

## Особенности проведения инженерно-геологических изысканий при строительстве линейного сооружения: «Газопровод-отвод и ГРС Макаров Сахалинской области»

© И. Ю. Потапова, В. В. Пешков

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
г. Иркутск, Российская Федерация*

**Аннотация.** Недостаточная изученность оснований проектируемых зданий и сооружений может стать основной причиной их обрушения. При строительстве новых сооружений и реконструкции действующих часто возникает необходимость определить, в каких условиях находится грунт для предотвращения в последующем деформирования зданий и сооружений. В связи с этим необходимо проведение инженерно-геологических изысканий. Немаловажным этапом при осуществлении инженерно-геологических изысканий для строительства линейного объекта «Газопровод-отвод и ГРС Макаров Сахалинской области» является проведение аэрофотосъёмки. Это необходимо для того, чтобы избежать впоследствии сложностей в проведении геологических изысканий, так как участок, где проектируется линейное сооружение, может проходить по территории с низкой проходимостью либо с повышенным уровнем застройки и коммуникаций (например, через городскую застройку). Многие регионы России относятся к сейсмическим районам, где возможны землетрясения интенсивностью 7 баллов и более, поэтому обязательным условием при строительстве линейного сооружения является изучение и расчёт сейсмичности района. Так как на данном участке возможно схождение селевых потоков и оползней, то для данного объекта были предложены мероприятия для защиты от селевых потоков и оползней.

**Ключевые слова:** изыскания, линейный объект, геология, газопровод, строительство

## Features of Engineering and Geological Surveys during the Construction of a Linear Structure: "Offshoot Pipeline and GDS Makarov of the Sakhalin Region"

© Irina Y. Potapova, Vitaly V. Peshkov

*Irkutsk National Research Technical University,  
Irkutsk, Russian Federation*

**Abstract.** Insufficient knowledge of the foundations of the designed buildings and structures can become the main reason for their collapse. During the construction of new structures and the reconstruction of existing ones, it is often necessary to determine the conditions in which the soil is located in order to prevent subsequent deformation of buildings and structures. In this regard, it is necessary to carry out engineering and geological surveys. An important stage in the implementation of engineering and geological surveys for the construction of the linear facility "Offshoot Pipeline and GDS Makarov of the Sakhalin Region" is aerial photography. This is necessary in order to avoid subsequently difficulties in conducting geological surveys, since the site where the linear structure is designed can pass through an area with low traffic or with an increased level of development and communications (for example, through urban development). Many regions of Russia belong to seismic regions, where earthquakes with an intensity of 7 points or more are possible; therefore, a prerequisite for the construction of a linear structure is the study and calculation of the seismicity of the region. Since the convergence of mudflows and landslides is possible in this area, measures are proposed for this object to protect against mudflows and landslides.

**Keywords:** exploration, linear object, geology, gas pipeline, construction, gas-distributing station

### Введение

Инженерно-геологические изыскания для строительства – это комплекс работ по исследованию геологических условий площадки. В рамках работ изучается рельеф, особенности и характеристики грунтов и подземных вод, анализируются, оцениваются и

прогнозируются изменения геологической среды.

Целью данной работы является изучение особенностей проведения инженерно-геологических изысканий при строительстве линейного сооружения «Газопровод-отвод и ГРС Макаров Сахалинской области».

### Ход исследования

Инженерно-геологические изыскания требуются для создания оптимальных условий строительства, расчёта возможных рисков с целью сведения их к минимуму.

Результаты исследований гарантируют дальнейшую эффективную работу сооружения [1].

Виды инженерных изысканий представлены ниже (табл. 1).

