

# ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

УДК 528.44:004.925.83

DOI: 10.33764/2411-1759-2022-27-1-107-115

## РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ДЛЯ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

### *Евгений Ильич Аврунев*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, советник при ректорате по научной деятельности, тел. (383)344-31-73, e-mail: avrynev\_ei@ngs.ru

### *Наталья Владимировна Гатина*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, ассистент отделения геологии инженерной школы природных ресурсов, тел. (952)886-07-59, e-mail: nvg10@tpu.ru

### *Мария Викторовна Козина*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, кандидат технических наук, доцент отделения геологии инженерной школы природных ресурсов, тел. (923)413-34-00, e-mail: kozinamv@tpu.ru

В статье предлагается система принципов для 3D-моделирования линейных сооружений и инженерной инфраструктуры территориального образования. Реализация этих принципов, по мнению авторов статьи, позволит решить следующие научно-технические задачи: выполнять 3D-моделирование в метрике, обеспечивающей как кадастровую, так и градостроительную деятельность, использовать сформированную 3D-модель инженерного сооружения для контроля строительно-монтажных работ при приеме в эксплуатацию построенного инженерного сооружения, с минимальной трудоемкостью наполнять Единый государственный реестр недвижимости актуальной и достоверной пространственной кадастровой информацией, позволяющей, в том числе, создать единое геопространство территориального образования, необходимое для устойчивого развития территории.

**Ключевые слова:** территориальное образование, Единый государственный реестр недвижимости, 3D-моделирование, принципы, системы координат, линейные сооружения, инженерная инфраструктура

### *Введение*

Современные преобразования законодательства в сфере градостроительства подчеркивают важную роль актуализации информации о местоположении линейных сооружений и инженерных коммуникаций, поскольку такая информация лежит в основе внесения достоверных сведений о таких сооружениях в Единый государственный реестр недви-

мости (ЕГРН), а также разработки документов территориального планирования, градостроительного зонирования, документов по планировке территории. Одним из основных аспектов такой информации является ее пространственная структура, определяющая, в ряде случаев, невозможность определения соответствующих параметров объектов недвижимости в плоской прямоугольной системе координат  $(x, y)$ .

Поэтому в настоящее время актуальным вопросом является перевод кадастра недвижимости, особенно для городских территорий, в 3D-формат, что обуславливает пространственное представление объектов недвижимости с определением их параметров, необходимых для реализации градостроительной и кадастровой деятельности. Однако определение параметров объектов недвижимости в пространственной прямоугольной координатной системе (ГСК-2011) сопряжено с многочисленными технологическими и техническими проблемами [1–3], а также проблемами при восстановлении границ земельных участков, местоположение которых было определено в плоской прямоугольной координатной системе.

Следовательно, в настоящее время актуальным направлением исследований является разработка концептуальных принципов 3D-моделирования линейных сооружений и инженерной инфраструктуры, необходимых для создания единого геоинформационного пространства территориального образования, в котором возможно решение многочисленных задач градостроительной и кадастровой деятельности.

### Решение поставленных научно-технических задач

В настоящее время территориальные образования (города) представляют сложную пространственную структуру, состоящую из большого числа объектов капитального строительства, линейных инженерных сооружений, составляющую, в том числе, пространственную инженерную инфраструктуру, многочисленных других инженерных сооружений.

Разработкой классификации линейных, в том числе, подземных, инженерных сооружений занимались многие исследователи [4–7], предлагавшие общую классификацию подземных объектов, деля их по функциональному назначению, разделяя на гражданские, гидротехнические, сельскохозяйственные, промышленные и транспортные сооружения, а также в зависимости от материалов, из которых они возведены, от срока службы, от геометрической формы в плане и пространстве.

На основании выполненных исследований и в соответствии с требованиями Градостроительного кодекса [8] предложенная классификация линейных инженерных сооружений приведена на рисунке.



Классификация линейных сооружений и инженерной инфраструктуры территориального образования

Все перечисленные линейные инженерные сооружения являются объектами кадастра недвижимости, которые в соответствии с ФЗ № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» [9] необходимо поставить на государственный кадастровый учет и, следовательно, должно быть определено их местоположение в установленной законодательством системе координат.

