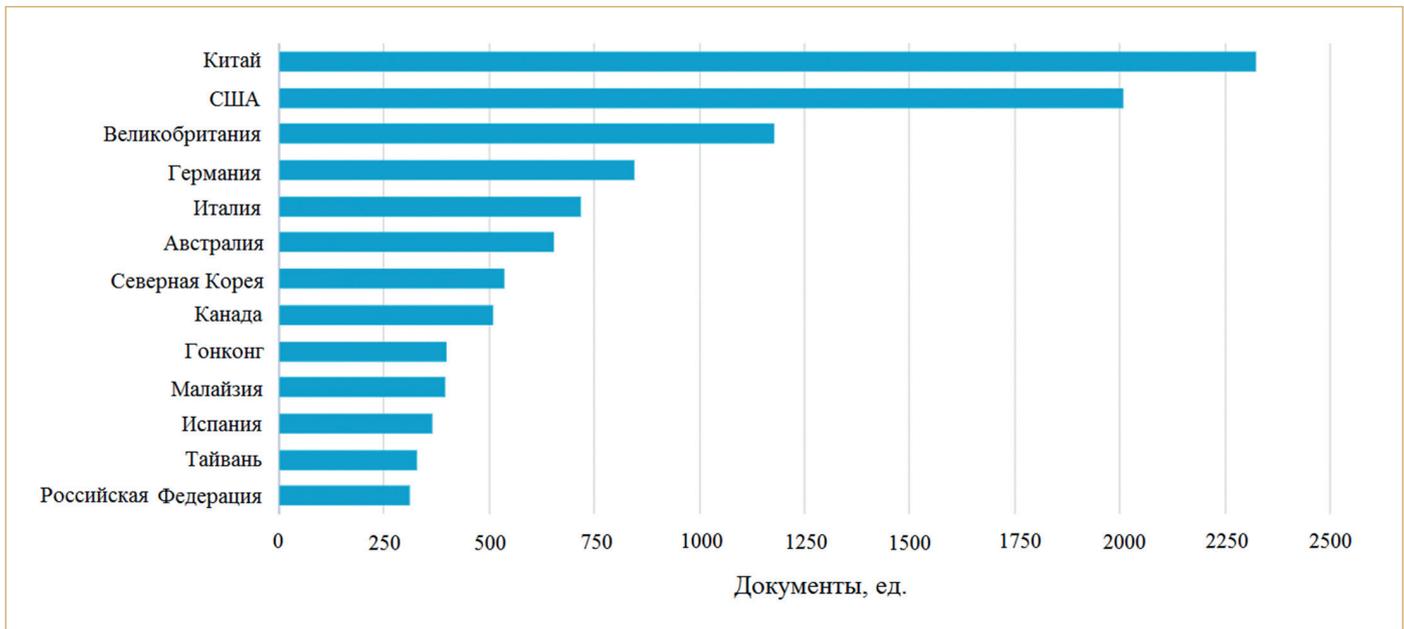


Рис. 3. Публикационная активность стран по тематике BIM в областях инженерного дела и наук о Земле (по данным Scopus)

Fig. 3. Publication activity of countries on the BIM subject in the fields of engineering and earth sciences (according to Scopus)

требований применения BIM среди инвесторов и заказчиков. С 2021 г. использование технологии информационного моделирования зданий стала обязательной при строительном госзаказе, что, вероятно, позитивно скажется на заинтересованности руководства строительных компаний внедрять BIM в свой производственный процесс [5].

Среди сотрудников компаний проблема чаще всего наблюдается в среде возрастных специалистов, которые имеют низкую мотивацию осваивать новое, а в своей работе используют привычные методы и инструменты. Помимо этого, в настоящее время отсутствует достаточное количество ВУЗов, способных обеспечить соответствующую образовательную программу. Таким образом, количество специалистов с достаточной квалификацией в области информационного моделирования зданий в настоящее время крайне мало.

Высокие затраты на приобретение специализированного оборудования и программного обеспечения

Работа в области BIM невозможна без применения специализированного программного обеспечения. В настоящее время существует большое количество продуктов, которые так или иначе способны обеспечивать применение ТИМ.

Наибольшей популярностью в настоящее время пользуются программные продукты Autodesk Revit от компании Autodesk и ArchiCAD от компании Graphisoft.

Autodesk Revit является полнофункциональной САПР (системой автоматизированного проектирования), основанной на технологии информационного моделирования зданий. Функционал программы обеспечивает возможности архитек-

турного проектирования, проектирования инженерных систем, строительных конструкций, а также 3D моделирования строительства и отличается высокой точностью при выполнении проектов. В настоящее время данное программное обеспечение (ПО) занимает лидирующее положение среди современных программных средств, используемых в реализации BIM-технологий в мире [31].