Таблица 1. Виды инженерных изысканий

Основные виды инженерных изысканий	Специальные виды инженерных изысканий
Инженерно-геодезические	Геотехнические исследования
Инженерно-геологические	Обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений, их строительных конструкций
Инженерно-гидрометеорологические	Поиск и разведка подземных вод для целей водоснабжения
Инженерно-экологические	Локальный мониторинг компонентов окружающей среды
Инженерно-геотехнические	Разведка грунтов строительных материалов

В задачи инженерно-геологических изысканий входит изучение литологического состава грунтов, установление разреза, определение уровня грунтовых вод, отбор проб грунтов и воды, определение наличия и распространения специфических грунтов, исследование их физико-механических характеристик, определение наличия, распространения и контуров проявлений геологических и инженерно-геологических процессов, определение коррозионной агрессивности грунта по отношению к стали и бетону, определение наличия блуждающих токов, выполнение сейсмического микрорайонирования площадки [2].

Рассмотрим особенности проведения инженерно-геологических изысканий на примере объекта «Газопровод-отвод и ГРС Макаров Сахалинской области».

Данный объект выполнен на основании договора, технического задания и программы работ.

Заказчик – ООО «ТЭК Проектирование». Исполнитель – ООО «АЛАНС».

Цель инженерных изысканий. В первую очередь с помощью инженерно-геологических исследований собирается точная информация об условиях окружающей среды и особенностях участка, где планируется застройка. Вместе с тем составляется прогноз, связанный с техногенными факторами, присутствующими на данном участке, которые впоследствии могут негативно повлиять на окружающую среду<sup>1</sup>.

Главными отличительными особенностями проведения инженерно-геологических изысканий для строительства линейных объектов являются следующие: протяжённость объекта, специфика бурения и проведение топографической съёмки [3].

Совокупность исследований для линейных объектов называют трассированием. При процедуре наметки линейного сооружения исследуются плановые (горизонтальные) и профильные (высотные) показатели<sup>2</sup>.

В ходе изысканий для линейных сооружений сначала решают вопрос о плановом и высотном положении трассы.

В условиях реальной местности одновременно трудно соблюсти требования к плану и профилю, так как приходится искривлять трассу для обхода препятствий, участков с большими уклонами рельефа, которые являются неблагоприятными в геологическом и гидрогеологическом отношении [4].

Таким образом, план трассы (рис. 1) состоит из прямых участков разного направления, которые сопрягаются между собой кривыми с различными радиусами. Продольный профиль трассы состоит из линий различных уклонов, соединяющихся между собой вертикальными кривыми. На некоторых трассах (электропередач, канализации) горизонтальные и вертикальные кривые не проектируют, и трасса представляет собой пространственную ломаную линию<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 30.04.2021): Статья 1. Основные понятия, используемые в настоящем Кодексе // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/cde c16ec747f11f3a7a39c7303d03373e0ef91c4/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/cde c16ec747f11f3a7a39c7303d03373e0ef91c4/) (16.06.2021).

<sup>2</sup> СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ (от 01.03.1998 г.).

<sup>3</sup> СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства (от 18.05.1997 г.).

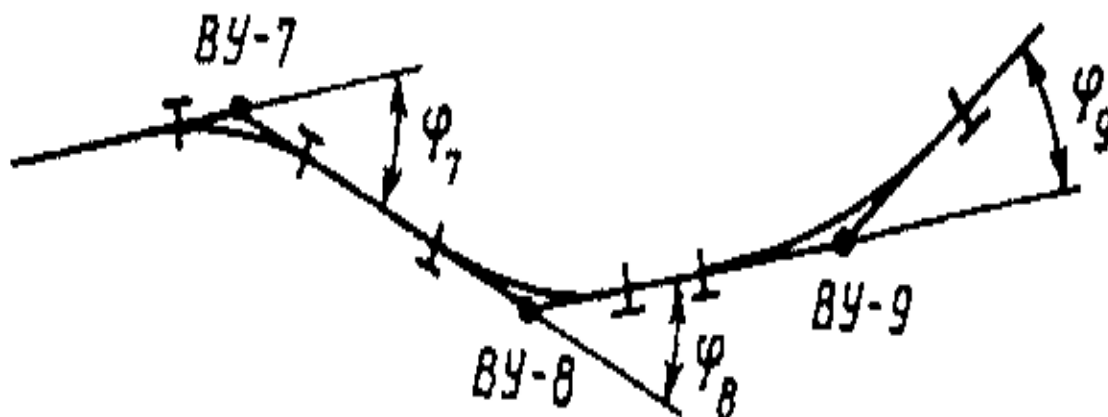


Рис. 1. Элементы плана трассы

Оптимальная трасса определяется путём анализа и сопоставления всех вариантов.