Согласно предложенной классификации, линейные инженерные сооружения подразделяются на линейные сооружения, расположенные в границах населенных пунктов, и магистральные трубопроводы, проходящие по межселенным территориям. В целях обеспечения сохранности и создания необходимых условий эксплуатации инженерной инфраструктуры устанавливаются зоны с особыми условиями использования территории, сведения о которых так же должны вноситься в соответствующий раздел ЕГРН [1, 10].

Результатом внесения кадастровой информации о данных объектах недвижимости является их актуализация в графической и текстовой формах, что в условиях сложной пространственной структуры, особенно в крупных населенных пунктах (мегаполисах), является сложной научно-технической задачей [1, 2, 11].

Неслучайно поэтому в настоящее время ведущими российскими учеными уделяется самое серьезное внимание разработке и исследованию информационных систем, позволяющих актуализировать соответствующую информацию в пространственном виде. Здесь, в первую очередь, необходимо отметить научно-технические разработки [12–17], позволяющие, в том числе, приступать к переводу российского кадастра от его представления на плоскости в 3D-формат. Отметим, что данное направление соответствует принятой концепции полного перевода российской экономики в цифровой формат.

Необходимость и актуальность внедрения 3D-кадастра [18] вызваны быстрыми темпами развития и изменения пространственной инфраструктуры городов (особенно мегаполисов):

– увеличение и уплотнение застройки за счет многоквартирных домов и административных зданий сложной пространственной конфи-

гурации, что обуславливает, в том числе, проблемы с оформлением прав собственности;

– резкое увеличение числа подземной многоуровневой инженерной инфраструктуры и технологически связанной с ней инфраструктурой наземных объектов недвижимости.

Таким образом, можно сделать вывод, что вопрос создания трехмерных моделей объектов недвижимости при выполнении кадастровых работ для формирования 3D-кадастра в России является, в настоящее время, актуальной научно-технической задачей. Следовательно, для решения этого вопроса необходимо сформулировать систему принципов в целях получения актуальной и достоверной кадастровой информации об объектах недвижимости соответствующего территориального образования, которая должна быть использована не только для регулирования земельно-имущественных отношений, но и для обеспечения градостроительной деятельности. Такой подход предусматривает создание единого геоинформационного пространства, обеспечивающего устойчивое развитие территориального образования.

На основании информационно-аналитического обзора российских разработок в этом направлении авторами предложена следующая система принципов 3D-моделирования линейных сооружений и инженерной инфраструктуры территориального образования:

– соответствие метрики при создании 3D-модели линейного инженерного сооружения реальным параметрам на физической поверхности Земли [3], что необходимо для реализации градостроительной деятельности (градостроительство);

– возможность использования 3D-модели при приеме в эксплуатацию возведенного объекта недвижимости (контроль);

– применение 3D-модели при определении осадок и деформаций построенного линейного инженерного сооружения (деформации);

– соответствие метрики сформированной 3D-модели линейного инженерного сооружения координатной системе, в которой выполняются кадастровые работы и ведется Единый государственный реестр недвижимости (кадастр) [19];

– возможность интеграции сформированной 3D-модели линейного инженерного сооружения в 3D-модель территориального образования, в котором находится линейное инженерное сооружение, и в отношении которого выполняются кадастровые работы (интеграция);

– минимальная трудоемкость формирования 3D-модели линейного инженерного сооружения (трудоемкость).

$$\Delta = L_{i-j} - S_{i-j} = L_{i-j} - \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \leq t \cdot L_{i-j} = 0,1 \cdot L_{i-j}, \quad (1)$$

где  $t$  – коэффициент пренебрегаемого влияния, который на основании критерия ничтожного влияния предлагается устанавливать  $t = 0,1$ ;  $i, j$  – номера соответствующих характерных точек, определяющих на местности параметры линейного сооружения.

Отметим актуальность реализации этого принципа для градостроительной деятельности. Конструктивные элементы инженерного сооружения проектируются и собираются на физической поверхности Земли, а их отличие от параметров в используемой координатной системе приводит к серьезным проблемам при монтаже этих элементов на местности. Кроме этого, отличие параметров объектов недвижимости между реальными размерами и параметрами в координатной системе обуславливает искажение налогооблагаемой базы и наполнение ЕГРН недостоверной кадастровой информацией об истинных размерах объекта недвижимости и, следовательно, земельных платежах.

Реализация второго принципа (контроль) обусловлена требованием современного российского законодательства о соответствии проектных размеров объекта недвижимости его реальным параметрам на местности. Поэтому кадастровому инженеру при подготовке технического плана на объект недвижимости необходимо убедиться в выполнении данного условия. Кроме этого, построенная 3D-модель в соответствии с предлагаемым принципом может служить в качестве контроля градостроительной деятельности и подписании акта приема-передачи построенного объекта недвижимости в эксплуатацию.