Подобное доминирование продукта Autodesk стало возможно благодаря широкому встроенному функционалу ПО, способному решать большое количество задач. Однако наряду с неоспоримыми плюсами, к которым можно отнести богатый инструментарий раздела проектирования, функциональный пакет инструментов для работы с документацией, широкий ассортимент форматов файлов для экспорта/импорта и др., присутствуют и определенные минусы, такие как: невозможность работать в старых версиях программы с форматами созданными в более новых версиях ПО, малое количество вариантов для совместной работы, высокие требования к мощности компьютера, высокая цена и др. [22].

ArchiCAD является программой разработанной компанией Graphisoft. Изначально предназначалась для работников сферы архитектуры и дизайна, а не строительной отрасли, поэтому функционал более «заточен» на создание интерьера и элементов ландшафта. ПО использует собственную технологию BIM и позволяет проводить моделирование всех элементов строительного процесса, начиная от мебели и заканчивая несущими конструкциями. Концепция, положенная в основу программы, носит название «Виртуальное здание» [9]. К сильным сторонам программы можно отнести: создание всего про-

екта в одном программном пакете, использование рисунков и чертежей, созданных в других программах в качестве подложки, адаптации чертежей и ведомостей для РФ, составление проектной документации и др., в то же время у ArchiCAD присутствуют и ощутимые минусы, к которым можно отнести достаточно высокую стоимость программного пакета, отсутствие собственной качественной среды для визуализации и др. ArchiCAD долгое время занимал лидирующее положение на рынке CAD-продуктов, однако, начиная с 2010 г., намечается явная тенденция преобладания программного средства Autodesk Revit, в то время как ArchiCAD сохраняет свои позиции лишь в ряде стран, где изначально он пользовался популярностью.

Помимо описанных выше программных продуктов на современном рынке существуют и другие предложения, однако большая часть из них не обладает достаточным уровнем универсальности и не способна охватить весь проект целиком. Даже при использовании ПО от Autodesk или Graphisoft возникает необходимость приобретения дополнительных программ, чтобы обеспечить наибольший охват работ, что в конечном итоге значительно повышает статью расходов. Следует добавить фактор санкционных ограничений, возникших в нашей стране с 2022 г., и, как следствие, уход многих производителей ПО с российского рынка. Таким образом, возникает потребность в отечественных аналогах, в настоящее время российский рынок программного обеспечения может предложить достаточно функциональные продукты, способные составить конкуренцию зарубежным программам. К одним из наиболее популярных программных средств для работы с BIM отечественной разработки можно отнести NanoCAD производства ООО «Нанософт», Renga, продукт Renga Software, и др.

NanoCAD является отечественной платформой для проектирования и моделирования объектов различной сложности, обладает поддержкой форматов .dwg и IFC, что делает ее отличным решением для совмещения САПР- и BIM-технологии. Дополнительно возможно расширение доступного функционала, посредством подключения специальных модулей. К плюсам платформы NanoCAD можно отнести: высокую производительность графической подсистемы, универсальные инструменты прямого и параметрического трехмерного моделирования, прямой импорт облаков точек, интеграция с BIM-агрегаторами, возможность выбора необходимых модулей, что способно экономить итоговую стоимость и др. Также следует упомянуть что применение платформы NanoCAD возможно не только в области строительства и проектирования, но также и в области инженерно-геологических изысканий. При использовании NanoCAD GeoniCS становится возможна работа с цифровыми моделями рельефа, достаточная простота подготовки цифровой модели местности, имеется возможность работы со слоями инженерно-геологических изысканий, удобная подготовка графических отчетных документов по изысканиям и др. К минусам следует отнести возможные проблемы с достоверностью обработки файлов фор-

мата .dwg, если исходный файл создавался при помощи AutoCAD, также некоторые пользователи отмечали проблемы, связанные с итоговой печатью файлов.

Renga является российской BIM-системой для комплексного проектирования с необходимой функциональностью и достаточно интуитивно-понятным интерфейсом. Вся документация, создаваемая в программе, соответствует используемой в России нормативной технической документации. Созданная информационная модель объекта строительства используется на всем его жизненном цикле. Функционал данного ПО позволяет использовать ее большому количеству специалистов, архитекторов, конструкторов, инженеров. К плюсам Renga можно отнести высокую скорость создания 3D-моделей, возможность работы с разными уровнями детализации, взаимодействие через IFC4 с расчетными и другими специализированными программами, эффективное использование ресурсов вычислительных машин и др. К минусам — ограниченные возможности в создании приложений и их интеграции через API, трудности с редактированием объектов на разрезах, отсутствие инструментов визуального программирования и др.