Само трассирование, в свою очередь, делится на камеральное (фотосъёмка ведётся с воздуха) и полевое (когда наметка производится прямо на застраиваемой местности)<sup>4</sup>.

Затем принимаются решения касательно планировки, масштабов, конструкции. Решаются вопросы, связанные с подводом коммуникаций и различных сетей. Опять же составляется прогноз возможных осложнений и опасностей, которые могут быть вызваны антропогенными и техногенными факторами [5].

Участок изысканий расположен в Макаровском районе Сахалинской области. Ближайшие населённые пункты на северо-востоке – с. Новое, на востоке – г. Макаров.

Проведение полевых изысканий необходимо для изучения геологических особенностей территории и трассы газопровода<sup>5</sup>.

При выборе трассы газопровода необходимо определиться со степенью насыщенности исследуемой территории такими объектами, как водоводы, тепловые сети и прочие подземные коммуникации (рис. 2).

Кабель технологической связи от площадки ГРС Макаров до кранового узла MGB-03 на МГ «Сахалин-2» и далее до кранового узла МОВ-03 протяжённостью 27,54 км, глубиной заложения 1,2 м.

Уровень ответственности сооружений повышенный.

Главная особенность заключается в том, что геологические изыскания для линейных объектов, в данном случае для объекта «Газопровод-отвод и ГРС Макаров Сахалинской области», проводятся на достаточно больших по протяжённости участках для проектирования линейных сооружений [6].

Основные технико-экономические характеристики объекта представлены в табличной форме (табл. 2).

Предварительным этапом для проведения изысканий является топографическая съёмка местности, а также при значительной протяжённости трассы проведение аэрофотосъёмки (или изучение уже имеющихся аэрофотоснимков исследуемой территории)<sup>6</sup>.

В данном случае для рассматриваемого объекта проводилась топографическая съёмка в масштабе 1:500, 1:1000 с нанесением и согласованием всех существующих подземных коммуникаций в государственной системе координат и высот [7].

Изыскания по объекту «Газопровод-отвод и ГРС Макаров Сахалинской области» были выполнены в три этапа: полевые работы, лабораторные работы, камеральные работы.

Степень агрессивного воздействия грунта на данном участке подразделяется на бетонные и железобетонные конструкции, по содержанию сульфат-ионов и по содержанию хлор-ионов – неагрессивные [8].

<sup>4</sup> СНиП 2.01.07-85. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия (от 01.01.1987 г.).

<sup>5</sup> СНиП 12-01-2004. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Организация строительства (от 01.01.2005 г.).

<sup>6</sup> СП 115.13330.2016. Геофизика опасных природных воздействий (от 17.06.2017 г.).



Рис. 2. Схема размещения проектируемой трассы технологической связи

Таблица 2. Основные технико-экономические характеристики объекта

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Показатели
1	Площадь участка	м <sup>2</sup>	7 300
2	Площадь застройки	м <sup>2</sup>	1 500
3	Общая площадь	м <sup>2</sup>	7 300
4	Плотность застройки	%	20,5
5	Производственная мощность	м <sup>3</sup> /сут.	6 500

Глубину заложения фундамента рекомендуется принимать ниже границы сезонного промерзания, допустимой для данной местности, для исключения влияния процессов морозного пучения.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунта определена на основе теплотехнических расчётов:

- суглинки – 1,53 м;
- крупнообломочные грунты – 2,26 м;
- пески гравелистые – 1,99 м;
- супеси – 1,86 м.

По данным лабораторных исследований, грунты отнесены к непросадочным и ненабухающим<sup>7</sup>.

По данным лабораторных исследований, засоленность грунтов составляет от 0,010 до 0,100 %. Исследуемые грунты классифицированы как незасоленные.