Для эффективной реализации этого принципа необходимо реализовать выбор такого

Реализация первого предлагаемого концептуального принципа (градостроительство) предусматривает выбор такой координатной системы, в которой расхождения значений параметров объектов недвижимости на физической поверхности Земли ( $L_{i-j}$ ) и в принятой координатной системе ( $S_{i-j}$ ) не будут превышать нормативно установленный допуск:

измерительного технологического оборудования, которое обеспечивает определение параметров линейного инженерного сооружения в соответствии с установленной нормативной точностью:

$$m_{\text{ИЗМ}} = f \cdot t \cdot \Delta_{\text{НОРМ}}, \quad (2)$$

где  $f$  – функциональная связь между измеренным элементом при координировании характерной точки и допуском, устанавливаемым соответствующим нормативным документом на точность определения соответствующего параметра ( $\Delta_{\text{НОРМ}}$ ) объекта недвижимости.

Третий принцип реализации 3D-моделирования (деформации) актуален для тех объектов недвижимости, которые расположены в зонах развития неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений. При этом точность используемого измерительного технологического оборудования должна устанавливаться в соответствии с критерием (2), где в качестве  $\Delta_{\text{НОРМ}}$  необходимо использовать нормативный допуск на точность определения параметров динамического процесса, который происходит в геологическом основании линейного инженерного сооружения.

Четвертый принцип (кадастр) определяет необходимость выполнения 3D-моделирования в координатной системе, установленной действующим земельно-имущественным законодательством в отношении объектов недвижимости, которые необходимо поставить на государственный кадастровый учет (плоская прямоугольная координатная система в проекции Гаусса – Крюгера). Отметим важный концептуальный аспект – для каждого кадастрового округа

устанавливается своя местная система координат. Следовательно, при координировании линейных инженерных сооружений, пересекающих несколько кадастровых округов, возникают существенные противоречия между фактической длиной такого сооружения и его значением, вычисленным по координатным определениям. В этом случае фактическую длину линейного инженерного сооружения следует определять по измеренным значениям длин линий (с использованием электронного тахеометра), по значе-

ниям базовых векторов (с использованием GNSS-технологий) или в результате построения цифровой модели, полученной в результате лазерного сканирования.

Для реализации этого принципа нами предлагается изменить основную форму межевого или технического плана, дополнив его характеристиками, определяющими параметры инженерного линейного сооружения на физической поверхности Земли. Предлагаемая форма межевого или технического плана приведена в таблице.

Основная форма межевого или технического плана с параметрами линейного инженерного сооружения

МЕЖЕВОЙ ИЛИ ТЕХНИЧЕСКИЙ ПЛАН								
Сведения о пространственных координатах характерных точек и длин линий между ними, линейных инженерных сооружений								
№	пространственные координаты			длины линий			$m_{x,y}$	$m_H$
	$x$	$y$	$H$	$S_{\text{ПЛОСК}}$	$S_{\text{ПРОСТ}}$	$L_{\text{ПЛОСК}}$		
1	$x_1$	$y_1$	$H_1$				$m_1$	$m_{H1}$
				$S_{1-2}$	$S_{1-2}$	$L_{1-2}$		
2	$x_2$	$y_2$	$H_2$				$m_2$	$m_{H2}$
				$S_{2-3}$	$S_{2-3}$	$L_{2-3}$		
3	$x_3$	$y_3$	$H_3$				$m_3$	$m_{H3}$
				$S_{3-4}$	$S_{3-3}$	$L_{3-4}$		
4	$x_4$	$y_4$	$H_4$				$m_4$	$m_{H4}$
				$\Sigma S_{\text{ПЛОСК}}$	$\Sigma S_{\text{ПРОСТ}}$	$\Sigma L_{\text{ПЛОСК}}$	$m_{\text{НОРМ}}$	$m_{\text{НОРМ}}$

Сравнение вычисленных средних квадратических ошибок определения координат с их нормативными значениями определяет выполнение второго и третьего предложенного принципа 3D-моделирования линейных инженерных сооружений.