Помимо программного обеспечения также возникает проблема приобретения дополнительного оборудования для наиболее эффективной деятельности. Например, создание цифровых двойников уже существующих зданий или сооружений невозможно без применения средств лазерного сканирования. Лазерные сканеры являются дорогостоящим оборудованием и наиболее качественные модели представлены иностранными производителями, что в условиях санкционных ограничений ощутимо усложняет и удорожает процедуру их приобретения.

Проблемы применения технологии BIM в инженерно-геологических изысканиях

Концепция BIM-технологий включает в себя информационные характеристики зданий и сооружений на разных этапах жизненного цикла: от проектирования до сноса и дальнейшего существования лишь в виртуальном формате. При создании цифровых информационных моделей учитывается труд большого количества специалистов: конструкторов, архитекторов, проектировщиков, однако абсолютно незаслуженно зачастую в общую концепцию не вписывается работа геологов, обеспечивающих инженерно-геологические изыскания. Идея включения геологической информации в общую структуру BIM неоднократно озвучивалась специалистами ООО «НПП “Геотек”» [1, 2, 10]. Предлагалось провести объединение работ инженерно-геологических изысканий и проектирования в единую структурированную модель посредством технологий BIM. Подобная техника могла бы обеспечить наилучшее взаимодействие всех участников рабочего процесса на каждом из этапов работ. Однако, на сегодняшний момент в РФ и за рубежом практически неразвито применения информационных моделей оснований зданий и сооружений, что значительно усложняет процесс создания наиболее целостной информационной модели [2]. Специалистами

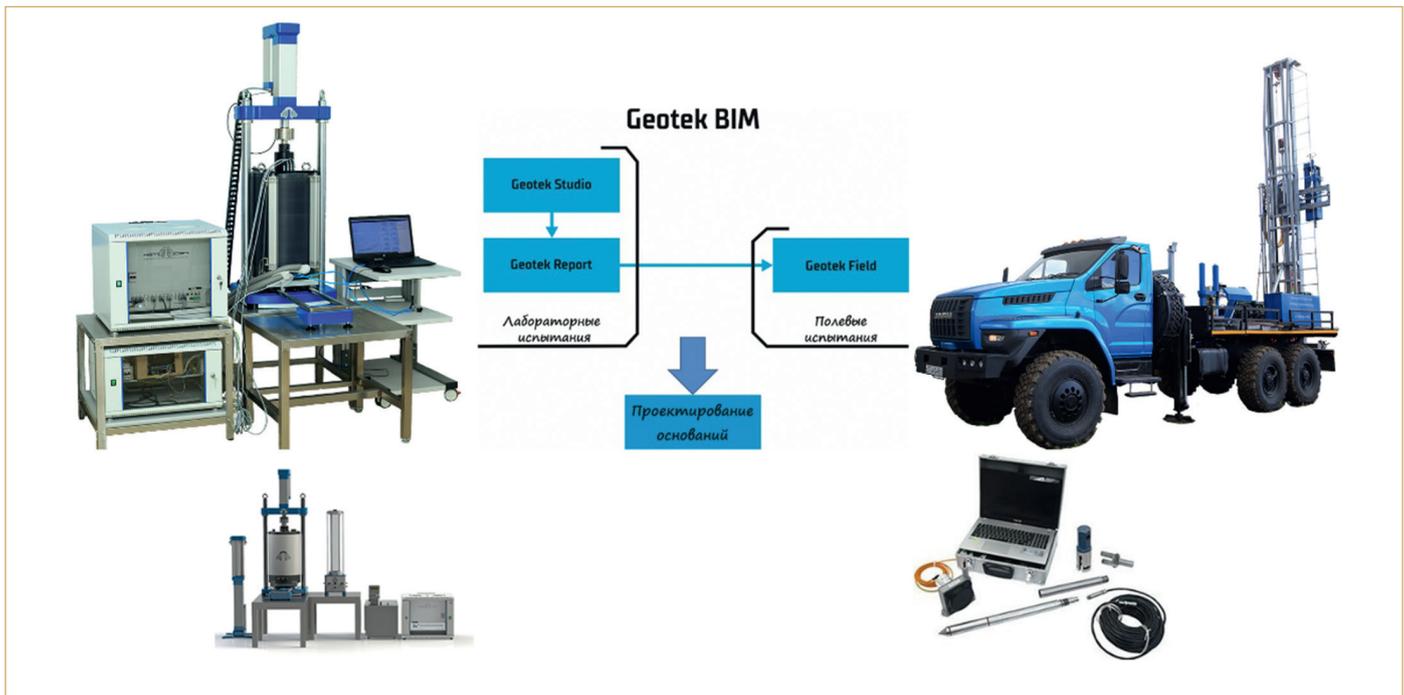


Рис. 4. Структура Geotek BIM [25]

Fig. 4. Geotek BIM structure [25]

ООО «НПП «Геотек»» была предложена комплексная технология инженерно-геологических изысканий, вписывающаяся в концепцию BIM и получившая проектное наименование 3D геотехника или Geotechnical Building Information Modeling (Geotek BIM) (также применим термин BIMG) (рис. 4).