Геологическое строение и литологи-

ческие особенности грунтов, изменение их мощности в плане и по глубине отображены на продольном профиле и геологическо-литологических колонках скважин [9].

Ещё одной особенностью для данного объекта является опасная сейсмичность района изысканий, которая, согласно картам ОСР-2015-А, составляет 8 и 9 баллов (рис. 3).

Схема сейсмичности района представлена схематично (рис. 4).

Сейсмическая опасность исследуемой площади, согласно результатам расчётов по методу сейсмических жёсткостей, оценивается в 8 баллов в районе МПВ-4-7 и МПВ-9-15. В районе МПВ-1-3 и МПВ-8 и в общем оценивается в 9 баллов (табл. 3)<sup>8</sup>.

Полученные значения расчётной интенсивности сотрясений варьируются от 8,21 до 8,72 баллов.

<sup>7</sup> СП 14.13330.2016. Строительство в сейсмических районах.

<sup>8</sup> СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах (от 01.01.1982 г.).

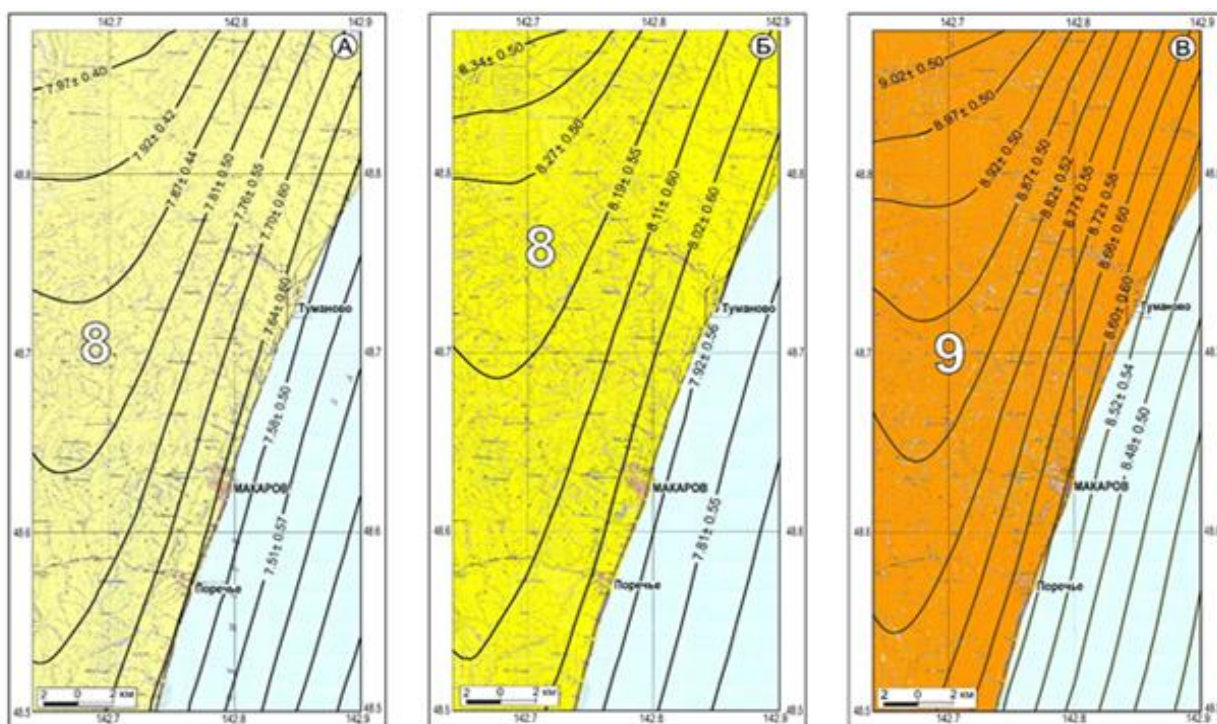


Рис. 3. Карта детального сейсмического районирования

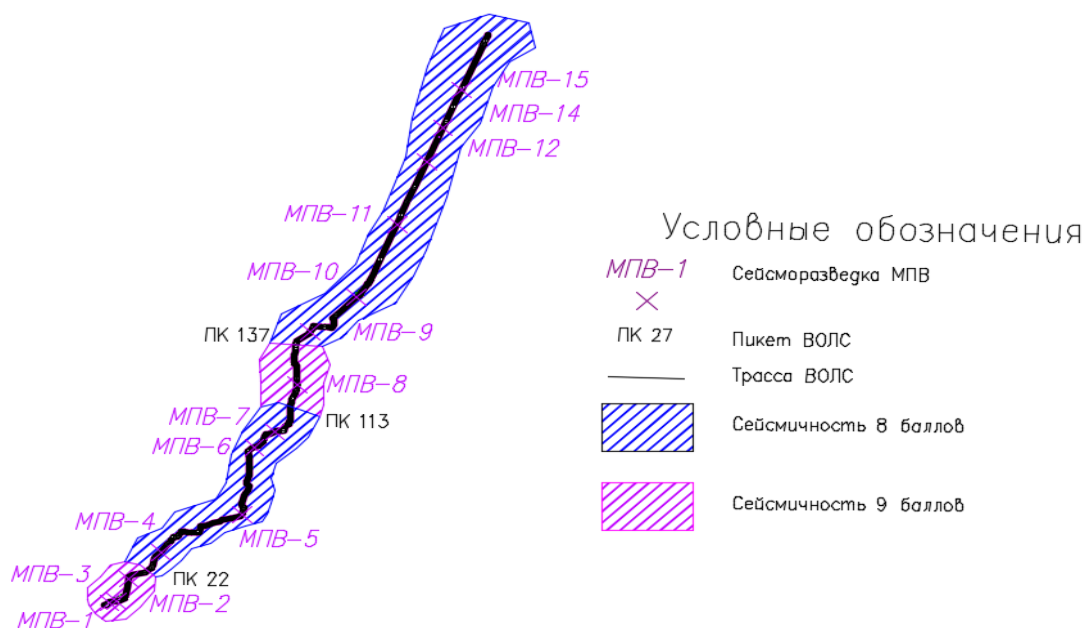


Рис. 4. Схема сейсмической опасности исследуемой площади

Рекогносцировочное обследование выполнено с целью комплексного изучения инженерно-геологических, геоморфологических и гидрогеологических условий. Обследование производилось с целью оценки современного состояния геологической среды и включало определение мест проходки выработок, визуальное описание рельефа местности, внешних проявлений геологических, инженерно-геологических процессов,