Определение координат характерных точек в координатной системе  $(x, y, H)$  позволяет вычислить пространственный параметр линейного сооружения по формуле

$$S_{\text{ПРОСТ}} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (H_i - H_j)^2} . \quad (3)$$

Сравнение пространственного параметра (3) со значением длины линии, вычисленной на плоскости (1), определяет влияние рельефа на фактическую длину линейного инженерного сооружения, а сравнение параметра (3) с длиной линии, измеренной на физической поверхности Земли, связано с выполнением предложенного первого концептуального принципа 3D-моделирования.

Реализация пятого принципа предусматривает обязательное выполнение 3D-моделирова-

ния в форматах, обеспечивающих их интеграцию в создаваемую трехмерную модель соответствующего территориального образования.

Для реализации шестого принципа, определяющего минимум трудоемкости при создании трехмерного кадастра в территориальных образованиях Российской Федерации, авторы предлагают использовать плоскую прямоугольную координатную систему, дополненную третьей координатой  $H$  (высота характерной точки в Балтийской системе вы-

сот). Такой подход обеспечит минимальную трудоемкость при создании 3D-кадастра, поскольку не требует перевычисления плоских прямоугольных координат  $(x, y)$  в пространственную прямоугольную координатную систему  $(X, Y, Z)$ .

Таким образом, предложенная система принципов обеспечит решение многочисленных научно-технических задач градостроительной и кадастровой деятельности, необходимых для устойчивого развития территориального образования, а разработанный критериальный алгоритм – получение достоверной кадастровой информации об объектах недвижимости.

### Заключение

Резюмируя выполненные теоретические исследования, представленные в этой статье, следует подчеркнуть, что реализация предложенных принципов 3D-моделирования линейных объектов и инженерной инфраструктуры и соответствующих точностных критериев, позволит наполнить ЕГРН актуальной и достоверной кадастровой информацией, создать единое геопространство территориального образования в 3D-формате, позволяющее решать многочисленные научно-технические задачи, необходимые для устойчивого развития территорий.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П., Хорошилов В. С. Сущность геоинформационного пространства территорий как единой основы развития государственного кадастра недвижимости // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 2/1. – С. 134–136.
2. Карпик А. П. Анализ состояния и проблемы геоинформационного обеспечения территорий // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 3–7.
3. Аврунев Е. И., Горобцов С. Р. Геодезическое обеспечение кадастровых работ : монография. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 212 с.
4. Семенова О. С., Коломасова С. А., Овчинников С. В. Типология подземных объектов транспортной инфраструктуры в контексте мирового опыта освоения подземного пространства // Наука и образование в современном обществе: вектор развития : сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции в 7 частях. – 2014. – С. 136–142.
5. Дубровский А. В., Ершов А. В., Середович С. В. К вопросу применения геоинформационных технологий при планировании и оптимизации городской транспортной сети // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 3. – С. 97–102.
6. Плахова Е. С., Тадюков Н. С., Митрофанова Н. О. Технологические особенности осуществления кадастровых работ в отношении линейных объектов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2019. XV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч.-технолог. конф. студентов и молодых ученых «Молодежь. Инновации. Технологии» : сб. материалов в 9 т. (Новосибирск, 24–26 апреля 2019 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. Т. 7. – С. 260–269.
7. Шайман Н. В., Ильиных А. Л. Особенности кадастрового учета подземных сооружений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 2. – С. 203–208.
8. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 30.12.2021) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 09.01.2022 г.).
9. Федеральный закон «О государственной регистрации недвижимости» от 13.07.2015 № 218-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 09.01.2022 г.).
10. Дубровский А. В., Воронина Е. А., Бударова В. А., Кустышева И. Н., Мартынова Н. Г. Нормативно-правовые особенности установления водоохранных зон и прибрежных защитных полос (на примере территории Новосибирской области) // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 1 – С. 222–238.
11. Лисицкий Д. В., Нгуен А. Т. Пространственная локализация и правила цифрового описания объектов в трехмерном картографировании // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4. – С. 190–195.