Данная технология представляет собой совокупность измерительной и информационных систем, которая способна выполнять сбор, анализ и интерпретацию данных измерений с одновременным расчетом оснований фундаментов посредством аналитических и численных методов [3]. Применительно к инженерно-геологическим изысканиям речь идет о формировании 3D цифровой инженерно-геологической модели, где в качестве модели будет представлен массив грунта с известными параметрами геометрии, обозначенными инженерно-геологическими элементами, гидрогеологическими условиями и физико-механическими свойствами грунтов.

Механизм формирования итоговой геотехнической информационной системы включает в себя следующие этапы [25]:

1. Определяется рельеф поверхности изучаемой территории строительства с применением ГИС-систем.

2. Проводится комплекс лабораторных и полевых исследований грунтов с использованием автоматизированных комплексов АСИС.

3. Производится определение стратиграфических и литологических особенностей строения, а также физико-механические характеристики грунтов. При использовании численных методов производится определение параметров моделей грунтов.

4. Выполняется построение 3D геологической модели.

5. Формируется геотехническая 3D-модель, посредством разделения геологической модели на конечные элементы заданного масштаба и определяются координаты их узлов X, Y, Z .

6. Используя функции интерполяции и значения характеристик грунтов на нормативных выработках, определяются характеристики грунтов / параметры моделей грунтов в узлах сетки конечных элементов.

7. В 3D-модель вводятся конструкция фундамента или сооружения, нагрузки и др.

8. Выполняется расчет основания фундамента с использованием аналитических решений соответствующих сводов правил или численными методами расчета.

9. Вводятся виртуальные выработки и выполняется оценка влияния неоднородности свойств грунтов на результаты аналитических и численных решений.

10. Для передачи информации во внешнюю среду 3D цифровая геологическая модель выпускается в формате IFC4, что позволяет ее использовать в программах 3D-построений.

Однако для нормального функционирования подобной модели необходимо решить проблематику хранения и передачи информации в электронном формате. В России на сегодняшний момент, помимо формата IFC4, нет стандартизированного и универсального формата передачи данных инженерно-геологических и геотехнических сведений между участниками проекта, что полностью блокирует возможность успешного внедрения и применения GBIM-технологии, для решения данной проблематики можно обратиться к иностранному опыту, где подобные форматы существуют [2].

Одними из наиболее удачных примеров можно назвать формат Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists (AGS), разработанный в Великобритании и Data Interchange for Geotechnical and Geoenvironmental Specialists (DIGGS), разработанный в США.

Формат AGS содержит в себе информацию по описанию грунтов, условия их генезиса, описание, результаты лабораторных и полевых исследований и пр. Данные обладают классификацией и систематизацией высокого качества. Формат документирован и обладает широкой поддержкой среди специализированного программного обеспечения [12].

DIGGS является проектом, основная задача которого — разработка схем XML для описания данных, полученных при исследовании поверхности земли. Формат является некоммерческим и не конфликтует с ПО [29].

Необходимость разработки регламента проведения работ

Проектирование с применением технологии BIM имеет ряд значительных отличий от привычных методов проектирования, наиболее значительным является переход от индивидуальной работы к коллективной в едином пространстве информационно цифровой модели, что кардинально изменяет весь рабочий процесс.

В целях предотвращения возникновения путаницы и элементов неопределенности необходима разработка четкой стратегии действий, выражающаяся в регламенте проведения работ. Важно понимать, что подобный регламент не может быть унифицирован и применяться для всех участников строительной отрасли, для наибольшей эффективности он должен быть индивидуальным для каждой проектной организации и формироваться в процессе выполнения пилотных проектов с учетом особенностей, которые характерны для компании, разрабатывающей и внедряющей его [7].

Необходимость создания собственных библиотек элементов

Применение любой новой для технологического процесса технологии обосновывается пользой от ее внедрения. Поскольку в основе BIM лежит 3D-моделирование, то ее эффективность возрастает в том случае, если исполнители в процессе создания информационной модели не создают каждый

составляющий ее элемент с нуля, а уже используют имеющиеся библиотеки элементов. Каждый производитель специализированного программного обеспечения имеет набор стандартизированных библиотек, но они не отличаются своей полнотой и качеством выполненных моделей, таким образом при внедрении в свой рабочий процесс BIM-технологии компании сталкиваются с необходимостью создания библиотек элементов, соответствующих внутренним потребностям. Итоговым результатом создания качественной библиотеки элементов является общая оптимизация работ, однако на стадии разработки и формирования фондов моделей это вызывает дополнительные затраты сил и времени рабочих групп.