геоморфологических условий и неблагоприятных физико-геологических проявлений техногенного воздействия на территорию. В ходе исследований была выявлена геоморфологическая принадлежность участка изысканий, установлены формы рельефа<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> СНиП 12-01-2004. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Организация строительства (от 01.01.2005 г.).

Таблица 3. Расчёт баллов сейсмичности по методу сейсмических жёсткостей

Пункт С/з	$V_p(10)$ , м/с	$V_s(10)$ , м/с	УГВ, м	$\rho(10)$ , г/см <sup>3</sup>	dI ( $V_p$ ), балл	dI ( $V_s$ ), балл	dI <sub>УГВ</sub> , балл	dI <sub>СУММ</sub> , балл
МПВ-1	312	119	–	1,96	0,52	0,72	0,73	8,72
МПВ-2	587	312	1	1,95	0,07	0,02	0,71	8,71
МПВ-3	617	303	1	1,95	0,03	0,05	0,53	8,53
МПВ-4	707	326	1,2	2,01	-0,09	-0,03	0,38	8,38
МПВ-5	788	325	0,8	2,03	-0,17	-0,03	0,31	8,31
МПВ-6	793	392	1	2,01	-0,17	-0,16	0,31	8,31
МПВ-7	876	368	1,2	2,05	-0,26	-0,13	0,22	8,22
МПВ-8	870	338	1	2,03	-0,24	-0,06	0,42	8,42
МПВ-9	805	390	1,2	2,03	-0,19	-0,17	0,31	8,31
МПВ-10	834	414	2	2,05	-0,22	-0,22	0,21	8,21
МПВ-11	899	412	1,5	2,02	-0,26	-0,2	0,25	8,25
МПВ-12	812	385	1,5	2,03	-0,2	-0,16	0,26	8,26
МПВ-13	809	382	1,8	2	-0,18	-0,14	0,3	8,3
МПВ-14	805	376	1,3	2	-0,18	-0,13	0,29	8,29
МПВ-15	795	380	1,5	2,01	-0,17	-0,14	0,29	8,29