12. Гаврюшина Н. В. Аналитический обзор систем 3D-кадастра недвижимости // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. VIII Между-нар. науч. конгр. : Междунар. науч.-технолог. конф. студентов и молодых ученых «Молодежь. Наука. Технологии» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2012. Т. 3. – С. 47–51.
13. Дубровский А. В., Ершов А. В., Новоселов Ю. А., Москвин В. Н. Элементы геоинформационного обеспечения инвентаризационных работ // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 78–91.
14. Чернов А. В., Гоголев А. В., Ким А. А. Анализ преимуществ применения технологии информационного моделирования объектов недвижимости при ведении ЕГРН // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч.-технолог. конф. студентов и молодых ученых «Молодежь. Наука. Технологии» : сб. материалов (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 1. – С. 43–50.
15. Аврунев Е. И., Чернов А. В., Дубровский А. В., Комиссаров А. В., Пасечник Е. Ю. Технологические аспекты построения 3D-модели инженерных сооружений в городах Арктического региона РФ // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329, № 7. – С. 131–137.
16. Лисицкий Д. В., Чернов А. В. Теоретические основы трехмерного кадастра объектов недвижимости // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 153–170.
17. Аврунев Е. И., Гатина Н. В., Козина М. В., Попов В. К. Трехмерная визуализация неблагоприятных природных условий для корректировки кадастровой стоимости земель // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 1. – С. 181–190.
18. Российско-нидерландский проект «Создание модели трехмерного кадастра объектов недвижимости в России» // Вестник Росреестра. – 2012. – № 3 (13). – С. 74–76.
19. Каленицкий А. И., Аврунев Е. И., Гиниятов И. А., Терентьев Д. Ю. О выборе методов и средств измерений при выполнении кадастровых работ в отношении земельных участков // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 139–143.

Получено 10.01.2022

© Е. И. Аврунев, Н. В. Гатина, М. В. Козина, 2022

## **DEVELOPMENT OF PRINCIPLES FOR 3D-MODELING OF LINEAR STRUCTURES AND ENGINEERING INFRASTRUCTURE OF TERRITORIAL ENTITY**

*Evgeny I. Avrunev*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Advisor to the Rector's Office for Scientific Activities, phone: (383)344-31-73, e-mail: avrynev\_ei@ngs.ru

*Natalia V. Gatina*

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia, Assistant, Division for Geology, School of Earth Sciences & Engineering, phone: (952)886-07-59, e-mail: nvg10@tpu.ru

*Maria V. Kozina*

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Geology of the Engineering School of Natural Resources, phone: (923)413-34-00, e-mail: kozinamv@tpu.ru

The article proposes a system of principles for 3D-modeling of linear structures and engineering infrastructure of territorial entity. The implementation of these principles, according to the authors of the article, will allow solving the following scientific and technical tasks: to perform 3D-modeling in a metric that provides both cadastral and urban construction activities, to use generated 3D-model of engineering equipment to control construction and installation works when accepting a built engineering structure into service, to fill the Unified State Register of Real Estate with up-to-date and reliable spatial cadastral information, which allows, among other things, to create a unified geospace of territorial entity necessary for the sustainable development of the territory.

**Keywords:** territorial entity, Unified State Register of Real Estate, 3D-modeling, principles, coordinate systems, linear structures, engineering infrastructure