Заключение

Таким образом, на сегодняшнем этапе развития BIM-технологий в РФ прослеживается ряд достаточно острых проблем, которые создают сложности для наиболее качественной интеграции цифровых информационных моделей в производственные процессы. Перед предприятиями в условиях санкционных ограничений встает вызов по минимизации рисков, связанных с ограничением или полным блокированием специализированного ПО, имеющего зарубежное происхождение, преодоление данного риска возможно благодаря замене иностранных компонентов на отечественные аналоги, однако подобная процедура требует дополнительных затрат как времени, так и средств. Для наибольшей эффективности от качественного внедрения технологий цифрового информационного моделирования требуется проведение мероприятий по созданию государственных стандартов, обеспечивающих регулирование данной области. Необходимо понимать, что помимо представленных здесь существуют также и другие сложности и вполне вероятно возникновение новых. В настоящее время Россия имеет достаточно высокий потенциал для успешного внедрения в производственные процессы BIM, однако предстоит провести еще большое количество работы, требующей совместных усилий как со стороны представителей строительной промышленности, так и государства. Итоговое внедрение современных технологий способно обеспечить увеличение промышленных мощностей и уменьшить затраты времени и средств, обеспечить улучшение уровня жизни человека и снижения различного рода рисков, связанных со строительной сферой. 

Список литературы

1. Болдырев Г.Г., Барвахов В.А., Идрисов И.Х., Хрянина О.В., 2017. Комплексная технология инженерно-геологических изысканий. Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура, Том 8, № 3, с. 22–33, <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2017.3.03>.
2. Болдырев Г.Г., Барвахов В.А., Шейнин В.И., Каширский В.И., Идрисов И.Х., Дивеев А.А., 2019. Информационные системы в геотехнике — 3D геотехника. Геотехника, Том XI, № 2, с. 6–27, <https://doi.org/10.25296/2221-5514-2019-11-2-6-27>.
3. Болдырев Г.Г., Идрисов И.Х., Редин А.В., Дивеев А.А., 2020. BIM геотехника и перспективы ее развития в Российской Федерации. Геотехника, Том XII, № 4, с. 6–22, <https://doi.org/10.25296/2221-5514-2020-12-4-6-22>.