Протяжённость рекогносцировочного обследования составила 27,54 км, количество точек наблюдений соответствует количеству точек буровых выработок.

Важной частью при строительстве газопровода является бурение скважин, на данном этапе проводится анализ уровня грунтовых вод, взятие пробы воды и грунта для анализа в лаборатории.

Производилось наблюдение воды из скважин. В скважинах многолетнемёрзлых грунтов было проведено полевое измерение температуры грунтов. Замеры температуры проводились посредством «выстойки» скважин путём погружения термодатчика. Замеры температуры проведены в 16 скважинах.

Далее осуществляются лабораторные исследования, затем – анализ результатов,

создание отчёта по участку под газопровод. Оценка конструктивности отчёта экспертами является завершающим этапом. Так как на данном участке грунт обладает специфическими характеристиками, высока вероятность подтопляемости, расстояние между скважинами минимальное. Всего на объекте было пробурено 69 скважин [10].

Гидрогеологические наблюдения и исследование выполнялись в скважинах по всем вскрытым горизонтам подземных вод. Производились наблюдения уровней (появления – установления) по вскрытому горизонту подземных вод и отбор проб воды (табл. 4).

Глубина появления подземных вод зафиксирована на глубине 0,8–2,0 м, абсолютные отметки 5,96–213,07 м.

Таблица 4. Глубина скважины в зависимости от назначения объекта

Назначение объекта	Глубина скважины	
	фактическая	относительно глубины промерзания грунтов
Автомобильные дороги	до 3 м	на 2 м ниже нормативной отметки
Линии электропередач	от 3 до 7 м	–
Магистральный трубопровод	от 1 до 2 м (ниже глубины заложения трубопровода)	на 2 м ниже нормативной отметки
Линия связи кабельная	от 1 до 2 м (ниже глубины заложения кабеля)	на 1–2 м ниже нормативной отметки
Подземный коллектор	на 2 м (ниже глубины заложения коллектора)	–
Канализация, водопровод, газопровод, теплосеть	от 1 до 2 м (ниже глубины заложения объекта)	на 1–2 м ниже нормативной отметки

Камеральные работы были проведены камеральной группой инженерно-геологического отдела (руководитель группы Ю. А. Андреева). В процессе камеральной обработки полевых и лабораторных работ

производился анализ и обобщение всей собранной информации. По результатам полевых, лабораторных и камеральных работ составлен технический отчёт.

**Выводы**

В результате анализа данного участка, на котором выполнялись инженерно-геологические изыскания, можно сделать выводы о том, что на данном участке существует высокая вероятность селевых потоков и оползней, следовательно, необходимо предусмотреть меры инженерной защиты:

1) для защиты от селевых потоков проектируемых объектов и сооружений, расположенных в селеопасных зонах, рекомендуется строительство селепропускных и селерегулирующих сооружений инженерной противоселевой защиты;

2) для защиты от оползней проектируемых объектов и сооружений, расположенных в оползнеопасных зонах, следует предусмотреть меры инженерной защиты от оползней (террасирование склонов оползневых массивов, строительство поддерживающих противооползневых сооружений).

Также данный участок характеризуется повышенной влажностью грунтов, подвергающихся сезонному промерзанию и оттаиванию, увеличивает степень их морозного пучения, вызывает усиление грунтовой коррозии, что влияет на эксплуатационную надёжность сооружений. Обеспечение поверхностного стока может значительно уменьшить замачивание грунтов с последующим уменьшением процессов морозного пучения.

На основании изучения грунта на данном участке можно сделать вывод о том, что степень агрессивного воздействия грунта на бетонные и железобетонные конструкции неагрессивная.