## REFERENCES

1. Karpik, A. P., & Khoroshilov, V. S. (2010). The essence of the geoinformation space of territories as a single basis for the development of the state cadastre of real estate. *Izvestia vuzov. Geodeziya I aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 2/1, 134–136 [in Russian].
2. Karpik, A. P. (2014). Analysis of the state and problems of geoinformation support of territories. *Izvestia vuzov. Geodeziya I aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*. 4/S, 3-7. [in Russian].
3. Avrunev, E. I. (2021). *Geodezicheskoe obespechenie kadastrykh rabot [Geodetic support of cadastral works]*. Novosibirsk: SGGGA Publ., 212 p. [in Russian].
4. Semenova, O. S., Kolomasova, S. A., & Ovchinnikov, S. V. (2014). Typology of underground transport infrastructure facilities in the context of the world experience of underground space development. In *Sbornik nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Nauka i obrazovanie v sovremennom obshchestve: vektor razvitiya [Collection of Scientific Works Based on the Materials of the International Scientific and Practical Conference: Science and Education in Modern Society: Vector of Development]* (pp. 136-142) [in Russian].
5. Dubrovsky, A. V., Ershov, A. V., & Seredovich, S. V. (2013). On the application of geoinformation technologies in the planning and optimization of the urban transport network. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2013: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 3. Ekonomicheskoe razvitie Sibiri I Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodopol'zovaniia, zemleustroistvo, lesoustroistvo, upravlenii e nedvizhimost'iu [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2013: International Scientific Conference: Vol. 3. Economic Development of Siberia and the Far East. Environmental Economics, Land Management, Forestry Management and Property Management]* (pp. 97-102). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
6. Plakhova, E. S., Tadyukov, N. S., & Mitrofanova, N. O. (2019). Technological features of cadastral works in relation to linear objects. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2019: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 7. Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnologicheskaya konferenciya studentov I molodyh uchenykh "Molodezh'. Nauka. Tekhnologii" [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2019: International Scientific Conference: Vol. 7. International Scientific-Technologist. conf. of students and young scientists "Youth. The science. Technologies"]* (pp. 260–269). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
7. Shaman, N. V., & Ilyinykh, A. L. (2018). Features of cadastral registration of underground structures. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2018: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2. Ekonomicheskoe razvitie Sibiri I Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodopol'zovaniia, zemleustroistvo, lesoustroistvo, upravlenii e nedvizhimost'iu [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2018: International Scientific Conference: Vol. 2. Economic Development of Siberia and the Far East. Environmental Economics, Land Management, Forestry Management and Property Management]* (pp. 203-208). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
8. Urban Planning Code of the Russian Federation of December 29, 2004 No. 190–FZ (as amended on December 30, 2021). Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian] (accessed January 09, 2022).
9. Federal Law "On State Registration of Real Estate" of July 13, 2015 No. 218–FZ. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian] (accessed January 09, 2022).
10. Dubrovsky, A. V., Voronina, E. A., Budarova, V. A., Kustysheva, I. N., & Martynova, N. G. (2020). Regulatory and legal features of the establishment of water protection zones and coastal protective strips (on the example of the territory of the Novosibirsk region). *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 25(1), 222–238 [in Russian].
11. Lisitsky, D. V., & Nguyen, A. T. (2013). Spatial localization and rules of digital description of objects in three-dimensional mapping. *Izvestia vuzov. Geodeziya I aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 4, 190–195 [in Russian].
12. Gavryushina, N. V. (2012). Analytical review of 3D real estate cadastre systems. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: no. 3. Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnologicheskaya konferenciya studentov I molodyh uchenykh "Molodezh'. Nauka. Tekhnologii" [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2012: International Scientific Conference: No. 3. International Scientific and Technology Conference of Students and Young Scientists "Youth. The science. Technologies"]* (pp. 47–51). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].



13. Dubrovsky, A. V., Ershov, A. V., Novoselov, Yu. A., & Moskvina, V. N. (2017). Elements of geoinformation support of inventory work. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(4), 78–91 [in Russian].
14. Chernov, A. V., Gogolev, A. V., & Kim, A. A. (2018). Analysis of the advantages of using the technology of information modeling of real estate objects in the reduction of the EGRN. In *Sbornik materialov Interexpo GEO-Sibir'-2018: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: no. 1. Mezhdunarodnaya nauchno-tehnologicheskaya konferenciya studentov I molodyh uchenykh "Molodezh'. Nauka. Tekhnologii"* [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2018: International Scientific Conference: No. 1. International Scientific and Technology Conference of Students and Young Scientists "Youth. The science. Technologies"] (pp. 43–50). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
15. Avrunev, E. I., Chernov, A. V., Dubrovsky, A. V., Komissarov, A. V., & Pasechnik, E. Yu. (2018). Technological aspects of constructing a 3D model of engineering structures in the cities of the Arctic region of the Russian Federation. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering]*, 329(7), 131–137 [in Russian].
16. Lisitsky, D. V., & Chernov, A. V. (2018). Theoretical foundations of the three-dimensional cadastre of real estate objects. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 23(2), 153–170 [in Russian].
17. Avrunev, E. I., Gatina, N. V., Kozina, M. V., & Popov, V. K. (2019). Three-dimensional visualization of unfavorable natural conditions for adjusting the cadastral value of land. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering]*, 330(1), 181–190 [in Russian].
18. Russian-Dutch project "Creation of a model of a three-dimensional cadastre of real estate objects in Russia". (2012). *Vestnik Rosreestra [Bulletin of Rosreestr]*, 3(13), 74–76 [in Russian].
19. Kalenitsky, A. I., Avrunev, E. I., Giniyatov, I. A., & Terentyev, D. Yu. (2014). On the choice of methods and measuring instruments when performing cadastral works in relation to land plots. *Izvestia vuzov. Geodeziya I aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, S/4, 139–143 [in Russian].

Received 10.01.2022

© E. I. Avrunev, N. V. Gatina, M. V. Kozina, 2022