4. Вирцев М.Ю., Власова А.Ю., 2017. BIM-технологии — принципиально новый подход в проектировании зданий и сооружений. Российское предпринимательство, Том 18, № 23, с. 3827–3836.
5. Дронов Д.С., Киметова Н.Р., Ткаченко В.П., 2017. Проблемы внедрения BIM-технологий в России. Синергия наук, № 10, с. 529–549.
6. Ильинова В.В., Мицевич В.Д., 2021. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве. Российский внешнеэкономический вестник, № 6, с. 79–93, <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2021-6-79-93>.
7. Коровина М.Д., Шавва А.А., 2016. Сложности перехода к BIM проектированию. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, № 12–3, с. 124–127.
8. Новкович Н., Бенклян С., Ларина Т., Коряковцев А., Волкодав В., Воробьев Д., Веселова К., 2018. BIM-стандарт. Промышленные объекты. Версия 1.0. Изд-во Autodesk, Москва.
9. Талапов В.В., 2011. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. ДМК Пресс, Москва.
10. Тарелкин Е.П., Захаров М.С., 2012. Основные направления в развитии инженерно-геологических изысканий на период 2012–2020. URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1677511011&tld=ru&lang=ru&name=_231112_599.pdf (дата обращения: 10.05.2022).
11. Уткина В.Н., Грязнов С.Ю., Бабушкина Д.Р., 2019. Проблемы и перспективы внедрения технологии информационного моделирования в области строительства в России: проблемы и перспективы внедрения. Основы экономики, управления и права, № 1(19), с. 57–61, https://doi.org/10.51608/23058641_2019_1_57.
12. Шеина С.Г., Петров К.С., Федоров А.А., 2019. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и в России. Строительство и техногенная безопасность, № 14(66), с. 7–14.
13. Alsop T., 2021. Computer penetration rate among households worldwide 2005–2019. URL: <https://www.statista.com/statistics/748551/worldwid-e-households-with-computer/> (дата обращения: 11.05.2022).
14. Bukht R., Heeks R., 2018. Defining, conceptualising and measuring the digital economy. International Organisations Research Journal, Vol. 13, No. 2, pp. 143–172, <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2018-02-07>.
15. Delaqua V., 2022. 10 projects in which BIM was essential. URL: <https://www.archdaily.com/920839/10-projects-inwhich-bim-was-essential> (дата обращения: 06.05.2022).
16. Diaz P.M., 2016. Analysis of benefits, advantages and challenges of building information modelling in construction industry. Journal of Advances in Civil Engineering, Vol. 2, No. 2, pp. 1–11, <https://doi.org/10.18831/djcivil.org/2016021001>.
17. Kisel T., 2020. Dynamics of the level of BIM application in Russia in 2017–2019. E3S Web of Conferences, Vol. 220, ID 01025, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022001025>.
18. Li J., Wang Y., Wang X., Luo H., Kang S.-C.J., Wang J., Guo J., Jiao Y., 2014. Benefits of building information modelling in the project lifecycle: construction projects in Asia. International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol. 1, No. 1, ID 124, <https://doi.org/10.5772/58447>.
19. Mesároš P., Mandičák T., 2017. Exploitation and Benefits of BIM in construction project management. IOP Conferences Series: Materials Science and Engineering, Vol. 245, ID 062056, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/6/062056>.
20. Trieu R., 2019. Seven examples of buildings around the world using BIM to meet LEED. Architecture. URL: <https://redshift.autodesk.com/bim-examples/> (дата обращения: 11.05.2022).
21. Wyman O., 2018. Digitalization of the construction industry: the revolution is underway. URL: https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliverwyman/v2/publications/2018/july/OliverWyman_Digitalization_in_the_construction_industry_web_final.PDF (дата обращения: 11.05.2022).
22. Yori R., Kim M., Kirby L., 2020. Mastering Autodesk Revit. John Wiley and Sons, Indianapolis, IN, USA.
23. Официальный сайт компании Concurator, 2018. Уровень применения BIM в России 2017 г. Отчет об исследовании. URL: http://concurator.ru/information/bim_report/ (дата обращения: 10.05.2022).
24. Официальный сайт компании Concurator, 2019. Уровень применения BIM в России 2018 г. Отчет об исследовании. URL: http://concurator.ru/information/bim_report_2019/ (дата обращения: 10.05.2022).
25. Официальный сайт ООО «НПП “Геотек”», 2022. URL: <https://npp-geotek.com/> (дата обращения: 12.05.2022).
26. Официальный сайт PWC, 2020. PropTech в России: обзор практики применения BIM-технологий и инновационных решений в области проектирования. URL: <https://www.pwc.ru/ru/assets/proptech-2020.pdf> (дата обращения: 10.05.2022).
27. Официальный сайт TADVISER, 2022. BIM-технологии (рынок России). URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 10.05.2022).
28. Официальный сайт Ассоциации геотехников и геоэкологов (AGS), 2022. URL: <https://www.ags.org.uk/> (дата обращения: 10.05.2022).
29. Официальный сайт Геологического института Американского общества гражданских инженеров (ASCE), 2022. Welcome to DIGGS. URL: <https://www.geoinstitute.org/special-projects/diggs> (дата обращения: 06.05.2022).
30. Официальный сайт компании Trimble, 2022. Kainuu Hospital - the best example of deep BIM collaboration. URL: <https://www.tekla.com/resources/casestudies/kainuu-hospital-the-best-example-of-deepbim-collaboration> (дата обращения: 06.05.2022).
31. Сайт Big Data and Machine Learning, 2022. URL: <https://bigdataconstruction.com/> (дата обращения: 10.05.2022).
32. Сайт Internet World Stats, 2022. The Internet big picture. World Internet users and 2020 population stats. URL: <https://www.internetworldstats.com/stats.htm> (дата обращения: 06.05.2022).