Все лабораторные исследования выполнялись в лаборатории исполнителя – ООО «АЛАНС».

Таким образом, как было отмечено ранее, инженерно-геологические изыскания необходимы для создания приемлемых условий строительства, для определения возможных рисков с целью сведения их к минимуму. Результаты исследований являются гарантией дальнейшей эффективной работы сооружения.

Все лабораторные исследования выполнялись в лаборатории исполнителя – ООО «АЛАНС».

**Список источников**

1. Барвашов В. А., Болдырев Г. Г., Каширский В. И. Неопределенности данных инженерно-геологических изысканий и численное моделирование поведения сооружений // Инженерные изыскания. 2015. № 8. С. 15–17.

2. Гарагаш Б. А. Надежность пространственных регулируемых систем «основание–сооружение» при неравномерных деформациях основания: в 2-х томах. М.: АСВ, 2017. Т. 1. 416 с.

3. Аносов Г. И., Дементьев Ю. В. О техническом оснащении инженерно-геофизических изысканий для строительства // Инженерные изыскания. 2015. № 8. С. 26–30.

4. Шибалов Г. В. Значение инженерно-геологических изысканий при проектировании и строительстве сооружений // Природообустройство. 2018. № 2. С. 59–64. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/znachenie-inzhenerno-geologicheskikh-izyskaniy-pri-proektirovanii-i-stroitelstve-sooruzheniy> (16.06.2021).

5. Ракитина Н. Н., Потапов А. Д. Достоверность и достаточность инженерных изысканий для строительства: правила двух Д // Вестник МГСУ. 2014. № 1. С. 90–97. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21102445> (08.05.2021).

6. Лапидус А. А. Научно-техническое сопровождение изысканий, проектирования и строительства как обязательный элемент достижения

требуемых показателей проекта // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 11. С. 1428–1437. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41500982> (08.05.2021).

7. Пешков В. В., Воронов Д. А., Просвирин К. С. Регулирование земельных отношений в аспекте приоритетов инновационного развития территорий // Вестник ИргТУ. 2013. № 12 (83). С. 346–353. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21098288> (08.05.2021).

8. Веселов В. В. О расчете средней осадки фундамента по значениям вертикальных смещений деформационных марок, определенных относительно геометрического центра фундамента // Издательский центр «Геомаркетинг» [Электронный ресурс]. URL: [http://www.geomark.ru/technical\\_solutions/o-raschete-sredney-osadki-fundamenta-p/](http://www.geomark.ru/technical_solutions/o-raschete-sredney-osadki-fundamenta-p/) (16.06.2021).

9. Зеркаль О. В. Оползни скольжения и оползни сдвига: особенности развития и типизация // Инженерная геология. 2021. Т. 16. № 1. С. 38–59. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45762287> (07.03.2021).

10. Габуева В. А. Инженерно-геологические изыскания и последствия отказа от них // StudNet. 2020. Т. 3. № 6. С. 439–443. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42936636> (08.05.2021).

**Сведения об авторах / Information about the Authors**

**Потапова Ирина Юрьевна,**  
студентка группы ССЭм-19-1,  
Институт архитектуры, строительства и дизайна,  
Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Рос-  
сийская Федерация,  
e-mail: irina-potapova-97@mail.ru

**Irina Y. Potapova,**  
Student,  
Institute of Architecture, Construction and De-  
sign,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian  
Federation,  
e-mail: irina-potapova-97@mail.ru

**Пешков Виталий Владимирович,**  
доктор экономических наук,  
профессор, заведующий кафедрой эксперти-  
зы и управления недвижимостью,  
Институт архитектуры, строительства и ди-  
зайна,  
Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Рос-  
сийская Федерация,  
e-mail: pvv@istu.edu

**Vitaly V. Peshkov,**  
Dr. Sci. (Economics),  
Professor, Head of Expertise and Real Estate  
Management Department,  
Institute of Architecture, Construction and De-  
sign,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian  
Federation,  
e-mail: pvv@istu.edu