References

1. Boldyrev G.G., Barvashov V.A., Idrisov I.Kh., Khrianina O.V., 2017. Integrated technology of geotechnical survey. *Construction and Geotechnics*, Vol. 8, No. 3, pp. 22–33, <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2017.3.03>. (in Russian)
2. Boldyrev G.G., Barvashov V.A., Sheynin V.I., Kashirsky V.I., Idrisov I.Kh., Diveev A.A., 2019. Information systems in geotechnical engineering – 3D-geotechnics. *Geotechnics*, Vol. XI, No. 2, pp. 6–27, <https://doi.org/10.25296/2221-5514-2019-11-2-6-27>. (in Russian)
3. Boldyrev G.G., Idrisov I.Kh., Redin A.V., Diveev A.A., 2020. BIM geotechnics and perspectives of its development in the Russian Federation. *Geotechnics*, Vol. XII, No. 4, pp. 6–22, <https://doi.org/10.25296/2221-5514-2020-12-4-6-22>. (in Russian)
4. Virtsev M.Yu., Vlasova A.Yu., 2017. BIM-technology is a fundamentally new approach in design of buildings and structures. *Rossiyskoye Predprinimatelstvo*, Vol. 18, No. 23, pp. 3827–3836. (in Russian)
5. Dronov D.S., Kimetova N.R., Tkachenkova V.P., 2017. Problems of implementing BIM-technologies in Russia. *Sinergiya Nauk*, № 10, с. 529–549. (in Russian)
6. Ilyinova V.V., Mitsevich V.D., 2021. International experience in the use of BIM technologies in construction. *Rossiyskiy Vneshneekonomicheskii Vestnik*, No. 6, pp. 79–93, <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2021-6-79-93>. (in Russian)
7. Korovina M.D., Shavva A.A., 2016. Difficulties of transition to BIM-design. *Aktualnyye Problemy Gumanitarnykh i Yestestvennykh Nauk*, No. 12–3, pp. 124–127. (in Russian)
8. Novkovich N., Benklyan S., Larina T., Koryakovtsev A., Volkodav V., Vorobyov D., Veselova K., 2018. BIM-standard. Industrial objects. Version 1.0. Publishing house of the Autodesk, Moscow. (in Russian)
9. Talapov V.V., 2011. Basics of BIM: an introduction to building information modeling. DMK Press, Moscow. (in Russian)
10. Tarelkin E.P., Zakharov M.S., 2012. The main directions in the development of engineering and geological surveys for the period 2012–2020. URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1677511011&tld=ru&lang=ru&name=_231112_599.pdf (accessed: 10 May 2022). (in Russian)
11. Utkina V.N., Gryaznov S.Yu., Babushkina D.R., 2019. Problems and prospects of implementation of information modeling technology in the construction field of Russia: problems and prospects of implementation. *Economy, Governance and Law Basis*, No. 1(19), pp. 57–61, https://doi.org/10.51608/23058641_2019_1_57. (in Russian)
12. Sheina S.G., Petrov K.S., Fedorov A.A., 2019. Study of the stages of development of BIM-technologies in world practice and in Russia. *Stroitelstvo i Tekhnogennaya Bezopasnost*, No. 14(66), pp. 7–14. (in Russian)
13. Alsop T., 2021. Computer penetration rate among households worldwide 2005–2019. URL: <https://www.statista.com/statistics/748551/worldwid-e-households-with-computer/> (accessed: 11 May 2022).
14. Bukht R., Heeks R., 2018. Defining, conceptualising and measuring the digital economy. *International Organisations Research Journal*, Vol. 13, No. 2, pp. 143–172, <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2018-02-07>.
15. Delaqua V., 2022. 10 projects in which BIM was essential. URL: <https://www.archdaily.com/920839/10-projects-in-which-bim-was-essential> (accessed: 6 May 2022).
16. Diaz P.M., 2016. Analysis of benefits, advantages and challenges of building information modelling in construction industry. *Journal of Advances in Civil Engineering*, Vol. 2, No. 2, pp. 1–11, <https://doi.org/10.18831/djcivil.org/2016021001>.
17. Kisel T., 2020. Dynamics of the level of BIM application in Russia in 2017–2019. *E3S Web of Conferences*, Vol. 220, ID 01025, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022001025>.
18. Li J., Wang Y., Wang X., Luo H., Kang S.-C.J., Wang J., Guo J., Jiao Y., 2014. Benefits of building information modelling in the project lifecycle: construction projects in Asia. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 1, No. 1, ID 124, <https://doi.org/10.5772/58447>.
19. Mesároš P., Mandičák T., 2017. Exploitation and Benefits of BIM in construction project management. *IOP Conferences Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 245, ID 062056, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/6/062056>.
20. Trieu R., 2019. Seven examples of buildings around the world using BIM to meet LEED. *Architecture*. URL: <https://redshift.autodesk.com/bim-examples/> (accessed: 11 May 2022).
21. Wyman O., 2018. Digitalization of the construction industry: the revolution is underway. URL: https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliverwyman/v2/publications/2018/july/OliverWyman_Digitalization_in_the_construction_industry_web_final.PDF (accessed: 11 May 2022).
22. Yori R., Kim M., Kirby L., 2020. *Mastering Autodesk Revit*. John Wiley and Sons, Indianapolis, IN, USA.
23. The official site of the Concurator, 2018. Level of BIM adoption in Russia 2017. Research report. URL: http://concurator.ru/information/bim_report/ (accessed: 10 May 2022). (in Russian)
24. The official site of the Concurator, 2019. Level of BIM adoption in Russia 2018. Research report. URL: http://concurator.ru/information/bim_report_2019/ (accessed: 10 May 2022). (in Russian)
25. The official site of the Scientific Production Enterprise Geotek LLC, 2022. URL: <https://npp-geotek.com/> (accessed: 12 May 2022). (in Russian)
26. The official site of the PWC, 2020. PropTech in Russia: an overview of the practice of applying BIM technologies and innovative solutions in the field of design. URL: <https://www.pwc.ru/ru/assets/proptech-2020.pdf> (accessed: 10 May 2022). (in Russian)
27. The official site of the TADVISER, 2022. BIM-technologies (market of Russia). URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (accessed: 10 May 2022). (in Russian)

28. The official site of the Associations of geotechnicians and geocologists (AGS), 2022. URL: <https://www.ags.org.uk/> (accessed: 10 May 2022). (in Russian)
29. The official site of the Geological Institute of the American Society of Civil Engineers (ASCE), 2022. Welcome to DIGGS. URL: <https://www.geoinstitute.org/special-projects/diggs> (accessed: 6 May 2022).
30. The official site of the Trimble, 2022. Kainuu Hospital - the best example of deep BIM collaboration. URL: <https://www.tekla.com/resources/casestudies/kainuu-hospital-the-best-example-of-deepbim-collaboration> (accessed: 6 May 2022).
31. Site Big Data and Machine Learning, 2022. URL: <https://bigdataconstruction.com/> (accessed: 10 May 2022).
32. Site Internet World Stats, 2022. The Internet big picture. World Internet users and 2020 population stats. URL: <https://www.internetworldstats.com/stats.htm> (accessed: 6 May 2022).

Информация об авторах

КРАСИЛЬНИКОВ ВИТАЛИЙ ПАВЛОВИЧ

Старший преподаватель кафедры региональной и нефтегазовой геологии геологического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, Россия

АНДРИАНОВ АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

Аспирант кафедры инженерной геологии и охраны недр геологического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, Россия

КРАСИЛЬНИКОВ ПАВЕЛ АНАТОЛЬЕВИЧ

Декан геологического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета, д.г.-м.н., г. Пермь, Россия

МЕЩЕРЯКОВА ОЛЬГА ЮРЬЕВНА

Доцент кафедры динамической геологии и гидрогеологии геологического факультета, старший научный сотрудник лаборатории геологии техногенных процессов Естественного института Пермского государственного национального исследовательского университета, к.т.н., г. Пермь, Россия

Information about the authors

VITALII P. KRASILNIKOV

Senior Lecturer of the Department of Regional and Petroleum Geology, Faculty of Geology, Perm State University; Perm, Russia

ANDREY V. ANDRIANOV

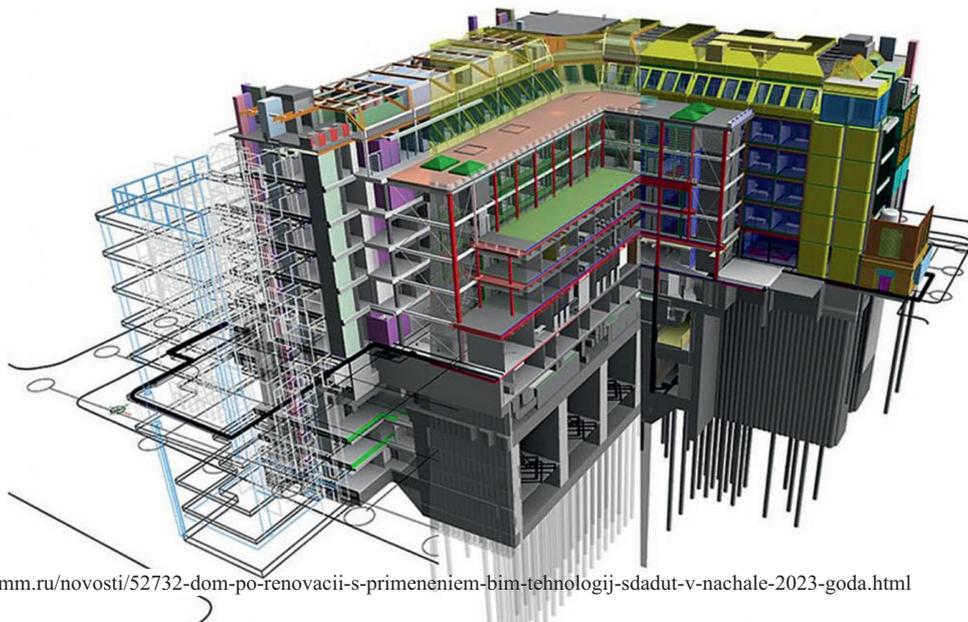
Postgraduate Student of the Faculty of Geology, Perm State University; Perm, Russia

PAVEL A. KRASILNIKOV

DSc (Geology and Mineralogy); Dean of the Faculty of Geology, Perm State University; Perm, Russia

OLGA Yu. MESHCHERIAKOVA

PhD (Technics); Associate Professor in the Department of Dynamic Geology and Hydrogeology, Faculty of Geology, Senior Research Scientist in the Laboratory of Geology of Technogenic Processes, Institute of Natural Science, Perm State University; Perm, Russia



Источник: <https://rmm.ru/novosti/52732-dom-po-renovacii-s-primeneniem-bim-tehnologij-sdadut-v-nachale-2023-goda.html>